



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CTC - CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

EUGENIA KARNAUKHOVA

**A INTENSIDADE DE TRANSFORMAÇÃO
ANTRÓPICA DA PAISAGEM COMO UM INDICADOR
PARA A ANÁLISE E A GESTÃO AMBIENTAL
(Ensaio Metodológico na área da Bacia Hidrográfica do
Rio Fiorita, Município de Siderópolis, SC)**

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como
parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia
Civil.**

**Florianópolis
2000**

A INTENSIDADE DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA DA
PAISAGEM COMO UM INDICADOR PARA A ANÁLISE E A GESTÃO
AMBIENTAL

(Ensaio Metodológico na área da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita,
Município de Siderópolis, SC)

EUGENIA KARNAUKHOVA

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia
Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Cadastro Técnico Multifinalitário

Orientador: Prof. Dr. Carlos Loch

Florianópolis

2000

KARNAUKHOVA, Eugenia. A intensidade de transformação antrópica da paisagem como um indicador para a análise e gestão ambiental (ensaio metodológico na área da bacia hidrográfica do rio Fiorita, Município de Siderópolis, SC). Florianópolis, 2000, 230 p.- Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Loch

Defesa: 18/05/2000

1. - Análise Ambiental 2. – Impactos 3. - Gestão Ecológica

À minha querida Mãe
Por tudo aquilo que sou...

AGRADECIMENTOS

À Deus pelos caminhos que me levaram até aqui ...

À todos aqueles que amo pelo apoio e compreensão ...

Ao **Prof. Dr. Carlos Loch** pela disposição e competência com que assumiu a orientação desta pesquisa e pelo todo apoio moral e material dispensado.

Ao **Programa da Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina** e ao **CNPq** pela oportunidade, bolsa de estudos, apoio logístico e material na execução deste trabalho.

À **Fundação de Meio Ambiente de Santa Catarina**, Diretoria Regional de Criciúma, na pessoa do **Eng.º Adhyles Bortot** pela co-orientação e apoio na realização do levantamentos de campo.

À **Prof. Dra. Ruth E. N. Loch** pela disponibilidade, auxílio e paciência nas longas horas de discussões e matutações.

Aos **Professores do PPGEC** pela instrução, oportunidade de aperfeiçoamento e dedicação...

Aos colegas **Luiz Paulino, Adhyles Bortot, Obede P. Lima, Sálvio V. Vieira, Ronaldo Rocha, Sergio L. Zampierri, Marlene S. Umberti e tantos outros**, pela ajuda inestimável, conselhos preciosos e maravilhoso convívio...

Ao **Eng.º João V. Wanka** pelos valioso apoio técnico e auxílio na edição dos mapas.

Aos colegas e bolsistas do **Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento do ECV/CTC/UFSC** pela atenção, incentivo e trabalhos de editoração.

À minha família e à todos que direta ou indiretamente fizeram este trabalho acontecer ..

OS MEUS MAIS SINCEROS VOTOS DE GRATIDÃO....

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	3
1.1	MARCO DE REFERÊNCIA	3
1.2	OBJETIVOS	7
1.3	A ESTRUTURA E AS LIMITAÇÕES DO TRABALHO	8
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1	OS ESTUDOS AMBIENTAIS GEOSISTÊMICOS SINTÉTICOS COMO UMA BASE PARA A GESTÃO AMBIENTAL ADEQUADA	10
2.2	O CONCEITO DE GEOSISTEMA E AS UNIDADES TAXONÔMICAS DAS PAISAGENS EM NÍVEL LOCAL	12
2.3	A BACIA HIDROGRÁFICA COMO OBJETO DE ESTUDO GEOSISTÊMICO	15
2.4	AS PAISAGENS COMO OBJETOS DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA	19
2.5	A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DAS ATIVIDADES DE MINERAÇÃO A CÉU ABERTO. MINERAÇÃO DE CARVÃO	25
2.6	O CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E A SUA IMPORTÂNCIA NA GESTÃO AMBIENTAL	33
2.6.1	<i>O Cadastro Técnico Multifinalitário como um Sistema Integrado de Informações.....</i>	<i>33</i>
2.6.2	<i>O Cadastro Técnico Multifinalitário e a sua Importância na Gestão ambiental.....</i>	<i>39</i>
2.7	O SENSORIAMENTO REMOTO E A FOTOGRAMETRIA APLICADOS AOS ESTUDOS AMBIENTAIS	42
2.7.1	<i>Definição</i>	<i>42</i>
2.7.2	<i>A Fotogrametria, o Sensoriamento Remoto e as Representações Cartográficas para os Cadastrros Temáticos.....</i>	<i>43</i>
2.7.3	<i>A Importância do Sensoriamento Remoto na Gestão Ambiental</i>	<i>45</i>
2.8	A CARTOGRAFIA AMBIENTAL.....	49
2.8.1	<i>Considerações gerais.....</i>	<i>49</i>
2.8.2	<i>As Particularidades do Mapeamento Ambiental.....</i>	<i>51</i>
2.8.3	<i>Mapas-Base e a sua Importância.....</i>	<i>53</i>
2.8.4	<i>O Problema da Escolha da Escala do Mapeamento.....</i>	<i>54</i>
2.8.5	<i>A Temática, os Indicadores e as Particularidades Principais dos Mapas no Âmbito do Inventário e do Monitoramento Ambiental</i>	<i>56</i>
2.8.6	<i>As Exigências Gerais para com os Mapas Ambientais</i>	<i>60</i>
2.9	OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E OS ESTUDOS AMBIENTAIS. OS SIG'S COMO UM INSTRUMENTO DE GESTÃO CADASTRAL	62
3	METODOLOGIA	69
3.1	ESTRUTURA DE PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	69

3.2	Os MÉTODOS	73
3.2.1	<i>A Avaliação do Grau de Transformação Antrópica da Paisagem</i>	73
3.2.1.1	O método	73
3.2.1.2	O cálculo do K_{ant} das unidades da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita	78
3.2.2	<i>O Método Cartográfico de Investigação</i>	80
3.2.3	<i>Análise geossistêmica e a diferenciação das unidades da paisagem e de uso do solo</i>	84
3.2.3.1	Mapa das Unidades Geossistêmicas da Paisagem	84
3.2.3.2	Trabalhos de Campo e Descrições Geográficas	85
3.2.3.3	Análise da Distribuição Espacial de Uso e Cobertura do Solo. Mapa de Uso/Cobertura do Solo	87
3.3	O GEOPROCESSAMENTO E A CARTOGRAFIA	89
3.3.1	<i>Generalidades</i>	89
3.3.2	<i>Os Materiais e os Equipamentos Utilizados</i>	91
3.3.3	<i>Procedimentos e técnicas específicas de geoprocessamento</i>	92
4	CARACTERÍSTICA AMBIENTAL GERAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FIORITA	101
4.1	POSIÇÃO FÍSICO-GEOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FIORITA	101
4.2	CARACTERÍSTICA FÍSICO-GEOGRÁFICA DA PAISAGEM	103
4.2.1	<i>Geologia</i>	103
4.2.1.1	Enquadramento Geológico-Geomorfológico Regional:	103
4.2.2	<i>Geomorfologia e Relevô</i>	113
4.2.3	<i>Hidrografia</i>	125
4.2.4	<i>Clima</i>	132
4.2.5	<i>Solos</i>	134
4.2.6	<i>Vegetação</i>	144
4.3	TIPOLOGIA E TAXONOMIA DAS PAISAGENS NATURAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FIORITA. MAPA DAS UNIDADES DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FIORITA.	151
5	A INTENSIDADE DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA DAS PAISAGENS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FIORITA.	159
5.1	OS PRINCIPAIS TIPOS DE USO DO SOLO E O SEU IMPACTO AMBIENTAL	159
5.1.1	<i>A evolução histórico-geográfica da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita no contexto regional</i> ..	160
5.1.2	<i>Aspectos determinantes da atual posição econômica geográfica</i>	167
5.1.3	<i>Avaliação geral do quadro geográfico do uso do solo. Mapa de uso do solo da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita</i>	168
5.1.4	<i>Os Principais Tipos de Uso do Solo e a sua Problemática Ambiental</i>	175
5.1.4.1	Agricultura	175
5.1.4.2	Uso florestal	182
5.1.4.3	Uso urbano-industrial	188
5.1.4.4	Mineração	194
5.2	AVALIAÇÃO DO GRAU DE TRANSFORMAÇÃO DA PAISAGEM. MAPA DA INTENSIDADE DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FIORITA.	207

6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	216
6.1	RECOMENDAÇÕES.....	217
6.2	CONCLUSÕES	219
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	222

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo.....	5
Figura 2 - Sistema de Unidades Taxonômicas da Paisagem.....	17
Figura 3 - Cadastro Técnico Multifinalitário como um Sistema Integrado de Informação	35
Figura 4 - A Organização Conceptual da Informação à Ingressar no CTM	38
Figura 5 - O Modelo Complexo do Geossistema	57
Figura 6 - SIG – Funções de Análise.....	63
Figura 7 - O Monitoramento como o Grupo de Análise em Sig.....	66
Figura 8 - Roteiro Metodológico da Pesquisa	70
Figura 9 - Conceito de Impactos Antropogênicos e Ambientais	74
Figura 10 - Numeração das Unidades da Paisagem para o Cálculo do Coeficiente da Transformação Antrópica da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita	79
Figura 11 - Fragmento da Tabela de Cálculo do Coeficiente de Transformação Antrópica.....	79
Figura 12 - Utilização do Método Cartográfico de Investigação nos Estudos Ambientais e Planejamento Territorial	83
Figura 13 - Reedição da Base Cartográfica Digital	94
Figura 14 - Edição do Mapa de Declividades.....	96
Figura 15 - Edição de feições geradas através da vetorização automática da imagem classificada :	98
Figura 16 - O enquadramento geológico regional da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita.	104
Figura 17 - Coluna estratigráfica generalizada da Formação Rio Bonito, mostrando a posição das ocorrências de carvão no Distrito Carbonífero de Santa Catarina	111
Figura 18 -Carta-Esquema da distribuição das unidades geomorfológicas na área da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita (Escala aproximada 1:200 000).	114
Figura 19 - O impacto geomorfológico da mineração de carvão na bacia Hidrográfica do rio Fiorita. ...	117
Figura 20 - Carta-Esquema de unidades morfológicas do relevo da na área da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita (Escala aproximada 1:200 000)	119
Figura 21 – Modelo Digital do Terreno – Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita	124
Figura 22 - Perfis Transversais do Vale do rio Fiorita	126
Figura 23 - Perfis Longitudinais dos tributários do Rio Fiorita.....	129
Figura 24 - Perfis hipotéticos dos solos ilustrando diferentes horizontes e camadas:	137
Figura 25 - Cambissolo álico distrófico textura média cascalhenta,.....	138
Figura 26 - Cambissolo álico eutrófico textura argilosa,.....	138
Figura 27 - Carta-Esquema da distribuição das unidades pedológicas na área da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita (Escala aproximada 1:200 000)	143
Figura 28 - Os principais agrupamentos de vegetação na bacia Hidrográfica do rio Fiorita (fotografias tiradas 21-23/12/1999).....	150
Figura 29 - Estruturação de efeitos cumulativos de impactos dos principais tipos de uso do solo.....	171
Figura 30 - Panorama da paisagem rural na área de estudo.....	177

Figura 31 – Carácter típico da paisagem agro-florestal na Bacia Hidrográfica do rio Fiorita (nos arredores do Bairro Fiorita, levantamento fotogramétrico na escala nominal 1:30 000 - 1996/JICA)	181
Figura 32 - Figura 32. A localização do Bairro Fiorita entre as áreas abandonadas pela mineração a céu aberto compromete a recuperação espontânea da paisagem e agrava a tensão ambiental na área (levantamento fotogramétrico na escala nominal 1:30 000 - JICA(1996)).	191
Figura 33 - Depósito Alternativo de Lixo nas Margens da Antiga Cava de Mineração	192
Figura 34 - Os principais tipos da paisagem criados pela atividade de mineração nos arredores da área urbana : A- extração de argila; B - cava a céu aberto; C - bacia de decantação de finos do rejeito de carvão.	197
Figura 35 - As transformações do relevo e formação de lagoas ácidas causadas pela atividade de mineração (encostas sudoeste da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita / cratera criada pela mineração à céu aberto comumente designada “Dragão”- levantamento fotogramétrico na escala nominal 1:30 000 - 1996/JICA)	198
Figura 36 - A influência da mineração sobre a hidrografia e a qualidade de recursos hídricos na área de estudo.	201

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - O Impacto Ambiental da Mineração do Carvão	30
Tabela 2 - A importância do sensoriamento remoto em algumas áreas científicas relevantes ao monitoramento e para a gestão ambiental	47
Tabela 3 - As Escalas dos Mapas para os Projetos Regionais em Função do Tamanho do Território	55
Tabela 4 - As definições mais frequentes dos Sistemas de Informação Geográfica.....	64
Tabela 5 - Tipos de Cobertura de Solo Identificados na Bacia Hidrográfica do rio Fiorita e o Gradiente da Transformação Antrópica da Paisagem.....	77
Tabela 6 - Identificação das unidades taxonômicas das paisagens.....	84
Tabela 7 - Estrutura hidrográfica da Bacia do Rio Fiorita.....	125
Tabela 8 - Unidades da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita	153
Tabela 9 - Evolução histórica da exploração e colonização da área da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita no contexto regional.....	162
Tabela 10 - As principais mineradoras na área da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita.....	168
Tabela 11 - Estrutura e distribuição territorial de uso/cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do rio Fiorita.....	173
Tabela 12 - Os Principais Tipos de Uso/Cobertura do Solo e a Intensidade de Transformação Antrópica das Unidades da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita.....	209
Tabela 13 - Grau de Transformação Antrópica das Unidades da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita.....	213

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 - Estrutura Funcional da Pesquisa.....	72
Diagrama 2 - Distribuição de Faixas Altimétricas na Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita (% da área total) (Levantamento planimétrico de 1996).....	121
Diagrama 3 - Distribuição das Classes de Declividades (em %) na Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita (Levantamento Planimétrico de 1996).....	123
Diagrama 4 - Frequência de áreas dos reservatórios de água na Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita (m ²)	131
Diagrama 5 - A Estrutura da Paisagem da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita.....	155
Diagrama 6 - Evolução Histórica do Uso e Ocupação do Solo na Área Centro-Sul da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita no Período de 1956 à 1996	172
Diagrama 7 - Uso e Cobertura do solo na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita.....	175
Diagrama 8 - A Intensidade De Transformação Antrópica da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita (% da área total)	208

LISTA DE MAPAS

MAPA 2 – MAPA TOPOGRÁFICO	102
MAPA 3 – MAPA GEOLÓGICO.....	109
MAPA 4 – MAPA HIPSOMÉTRICO	120
MAPA 5 – MAPA DE DECLIVIDADE	122
MAPA 6 – MAPA HIDROGRÁFICO	127
MAPA 7 – UNIDADES GEOSISÊMICAS DA PAISAGEM.....	157
MAPA 8 – MAPA DE USO DO SOLO	174
MAPA 9 – RECURSOS FLORESTAIS	187
MAPA 10 – MAPA DE INTENSIDADE DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA.....	210
MAPA 11 – ESTRUTURA DE EXPLORAÇÃO DA PAISAGEM.....	214

LISTA DE ABREVIATURAS

AMD	– Acid Mine Drainage
BH	– Bacia Hidrográfica
BHF	– Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita
BCD	– Base Cartográfica Digital
CAD	– Computer-Aided Design
CNUMAD	– Conferencia das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
CORINE	– Co-ordinated Information in the European Environment
CTM	– Cadastro Técnico Multifinalitário
DBMS	– Data Base Management System
DNPM	– Departamento Nacional de Produção Mineral
DSS	– Decision Support System
FIG	– Fédération Internationale des Géomètres
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IVP	– Infra-Vermelho Próximo
JICA	– Japanese International Cooperation Agency
LFSRG	– Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento
MMA	– Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal
PNUD	– Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PPGEC	– Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
SDM	– Secretaria do Estado do Meio Ambiente
SIG (GIS)	– Sistema de Informação Geográfica (Geographic Information System)
UFSC	– Universidade Federal de Santa Catarina
UNEP	– United Nation Environmental Program

RESUMO

KARNAUKHOVA, E. A intensidade de transformação antrópica da paisagem como um indicador para a análise e gestão ambiental (ensaio metodológico na área da bacia hidrográfica do rio Fiorita, Município de Siderópolis, SC). Florianópolis, 2000, 222 p.- UFSC, Santa Catarina

A pesquisa, desenvolvida na base da metodologia e análise do índice de avaliação de transformação antrópica das paisagens, revela as potencialidades práticas do método no âmbito da gestão ambiental das bacias hidrográficas com elevado grau de degradação ambiental. Para o ensaio do método de avaliação do grau de transformação antrópica da paisagem foi selecionada a área da bacia hidrográfica do rio Fiorita (Município de Siderópolis, SC). É uma área que está intensamente afetada pela indústria de mineração de carvão e faz parte da 14 Área Crítica Nacional. O método aplicado – barato e de simples execução - mostrou-se como adequado para a diferenciação das áreas de intervenção ecológica e das unidades de gestão ambiental e revelou grandes potencialidades no contexto da avaliação de impactos ambientais cumulativos.

Palavras Chave: análise ambiental, impactos, gestão ecológica

ABSTRACT

KARNAUKHOVA, E. The intensity of antropic transformation of the landscape as an indicator for the analysis and environmental management (The methodological rehearse on basin of the Fiorita river , Municipal district of Siderópolis, SC). Florianópolis, 2000, 222 p. - UFSC, Santa Catarina

This research, developed in the base of the methodology and analysis of the index of evaluation of anthropic transformation of the landscapes, introduce the practical potentialities of method in the ambit of the environmental administration of the hydrographic basins with high degree of environmental degradation. For the rehearsal of the method of evaluation of the degree of anthropic transformation of the landscape was selected the area of the hydrographic basin of the Fiorita river (Municipal district of Siderópolis, SC). It is an area that is intensely affected by the industry of coal mining. The applied method - cheap and of simple execution - was shown as adapted for the differentiation of the ecological intervention areas and of the environmental administration units, and revealed great potentialities in the context of the evaluation of cumulative environmental impacts.

Key-Words: environmental analysis, impacts, ecological management

1 INTRODUÇÃO

1.1 MARCO DE REFERÊNCIA

O tema da presente pesquisa, que se refere à avaliação da intensidade de transformação antrópica da paisagem natural, foi inspirado num conjunto de problemáticas relacionadas com análise ambiental vinculada ao planejamento e gestão territorial.

Na presente etapa de desenvolvimento o planejamento territorial, naturalmente associado à prática da perícia ambiental, joga um papel importantíssimo no aperfeiçoamento da gestão ambiental e socioeconômica, uma vez que determina cientificamente as funções dos complexos sócio-naturais em função das capacidades de estabilidade das paisagens (a capacidade de absorção das cargas antrópica e de regeneração). Deste modo é indiscutível a atualidade das investigações e a elaboração de programas de controle dos fatores ambientais relativos à construção dos lugares habitados e do planejamento do uso do solo.

Na realidade os estudos de impactos ambientais consistem no processo de previsão dos efeitos da atividade humanas sobre os componentes naturais do geossistema e na determinação de procedimentos a serem utilizados preventivamente para mitigar ou evitar os efeitos negativos. Os estudos dessa índole fornecem os indicadores de decisão para o planejamento. A realização de estudos ambientais sistêmicos, considerando as transformações possíveis em função dos projetos de uso do solo nas suas diversas categorias, é uma medida preliminar, face a política de ordenamento territorial harmoniosa.

A avaliação ambiental objetiva possui caráter interdisciplinar e define-se como a base científica indispensável para o planejamento e a gestão territorial. Neste âmbito, as técnicas e os métodos de análise ambiental devem ser constantemente aperfeiçoados, em particular as técnicas de análise quantitativa e das modalidades cartográficas de interpretação dos resultados, o que deveria permitir a sua melhor aplicação na prática.

A problemática científica, acima discutida, é mais aguda ainda quando relacionada com as áreas de exploração industrial e de mineração, já que as mesmas têm carência particular de estudos ambientais específicos.

A atividade de mineração, vista durante décadas com sinônimo de desenvolvimento, crescimento econômico e prosperidade social, realiza-se na base de tecnologias predatórias com relação ao meio natural, o que condiciona as conseqüências sócio-ambientais drásticas, que por sua vez invocaram os investimentos altíssimos na esfera não produtiva. Contudo, a extração de recursos minerais, sobretudo dos recursos energéticos, como o carvão, continua ser de grande importância econômica e apresenta, por vezes, um dos poucos recursos disponíveis de desenvolvimento do território, assim como a fonte direta de empregos. A modernização e adequação ambiental das técnicas de extração, auxiliada por procedimentos de reparação das áreas abandonadas, representam as alternativas que visam moderar os impactos e amenizar os elevados custos sócio-ambientais da extração do carvão. A adequação ambiental e reorganização funcional do território, nestes casos, passa por uma compreensão complexa do território como um sistema aberto, onde a intensidade de transformação antrópica da paisagem é vista como um indicador de impactos ambientais cumulativos, resultantes da ação de homem.

Nesta pesquisa a aplicação da concepção geossistêmica das paisagens teve como objetivo de alcançar a compreensão funcional do sistema territorial e a proposição das linhas estratégicas de organização e do planejamento geoambiental. Esta análise científica baseia-se nos estudos das "unidades naturais" da paisagem, as suas interações com a sociedade como elementos intercomplementares, com uma visão de totalidade e dinâmica, cujo movimento é inesgotável. O aperfeiçoamento técnico e metodológico da análise das paisagens para os fins da gestão ambiental, como também uma tentativa de encontrar os meios de tornar os resultados da pesquisa mais perceptíveis para as instituições de gestão e para todos interessados constituiu um dos objetivos deste trabalho.

Para a aplicação do método de avaliação da intensidade da transformação antrópica das paisagens foi selecionada a área da bacia hidrográfica do rio Fiorita. A área de estudo selecionada corresponde à uma área definida pelos limites naturais da **Bacia Hidrográfica do rio Fiorita, Município de Siderópolis, Estado de Santa Catarina** (Figura 1).

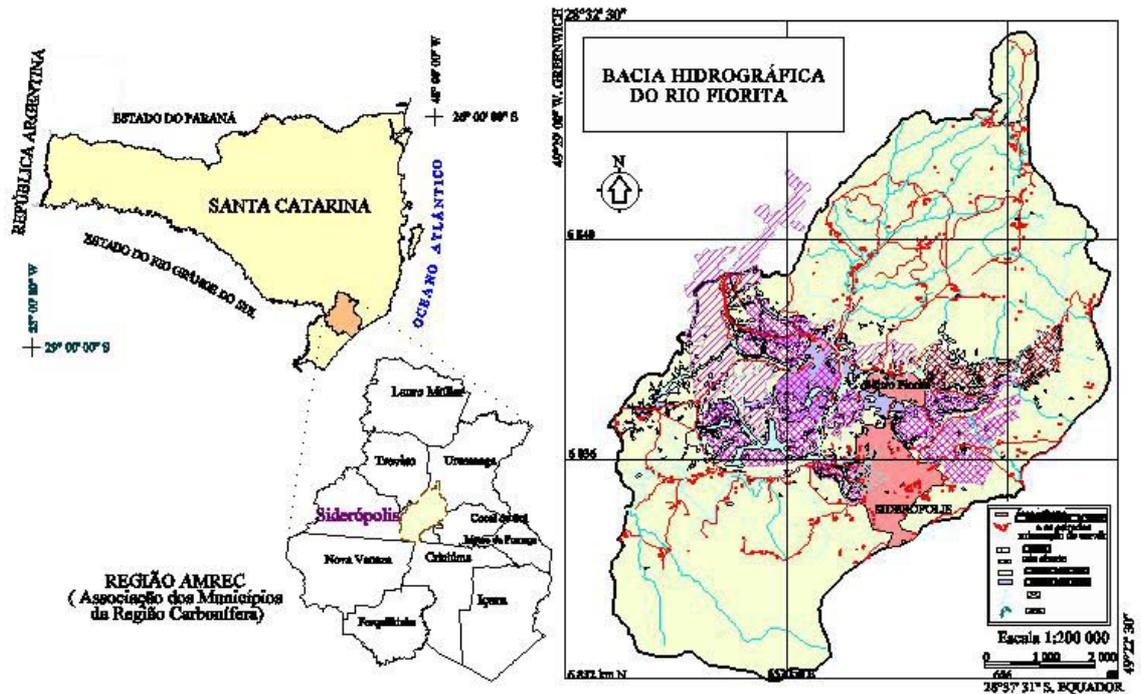


Figura 1 – Localização da área de estudo

A respectiva Bacia Hidrográfica apresenta uma extensão semi-longitudinal no sentido NE-SW e situa-se entre os paralelos 28°32'30" e 28°37'31" latitude Sul, e os meridianos 49°29' e 49°22'30" longitude Oeste. O rio Fiorita forma uma bacia hidrográfica de quinta ordem, com uma superfície de 57,4 km². A área da bacia faz parte do complexo sistema hidrográfico da vertente do Atlântico, Bacia Hidrográfica do Araranguá, sub-bacia do rio Mãe Luzia.

Uma área que apresenta uma diversidade de tipos de uso do solo, porém o seu ambiente quase na totalidade está afetado pela extração de carvão, que tornou as perspectivas da análise ainda mais promissoras. Toda a área de estudo apresenta um dos maiores graus de comprometimento ecológico no município, o que coloca-a como uma das primeiras entre as que exigem uma intervenção do planejamento geoambiental urgente e radical, elevando a importância dos estudos geoambientais e a implantação dos sistemas cadastrais técnicas.

A existência de material cartográfico e de dados do sensoriamento remoto, como também de fotografias aéreas de distintas épocas influenciaram significativamente a escolha desta área como a área de estudo. Além disso, os resultados da pesquisa contribuirão para a construção de um Banco de Dados Ambientais do Município de Siderópolis, que se estrutura no âmbito de uma série de pesquisas desenvolvidas no Laboratório de Fotogrametria Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, ao nível de Pós-Graduação na área do Cadastro Técnico Multifinalitário da PPGEC - CTC - UFSC, entre os quais constam os trabalhos de Kelm(1999), Loch N.(2000), Deloto(2000) e outros.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é testar a eficiência do método de avaliação do grau de transformação das paisagens como um indicador auxiliar na tomada de decisões quanto ao planejamento e a gestão ambiental de bacias hidrográficas com um elevado grau da degradação ambiental.

Objetivos Específicos

Os *objetivos específicos* visam o desenvolvimento metodológico da análise ambiental para a gestão ambiental, como também numa tentativa de encontrar os meios de tornar os resultados da pesquisa mais perceptíveis para as instituições de gestão e dos interessados, seguintes:

- 1) testar o método proposto como um indicador viável para a identificação das áreas de tensão geocológica para as áreas carentes em dados cadastrais e/ou estudos ambientais;
- 2) ponderar a eficácia das técnicas do sensoriamento remoto para o método proposto;
- 3) equacionar os objetivos cartográficos da pesquisa envolvendo as seguintes questões:
 - a) a definição dos sistemas naturais em processo de transformação;
 - b) a elaboração do Mapa da Intensidade de Transformação Antrópica, que apresenta a distribuição espacial da tensão geocológica na área, e dos materiais cartográficos complementares;
 - c) a criação da base de dados geoambientais para a implantação do cadastro geoambiental da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita (BHF).

1.3 A ESTRUTURA E AS LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho compreende seis capítulos, que abarcam as questões relacionadas com a pesquisa geoambiental e a avaliação da situação geocológica na área da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita. Os Capítulos 1 e 2 tratam da apresentação do trabalho e do seu referencial teórico-metodológico, vista a especificidade de análises realizadas nos capítulos posteriores. A seqüência de conceitos revistos na fundamentação teórica está vinculada à importância dos mesmos como suporte metodológico da pesquisa. O conteúdo do segundo capítulo foi definido em função da necessidade de embasamento científico da pesquisa e é indispensável para sua compreensão. O Capítulo 3 expõe a metodologia da pesquisa, discriminando também os materiais e equipamentos utilizados. A metodologia da pesquisa aborda-se numa seqüência lógica *de geral* (estrutura de procedimentos metodológicos) *ao concreto* (método aplicado e técnicas utilizadas). O Capítulo 4 reflete sobre as características físico-geográficas e da qualidade ambiental da BHF no contexto regional e trata da análise da tipologia e taxonomia das unidades geossistêmicas da paisagem. A análise da distribuição espacial e da problemática ambiental dos principais usos do solo, historicamente formados na área de estudo, e a avaliação do grau da transformação antrópica realiza-se no Capítulo 5. O último Capítulo da dissertação refere-se às conclusões e recomendações finais, resumindo a essência da pesquisa e dos seus resultados.

Fazem parte integrante deste volume dez mapas produzidos em CAD e estruturados em SIG (Sistema de Informações Geográficas); 7 diagramas, 15 tabelas e 36 figuras, que apóiam a análise descritiva, e dois anexos, que auxiliam o desenvolvimento da metodologia da pesquisa.

No desenvolvimento da pesquisa foram impostas algumas *limitações* importantes de serem consideradas a priori:

- não se pretende chegar ao inventário complexo da paisagem, o que consideramos fora da competência de um trabalho mono-disciplinar; a característica geral da paisagem realça assim as peculiaridades principais da paisagem com ênfase especial à qualidade das condições ambientais;

- não foi possível encontrar referencias de estudos da fauna da região, e conseqüentemente omitimos este ponto no nosso trabalho;
- a descrição dos aspectos técnicos da confecção dos produtos cartográficos e do processamento das imagens não abrange os interesses da presente pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 OS ESTUDOS AMBIENTAIS GEOSISTÊMICOS SINTÉTICOS COMO UMA BASE PARA A GESTÃO AMBIENTAL ADEQUADA

A percepção objetiva do estado atual e das tendências de desenvolvimento do meio ambiente, como algo íntegro, com a finalidade de alcançar a sua exploração ótima só é possível através de um estudo pormenorizado dos sub-sistemas que o integram: a natureza, a economia e a população. A partir das análises dos principais elementos abióticos, bióticos e socioeconômicos implicados em cada caso conhecem-se as relações e inter-relações que configuram os geossistemas complexos em cada tipo zonal do meio ambiente, que permite definir uma estratégia segura para uma intervenção mais racional possível sem colocar em risco o equilíbrio dinâmico da natureza, ou seja, buscando e pondo em prática a fórmula mais eficiente de utilização dos recursos com a devida preservação dos mesmos.

Apesar de serem de grande importância para o planejamento e para a gestão territorial os estudos ambientais setoriais de problemas específicos (contaminação, degradação, etc.) não devem prescindir os estudos íntegros com enfoque geossistêmico, onde a síntese geoambiental alcança um significado fundamental (MACHIN, 1997; SHISHENKO, 1988).

A síntese geoambiental, que parte do inventário complexo (quando é possível fazê-lo) ou reduzido (que abarca os principais componentes naturais¹), resulta na integração quantitativa e qualitativa das características de cada componente e das suas evoluções, como também das suas inter-relações complexas, de maneira que seja viável a percepção clara do estado do geossistema e do seu potencial natural disponível para o uso do homem sem risco de perder os seus valores significativos, a sua estabilidade e a integridade ecológica (LEO e LEVIN 1997).

¹ Mencionam-se em diversos trabalhos que os principais indicadores a serem analisados nas condições tropicais e subtropicais devem consistir em (MACHIN, 1997; RODRIGUES et al. 1995): na morfometria do relevo, nos processos exógenos, nas características físico-mecânicas dos solos, nas precipitações, nas temperaturas, na disponibilidade e na qualidade das águas, no estado ecológico e no valor da vegetação.

O resultado das sínteses deve oferecer mapas que refletem espacialmente as possibilidades naturais para as diferentes atividades socioeconômicas (em regiões com potencial para a ocupação) ou para a reorganização geoambiental do território (o que por sua vez exige a análise do uso do solo ao nível de propriedade). Daqui resultam as recentes tendências positivas de integração dos estudos cadastrais e geoambientais.

Os mapas-síntese em questão devem diferenciar (baseados nos indicadores ambientais de sínteses como por exemplo, o grau de transformação da paisagem) as unidades naturais ou antro-po-naturais de resposta que podem coincidir com determinados níveis taxonômicos das paisagens (vistas neste caso como geossistemas) e que se diferenciam a partir dos níveis superiores até aos inferiores, dos elementos previamente analisados, com um peso significativamente alto no balanço geral das inter-relações físico-geográficas. Desta maneira existe a possibilidade real de apreciar certos detalhes acerca das características naturais de cada uma destas unidades, sendo viável avaliar ou aconselhar as vantagens para a utilização socioeconômica, assim como determinar as áreas e/ou os níveis críticos das destabilizações das áreas mais danificadas para a sua atenção priorizada ou pelo menos para o não agravamento dos problemas ecológicos.

Mais adiante desenvolvemos a avaliação do grau da transformação antrópica das paisagens da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita, que enquadra-se exatamente neste perfil de pesquisas ambientais, onde as unidades naturais da paisagem se “entrelaçam” com as áreas do uso do solo num indicador de síntese delimitando claramente as origens e as tendências da evolução das áreas críticas.

A metodologia geossistêmica é mais útil na medida em que se utilize em estreita relação com as características próprias do território e numa escala de trabalho que permite aprofundar, tanto quanto se necessite, a análise dos componentes naturais e das unidades das paisagens, formadas pela sua interação (GABROVEC, 1999; VOVK, 1999).

A gestão ambiental não tem outra saída viável a não ser buscar os fundamentos nos conhecimentos científicos sobre a natureza como o potencial para o desenvolvimento sustentável, adotando a análise-multicritério de uso da terra (FISCHER et al., 1996; MAKOWSKI, 1994).

2.2 O CONCEITO DE GEOSSISTEMA E AS UNIDADES TAXONÔMICAS DAS PAISAGENS EM NÍVEL LOCAL

O conceito da paisagem como um sistema ou conjunto dinâmico de elementos inter-relacionados (BEROUTCHACHILI e BERTRAND, 1978; SOCHAVA, 1978; GRIGORIEV, 1999; PETROV,1994) implantou as bases da renovação dos estudos físico-geográficos e ecológico-ambientais nestas últimas décadas e deu os subsídios para a análise holística multidisciplinar do meio ambiente.

O geossistema como um “determinado espaço da natureza em que os geo-componentes e processos geo-complexos como integrantes de um sistema obedecem aos princípios da Teoria Geral dos Sistemas (...)”, e onde “a totalidade dos elementos e das relações do sistema definem as suas propriedades sistêmicas” (NEEF et al., 1973: 33), permite a integração e interação dos estudos ambientais de vários níveis hierárquicos.

Os princípios sistêmicos dos geossistemas, relacionados com a sua modernização à base de sua dinâmica espontânea, antropogênica e do seu regime natural, refletem-se na principal concepção de geossistema: a conexão da natureza com a sociedade humana (SOCHAVA, 1976). Os geossistemas são fenômenos naturais, mas o seu estudo leva em conta os fatores socioeconômicos e os seus modelos refletem parâmetros econômicos e sociais das paisagens transformadas pelo homem.

O complexo geossistêmico tem como base o subsistema natural, que está submetido à um desmembramento, onde os subsistemas social e econômico são examinados como fatores e componentes da dinâmica interna e externa do geossistema. Portanto, os geossistemas representam uma classe de sistemas dinâmicos, flexíveis e hierarquicamente organizados com estágios de evolução temporal numa mobilidade cada vez maior sob a influência humana. Os elementos e componentes naturais, vistos independentes, revelam diferentes graus e índices de transformação (desde críticos até intactos), convertendo-se em fatores de mutação ou estabilidade do geossistema como um todo (PALMA, 1997; LEO e LEVIN. 1997; PETROV ,1994; SOCHAVA, 1976).

A heterogeneidade espacial do ambiente reflete-se na diferenciação espacial dos geossistemas, sendo possível discriminar unidades taxonômicas distintas à nível local,

regional e global (PETROV, 1994; MATEO, 1984; SOCHAVA, 1976). A teoria da estrutura morfológica de geossistemas de diversos níveis é amplamente abordada na bibliografia geográfica e geo-ecológica. Referimo-nos apenas às diferenciações taxonômicas locais de geossistemas naturais e antrópicos, que representam também o objeto de estudo desta pesquisa.

Distinguem-se à nível local as seguintes unidades taxonômicas de paisagens consideradas como principais (PETROV, 1994; RODRIGUES et al., 1995; MATEO, 1984): *fácies, comarcas, sub-localidades e localidades* (Figura 2).

A *fácie* é uma unidade geossistêmica mais elementar, menor e geograficamente indivisível. É a parte da superfície terrestre, cujos limites demarcam uma situação similar, uma mesma litologia, um mesmo microclima, com condições similares de umedecimento e de cobertura pedológica e uma única fitocenose. O indicador principal das *fácies* é a "homogeneidade do tipo de condições ecológicas" (MATEO, 1987: 300; PETROV, 1994: 261). São utilizados como sinônimos do termo *fácies*, ainda que muito menos freqüentes na literatura internacional, os seguintes: paisagem elementar, micropaisagem, epimorfa, geotopo, ecotopo, *land facet*.

A *comarca* é a unidade taxonômica local da paisagem mais importante e a unidade principal de mapeamento da estrutura morfológica da paisagem. A comarca é a tradução em português do termo russo "*urochishche*", que significa "parte de um território que se distingue do vizinho de acordo com um índice de parâmetro natural" (que pode ser, por exemplo, um pântano, um bosque, etc.) (MATEO, 1984:311). A comarca representa um complexo territorial natural, formado por um sistema de *fácies*, ou grupos de *fácies*, que estão genética, dinâmica e territorialmente inter-relacionadas. Existe uma variedade genética significativa de comarcas em função das propriedades físico-ambientais e energéticas das *fácies* associadas. Contudo, o principal indicador da diferenciação da comarca é o fator orográfico (meso-morfometria do relevo), composição litológica e o caráter de umedecimento (MIRSAEV et al., 1988; MATEO, 1984).

As *localidades* (tradução em português do termo russo "*mestnost*" e do termo inglês *land system*) têm por definição mais amplamente aceita - "um determinado espaço da superfície terrestre, incluindo todos os elementos que o compoñham (o relevo, o embasamento geológico, as águas, a vegetação, as vias de comunicações, as povoações, as indústrias, etc.). Isto é, as associações de fenômenos que integram o território" (MATEO, 1984: 324).

Ainda que seja cientificamente exata esta definição não apresenta o significado de grau taxonômico. Visto isso, com objetivos da análise geossistêmica a localidade define-se como “*um complexo territorial que está formado de comarcas complexas, associações de comarcas e fácies individuais que formam uma associação espacial característica. É um sistema natural geneticamente homogêneo, que forma-se como resultado da associação de comarcas dinamicamente inter-relacionadas, que se formam sobre um mesmo embasamento geológico, que está associado a um determinado complexo de mesoformas de relevo (tanto positivas, quanto negativas) e que têm um mesmo clima*” (MATEO, 1984: 326). Desta maneira, a localidade ocupa uma posição intermediária entre a comarca e a região físico-geográfica.

Entre estas principais unidades taxonômicas da paisagem existe uma diversidade significativa de variações e associações únicas, cujo surgimento depende das características naturais locais. Para além das unidades naturais formam-se, devido a ação do homem, diversas categorias de paisagens antroponaturais (florestas secundárias, pântanos) e, por fim, dependentemente do tipo da ação antrópica e da sua intensidade formam-se sistemas antroponaturais secundários (com relação à paisagem original) com cobertura vegetal modificada. O caso extremo representam as áreas urbanas e as áreas de mineração à céu aberto, onde a cobertura pedológica e vegetal foram substituídas pela tecnogênica. Entretanto, até esta última² detém um certo vínculo ecológico com as condições naturais³. Em função de diversos fatores pode não se observar uma correspondência exata entre os limites das unidades naturais da paisagem e as áreas antroponaturais, se bem que de certa maneira esta regularidade observa-se muito freqüentemente.

O emprego da visão geotopológica é bastante efetivo, já que dá critérios rígidos na avaliação das terras para os diversos tipos de uso (principalmente para o agrícola) e permite avaliar a qualidade ambiental e as tendências ecológicas das paisagens e elaborar as recomendações para a sua proteção e o seu uso racional (PETROV, 1994; SHISHENKO, 1988).

O nível topológico (das unidades geossistêmicas) de investigações geoambientais está orientado para o estudo das estruturas morfológicas internas das paisagens. Tendo em conta a heterogeneidade de interpretação do conceito paisagem (*landschaft; landscape*) sublinhamos que quanto aos estudos geossistêmicos

² A cobertura tecnogênica é comumente representada pelas edificações, estradas, áreas de rejeitos, etc.

³ – base litológica, declividade, condições de drenagem, etc

recomenda-se (PETROV, 1994; SHISHENKO, 1988; MATEO, 1984; SOCHAVA, 1978) a interpretação regional da *paisagem vista como uma parte da superfície terrestre, que representa um sistema natural-territorial autônomo e que se distingue qualitativamente dos outros. "Cada paisagem como formação natural-regional dispõe duma morfologia e uma estrutura interna individual, de uma posição geográfica e limites físicos concretos, de dinâmica e evolução definidos pela sua base energética, pelas especificidades das trocas de massas"* (PETROV, 1994: 260). Desta maneira a atividade econômica provoca o surgimento de sistemas antroponaturais (paisagens antrópicas) com distintos limites. Entretanto, os limites naturais não desaparecem. Eles dividem os territórios em áreas de exploração com distintas propriedades (condições e recursos, capacidade suporte, etc...), que obriga-nos a diferenciar as técnicas, os métodos e as tecnologias administradas dentro de cada uma delas.

As bacias hidrográficas, caracterizadas por uma certa homogeneidade de condições naturais e recursos de exploração, representam um exemplo clássico de paisagens regionais com uma diferenciação hierárquica de unidades taxonômicas complexas.

2.3 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO OBJETO DE ESTUDO GEOSSISTÊMICO

A água representa um dos componentes físicos fundamentais quanto a concepção da paisagem terrestre, pois interliga os fenômenos naturais em toda a extensão da geoesfera (definida ente os limites da atmosfera inferior até a camada superior da litosfera) por meio da interação com os demais elementos do seu ambiente de drenagem (NETTO, 1994). As encostas, topos e fundos dos vales, canais, corpos de água subterrânea, sistemas de drenagem urbanos e áreas irrigadas, entre outras unidades espaciais, estão interligados como componentes da *bacia de drenagem*.

O conceito de *bacia hidrográfica* como unidade geomorfológica foi formalmente utilizado pela primeira vez pelo geólogo Playfair no século XVIII (PARDAL, 1988). Atualmente, no âmbito da gestão ambiental, a bacia hidrográfica assume também por vezes o estatuto de espaço administrativo com a formação de comissões

(organizações) de gestão de bacias, que visam a eficácia e eficiência do ordenamento territorial e da exploração dos recursos naturais disponíveis (BASSO, 1999; CUNHA et al.,1996; PIRES e SANTOS, 1995; NETTO, 1994; PARDAL, 1988)

A drenagem fluvial é constituída por um conjunto de canais de escoamento interligados formando a Bacia de Drenagem ou *Bacia Hidrográfica* (BH). Esta é definida como a “*área abrangida por um rio ou por um sistema fluvial composto por um curso principal e os seus tributários*” (SUGUIO e BIGARELLA, 1990: 13). O rio com o seu talvegue ordena os processos de formação do vale fluvial, embora a sua influencia direta seja restrita à calha e a planície de inundação. O limite de uma bacia de drenagem é conhecido como *divisor de drenagem* ou divisor de águas. O *vale fluvial* representa uma depressão alongada (de extensão longitudinal) constituída por um ou mais talvegues e duas vertentes (ou macrovertentes) com sistemas de declive convergente e que pode ser compreendido como uma planície à beira do rio ou *várzea* (CUNHA et al.,1996). As *encostas* da bacia fluvial , entendidas como "*espaços físicos situados entre os fundos de vale e os topos ou cristas da superfície crustal, os quais por sua vez definem as amplitudes do relevo e seus gradientes topográficos*", representam as áreas de transição de matéria e energia no sistema de drenagem e o seu estudo é de maior importância no que diz respeito a compreensão das regularidades da formação da paisagem (NETTO, 1994:94).

As BH's constituem sistemas de drenagem contíguas e abertas de diversos graus de hierarquia, estão interligados por divisores topográficas formando uma rede complexa onde se drenam a água, o material sólido e elementos dissolvidos em direção à uma base de erosão comum (nível de afluência ou confluência com o outro rio, lago ou oceano)(CUNHA et al.,1996). Os interflúvios são as zonas representadas nas cartas topográficas por curvas de nível convexas para baixo, que indicam a divergência de fluxos de água e onde a linha perpendicular ao eixo destas curvas convexas delimita os divisores de drenagem internos da bacia. As curvas de nível côncavas para cima, por sua vez, indicam a zona de convergência dos fluxos de água ou dos talvegues dos vales, que determinam o eixo do fluxo de drenagem e articulam-se imediatamente com os eixos adjacentes.

As BH's, dependentemente do caráter da complexidade, do tamanho e da dinâmica do sistema fluvial, podem ser consideradas como paisagens azonais, zonais ou regionais. Ainda que, normalmente, prevaleça uma tendência geral em que do que é menor a extensão da BH e do que é maior a homogeneidade das condições físico-

geográficas em que a mesma transita menor é o grau da sua posição no sistema fluvial geral: menor é a diversificação das suas paisagens natural regional; e, por conseguinte, menor é a diversificação das paisagens regionais por ela formadas.

Tendo em conta as características locais, as bacias hidrográficas nas regiões de relevo montanhoso normalmente apresentam dois ou três setores que dependentemente do caráter da sua extensão e exposição das vertentes e embasamento geológico formam as principais localidades da BH. De maneira geral, as principais unidades taxonômicas das paisagens de uma BH diferenciam-se de maneira seguinte:

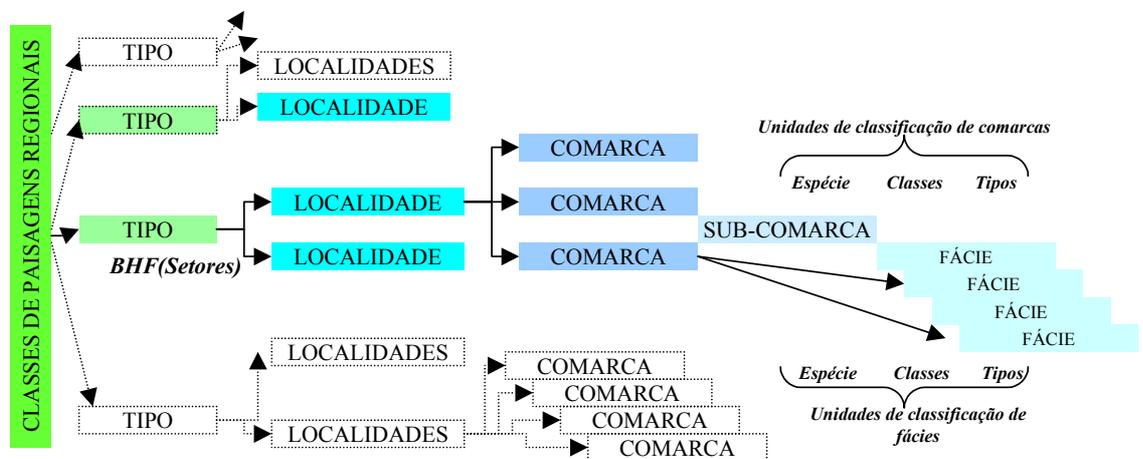


Figura 2 - Sistema de Unidades Taxonômicas da Paisagem

(adaptado de Mateo(1984))

Nos territórios montanhosos “uma mesma macroforma de relevo, orograficamente comum que pode ser côncava ou convexa, um conjunto de propriedades estrutural-litológicas e de regime hidro-climático local” correspondente à uma bacia hidrográfica frequentemente pode ser considerada como o mesmo tipo de paisagem montanhosa (MATEO, 1984: 294). Os setores em que esta paisagem diferencia-se discriminam-se pela macropendente de uma mesma exposição (cuesta, maciço, depressão) com peculiaridades próprias de diversidade macroexposicional de um espectro de regime hidro-climático local e um tipo específico de faixas de vegetação.

As BH's formam sistemas abertos de drenagem, isto é, onde ocorre a entrada e a saída constante (pelos vínculos verticais e horizontais entre os seus componentes) de energia e de material. Absorvendo a energia proveniente da dinâmica climática e da tectônica local do geossistema da BH redistribui, transforma e transita os fluxos energético-materiais entre os seus componentes e para fora do sistema. Os respectivos fluxos energético-materiais realizam-se por meio de uma vasta complexidade de processos e fenômenos naturais (físicos, químicos, geológicos, pedológicos, etc.), que resultam uma dinâmica própria dos geossistemas em função da sua hierarquia e das mudanças de *input-output* de energia e de material. As mudanças físicas, que ocorrem dentro dos sistemas de drenagem e que têm as causas naturais, normalmente possuem caráter latente e se realizam num tempo historicamente longo (fora os casos das catástrofes naturais ou em regiões de altas dinâmicas geomorfológicas). Contudo, nos últimos anos o Homem revelou-se como um detentor de uma poderosa fonte de transformações físicas das paisagens e, por conseqüência, como um agente potente de desequilíbrios dos geossistemas. Assim, mudanças externas no suprimento de energia e matéria conduzem à um auto-ajuste de formas e processos de modo a manter o equilíbrio físico - o princípio clássico de desenvolvimento conciso na interdependência dos elementos por meio do sistema (NETTO, 1994).

As bacias hidrográficas representam o caso característico de geossistemas, onde predominam (em função da orografia) os vínculos horizontais entre os seus elementos, que condiciona a propagação funcional rápida das influências tecnogênicas (transporte e acumulação de contaminações, etc.). Isto exige cuidados especiais no planejamento do uso dos agrotóxicos, depósitos de rejeitos ou lixo, etc., se queremos preservar não só a natureza, como também a saúde humana. O princípio de auto-ajuste mencionado significa que os efeitos hidrológicos e geomorfológicos dos processos naturais ou antrópicos vão se refletir num determinado ponto da bacia de drenagem podendo propagar-se a jusante por meio das bacias de drenagem adjacentes. Esses aspectos devem ser levados em consideração no planejamento das formas de intervenção humana, mesmo que o interesse socioeconômico recaia somente sobre uma área restrita da bacia de drenagem. As localidades, por sua vez, representam os complexos de mesoformas de relevo, que possuem propriedades genéticas principais comuns, uma mesma variante de macroexposições e um regime hidro-climático, um subtipo de solos e de vegetação e, sobretudo, uma mesma estrutura geológica. Enquanto, as comarcas e fácies formam-se em função dos indicadores vistos anteriormente.

A análise morfológica das paisagens de uma BH, além de basear-se num inventário multidisciplinar das suas características naturais e socioeconômicas, exige o estudo das seguintes questões (RODRIGUES et al., 1995; SHISHENKO, 1988; MATEO, 1984):

- a) o número de categorias e escalões da estrutura morfológica e as suas unidades taxonômicas;
- b) a tipologia das unidades morfológicas para cada categoria (fácies, comarcas, etc.) e a sua caracterização;
- c) as correlações espaciais entre as unidades morfológicas, a sua situação, as áreas, etc.;
- d) as inter-relações e associações entre as partes morfológicas, as relações entre as unidades principais e as subordinadas, a complexidade e a estrutura morfológica da paisagem como um complexo natural;
- e) o grau de homogeneidade (genético, dinâmico, litológico) das paisagens;
- f) a origem da estrutura morfológica e a sua dinâmica.

A análise da estrutura morfológica tem um grande significado científico e prático. A mesma determina as diferenciações espaciais, dinâmica e inter-relações entre os componentes naturais e socioeconômicos. As particularidades das dinâmicas internas e externas dos geossistemas das BH's de diversos níveis hierárquicos definem as mesmas como "*excelentes áreas de estudos para o planeamento*" e de manejo de recursos naturais (PIRES e SANTOS, 1995:44; CUNHA et al., 1996; NETTO, 1994; PARDAL, 1988).

2.4 AS PAISAGENS COMO OBJETOS DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA

À avaliação e análise mais pormenorizadas da influência e dos impactos ambientais dos diferentes tipos de atividades humanas sobre a paisagem natural são referidas por diversas e numerosas fontes bibliográficas de distintas áreas científicas. Não pretendemos uma abordagem complexa de todos os fenômenos que acompanham a ação antrópica, mas sim uma breve relação dos possíveis impactos nas paisagens naturais ou nos seus componentes em função dos principais tipos de uso do solo.

A paisagem, assim, é vista como um recurso, por meio do qual realizam-se os objetivos do uso do solo, que "consiste numa aplicação geograficamente localizada de

interesse ou também atividades a fim de satisfazer as necessidades a partir dos recursos naturais e de meios tecnológicos que, em conjunto, definem um sistema territorial" (PARDAL, 1988: 151). "O conceito de uso em planejamento situa-se a um elevado nível de agregação e aplica-se aos subconjuntos do território que têm o solo como um dos seus elementos. O uso consiste na relação mais elementar que se estabelece entre a sociedade e o território" (ibidem).

A unidade de uso do solo é subordinada à estrutura do uso dominante. Contudo, as características e os tipos dos usos secundários têm influência na compreensão de cada caso concreto e geram gradações dentro de cada classe e entre as diferentes classes.

Não existe uma classificação universal de tipos, classes ou unidades de uso do solo, pois não existe um critério único quanto à realização deste ou de outro tipo de atividade humana, tão pouco das características padronizadas das paisagens. Além disso, as formas de uso do solo evoluem constantemente em função das demandas socioeconômicas e dão origem a novas classes (ou tipos) de uso do solo.

Os diferentes tipos de uso do solo e ligadas a estes, as técnicas de transformação da paisagem num determinado território transformam-se e consolidam-se com o tempo em distintos sistemas regionais de exploração. À cada um dos tipos de uso do solo historicamente formado num território, corresponde um conjunto territorial-funcional de objetivos, tipos e métodos da ação transformadora sobre a paisagem natural. Alguns tipos análogos de transformação antrópica podem ser conseqüências de diferentes tipos de uso do solo. Os métodos e as técnicas da ação antrópica, as suas manifestações, a profundidade e a área da sua distribuição dependem da interação de dois fatores determinantes: a intensidade do tipo de exploração e as características físico-geográficas da paisagem. Como exemplo podem servir as distintas técnicas de drenagem superficial utilizadas na agricultura, silvicultura e urbanização, quando dependentemente dos objetivos os métodos de realização e o efeito transformador variam dentro das mesmas condições geoambientais.

A intensidade da ação tecnogênica sobre a paisagem depende do tempo histórico de sua existência e de sua implantação, num determinado tempo histórico de existência e implantação de um determinado tipo de uso do solo na região. Nas etapas iniciais de exploração dos recursos naturais, a paisagem experimenta intervenções bruscas, que numa série de casos levam até a sua transformação radical, particularmente quando há aplicação de agrotécnicas, hidrotécnicas, desflorestamento

ou extração de minerais, etc. O caráter, o conteúdo e a intensidade da ação tecnogênica sobre a paisagem são relativamente constantes ou aumentam gradativamente (exemplos: a agricultura e a urbanização, respectivamente) (FISCHER *et al.*, 1996).

A paisagem, como um todo, e os seus componentes modificam-se em função das particularidades das tecnologias de um tipo ou de um conjunto de tipos de uso do solo. Comparando com os países desenvolvidos (assim como os EUA, a Inglaterra, a Alemanha ou o Japão), o Brasil caracteriza-se pela alta percentagem (com relação ao todo território) de terras agrícolas e pecuárias. Com uma estrutura territorial socioeconômica geograficamente desproporcional a organização funcional da paisagem representa-se como um instrumento importante de otimização da exploração das condições e dos recursos naturais.

A atividade agrícola inclui além das transformações mecânicas dos solos as ações seguintes: química (uso de agrotóxicos e fertilizantes, etc.); física (uso de técnicas e maquinarias agrícolas); agrotécnica (rodízio de culturas e tecnologias de produção). A exploração agrícola manifesta-se também através do uso da irrigação e da drenagem artificial, das lavras de faixas ou de contornos, da formação de terraços, do reflorestamento e da reposição dos solos, etc.

A agricultura é o tipo de exploração do solo mais remoto no contexto do tempo histórico da atividade humana. Nas paisagens naturais de Floresta Ombrófila o regime hídrico era administrado pela cobertura vegetal densa, onde as chuvas torrenciais ou as quedas pluviométricas prolongadas exerciam influências positivas e equilibravam-se com as perdas na estiagem (ALANGO, 1977). O desflorestamento, a lavra em condições de declividade acentuada, o desaparecimento de acumuladores naturais de águas pluviais, a destruição da camada orgânica superficial (*serrapilheira*⁴), que protege o solo da erosão, a desestruturação dos solos, tornaram as paisagens vulneráveis à erosão e diminuem a sua capacidade de suporte. Como consequência disso existem vestígios claros do aumento da evaporação e da amplitude diária da temperatura, a diminuição do nível das águas subterrâneas, o surgimento de enchentes ocasionais, o aumento da ação negativa do regime dos ventos e a diminuição geral das nascentes de água e dos hidrorecursos como um todo (SDM, 1996).

⁴ A serrapilheira (A_s), que se desenvolve mais nos solos florestais, que é composta de detritos orgânicos que caem da vegetação (folhas, galhos, sementes, flores, etc.) e pode ser constituída de duas camadas que formam os horizontes O₁ (detritos recém caídos) e O₂ (detritos parcialmente decompostos). Representa um elemento indispensável na contenção do fluxo da água das quedas pluviométricas e prevenção da erosão dos solos (NETTO, 1994)

Quanto ao armazenamento de água na serrapilheira florestal, os estudos conduzidos na Floresta da Tijuca (Rio de Janeiro) mostram que a capacidade de retenção da água varia entre 130 % a 330 % em relação ao peso seco. Sugere-se que a composição e estrutura da serrapilheira controlam a capacidade de retenção da água e determinam por consequência o grau de estabilidade e a erodibilidade do solos, como também controlam o regime das cheias na bacia de drenagem. Observou-se que as chuvas até 10 mm podem ser totalmente interceptadas pelas copas florestais, aumentando linearmente o atravessamento com o aumento do volume de águas; a interceptação torna-se insignificante durante as chuvas maiores e de longa duração. Com isso, pode-se dizer que a interceptação pouco influencia as cheias máximas dos rios, quando geralmente transbordam e inundam as áreas adjacentes (MIRANDA (1992) *apud* NETTO (1994)).

Os dados de interceptação nas áreas recobertas por gramíneas são ainda muito escassos na literatura, entretanto apontam que o armazenamento de parte das chuvas tende a aumentar no período de máximo crescimento da vegetação. As simulações com pluviosidade intensa demonstraram a capacidade de retenção da água pela vegetação ressecada em torno de 500 % em relação ao seu peso seco (DEUS (1991) *apud* NETTO (1994))

A agricultura tradicional, caracterizada pela exploração extensiva através da aração, contribuiu para a perda significativa do *húmus* dos solos, que levou à diminuição da produtividade e da resistência dos solos com relação a ação da água e do vento (ESPIG, 1996).

Uma das influencias mais significativas da agricultura sobre a paisagem é o processo unilateral de absorção das substâncias nutritivas pelas culturas, que exige uma compensação constante destas substâncias em forma de fertilizantes. A ação conjunta de técnicas de lavoura, de drenagem, de irrigação e de rotação de culturas (etc.), deixam marcas profundas no contexto físico-químico da paisagem e conduzem as vezes à presença de processos dinâmicos indesejáveis (erosão, movimento de massas, desmoronamentos, etc.), como também à poluição e o esgotamento generalizado dos solos (ESPIG, 1996; ASSFALG e WERNER, 1993).

As atividades de recuperação e melhoramento silvícolas nos territórios afetados pela erosão incluem a criação de faixas de proteção das lavouras, das ravinas e das voçorocas; de faixas florestais nas encostas dos pastos e o reflorestamento dos vales de drenagem e das encostas dos morros, dos mananciais, etc. A influencia da atividade

silvícola pode diferenciar-se em três grupos principais: a de exploração, a de preparação e a de manutenção. O maior impacto apresentam os cortes contínuos acompanhados pelas mudanças microclimáticas das camadas superficiais, das propriedades dos solos, da estrutura e do conteúdo florístico e faunístico, dos níveis do lençol freático, etc.

A pecuária, quanto a atividade de pastoreio extensivo, influencia primeiramente a vegetação (danificação dos rebrotos e raízes), os solos (densificação, alteração do regime de umedecimento, etc.), o ingresso de substâncias nutritivas, a distribuição de sementes, as modificações da fitomassa e do seu conteúdo. O desenvolvimento da pecuária acompanha-se por outros tipos da ação antrópica sobre a paisagem, assim como: a irrigação dos pastos, o seu melhoramento superficial ou radical (ESPIG, 1996).

A construção civil caracteriza-se pelo nivelamento das formas positivas e negativas do relevo, pela destruição total da cobertura pedológica e vegetal. Em alguns casos os processos de desmoronamentos e erosão tornam-se mais ativos, o que condiciona a necessidade de ações de estabilização e introdução na paisagem de novos elementos tecnogênicos, tais como obras complexas de contenção de encostas.

A expansão urbana e a influencia da urbanização sobre a paisagem manifestam-se num perfil vertical mais acentuado do que o da atividade agropecuária. O perfil vertical da atividade urbanística define-se pela profundidade do lençol freático explorado e pela altitude das emissões industriais na atmosfera. Nestes limites enquadram-se: (1) o nível das rochas maternas e acumulavas em que jazem os fundamentos das construções civis e industriais, e as infra-estruturas subterrâneas; (2) o nível das construções de patamar baixo, estradas e áreas verdes (etc.), que se caracteriza pela concentração da poluição sônica e emissões dos meios de transportes, e o aquecimento intensivo da superfície; (3) o nível médio (e/ou alto), onde a influencia dos fatores anteriormente citados diminui, porém aumenta a influência dos fatores meteorológicos (SHISHENKO, 1988).

Um rio exerce o papel fundamental no arranjo espacial dos níveis do perfil urbanístico vertical, proporcionando uma série de características paisagísticas próprias como também riscos explícitos de inundações em determinadas áreas. A exploração dos recursos hídricos com fins habitacionais e industriais se expressa na criação de complexos naturais anteriormente inexistentes (represas, açudes, canais, talvegues alterados, etc.) e as mudanças no regime hidrológico e hidroquímico dos mananciais,

bem como nas alterações da estrutura paisagística dos territórios adjacentes. As inter-relações dinâmicas, que existem entre os componentes morfológicos das bacias hidrográficas (interflúvios, encostas e os vales fluviais), permitem fluxos constantes de causa-efeito num sistema de drenagem. A essência desses fluxos, ainda pouco estudada, tende a manter o equilíbrio dinâmico do sistema. Desta maneira, as mudanças do uso do solo nas encostas influenciam os processos erosivos, que por sua vez alteram a dinâmica fluvial. Os desmatamentos ou crescimento da área urbana nas encostas reduzem a capacidade de infiltração das águas, aumentam o escoamento superficial, acelerando os movimentos de massas nas encostas, e fornece o maior volume de sedimentos para calha fluvial, que causa o assoreamento do leito e enchentes na planície de inundação (CUNHA et al., 1996). As alterações acentuadas nos canais fluviais, por sua vez, têm reflexos diretos nas encostas: as obras de aprofundamento dos leitos e entalhe alteram o nível da base local e aceleram a erosão nas encostas, gerando ravinas e voçorocas.

As atividades industriais têm influência local, mas distinguem-se pela alta intensidade e têm tendências ascendentes, como na transformação, assim também na poluição dos geossistemas. A indústria de mineração representa um tipo de ação com conseqüências mais drásticas, mais complexas e duradouras com relação a paisagem natural. Nas últimas décadas o estudo dos impactos ambientais e sociais da atividade de mineração ocupa um lugar de destaque no âmbito dos estudos ambientais, resultando num conhecimento profundo das conseqüências negativas múltiplas da mineração e das mais avançadas técnicas de restauração do ambiente. Contudo, os diversos estudos apontam que, considerando os objetivos de preservação da integridade ecológica das paisagens, a mineração não representa o caso mais grave comparada com os demais tipos de uso do solo, já que ocupa áreas muito mais restritas e flexíveis à reabilitação do que as do, por exemplo, o desenvolvimento urbano (STEIN, 1998). Obviamente, não se trata de diminuir ou desconsiderar a ação predatória e os impactos negativos da extração dos recursos minerais, mas sim, considerá-los como um sistema de transformações graves e inevitáveis dos geossistemas, porem previsíveis e potencialmente reversíveis em longo prazo. As áreas abandonadas pela mineração (*badlands*), ainda que com altos custos sociais, estão disponíveis e possíveis de reconversão de uso e de reintegração num sistema territorial de exploração efetiva.

A análise de diversas fontes permitiu-nos sintetizar que os impactos ambientais, os riscos e os tipos de transformações das paisagens e dos seus componentes resultantes essencialmente da atividade de mineração do carvão (principal tipo de ação na nossa área de estudo) segundo a Tabela 1. Todavia, deve-se sublinhar que o processo de restauração das paisagens afetadas pela mineração, principalmente à céu aberto, é um processo lento, árduo e instável, e mesmo que se atingia a recuperação significativa do ambiente (a superação da toxidade das rochas, a recuperação do substrato pedológico, renovação do fitocenose e a funcionalidade dos componentes naturais), os geossistemas naturais não se restabelecem, formando-se no seu lugar paisagens secundárias com dinâmicas instáveis.

Como foi visto a diversidade de tipos de uso do solo a utilização de diversas técnicas leva à transformação das paisagens naturais e/ou a formação de novas propriedades funcionais e de um determinado grau de transformação antrópica. Que pode ser definido segundo a metodologia que descrevemos mais adiante. O alto grau de transformação antrópica, nas condições de ausência do planejamento e gestão, indicam as áreas de risco geocológico eminente. A distribuição equilibrada das funções socioeconômicas entre as unidades da paisagem, adequada às suas propriedades naturais, é a chave do gerenciamento ecológico eficaz.

2.5 A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DAS ATIVIDADES DE MINERAÇÃO A CÉU ABERTO. MINERAÇÃO DE CARVÃO

O enfoque especial dos problemas ambientais decorrentes da atividade de mineração passou a ter maior destaque após a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente realizada em Estocolmo em 1972 (GUIDUGLI, 1985). Desde então a compreensão holística de um conjunto complexo e inter-relacionado de fenômenos designado *Impacto Ambiental da Mineração* conduz à estudos complexos e interdisciplinares. Estudos neste âmbito envolvem várias categorias de processos e fenômenos (naturais, sociais, econômicos...) a procura de vias do equilíbrio sócio-ambiental entre a importância econômica da exploração dos recursos naturais e as suas conseqüências ambientais.

O incentivo aos estudos ambientais interdisciplinares, ao desenvolvimento de novas metodologias e técnicas de atuação no setor da mineração fazem parte das políticas governamentais em diversos países (principalmente os desenvolvidos, onde o impacto da mineração é mais antigo e profundo) e, durante as últimas décadas obtiveram resultados significativos na reabilitação ambiental nos países como os EUA, Inglaterra, Japão, Austrália, Alemanha, Canadá, Polônia, etc.(GABROVEC,1999; SAC, 1998; MPI, 1998; BIRD et al., 1984).

A AGENDA 21 (1992), resultante da Conferencia da Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), destacou a responsabilidade governamental no estabelecimento de um amplo sistema de medidas, que permitam a compatibilização entre o meio ambiente e o desenvolvimento econômico. Neste contexto, o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA) com apoio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) no âmbito do Projeto BRA/94/016 elegeu o setor mineral como um dos prioritários e elaborou o documento “*Diretrizes Ambientais para o Setor Mineral*”, no qual estabelecem-se os princípios básicos e as ações necessárias para que a “*atividade de extração mineral possa ser desenvolvida dentro dos preceitos de conservação e sustentabilidade ambiental*”, desde a etapa de prospecção até a desativação do empreendimento (MMA - PNUD,1999).

A escolha adequada dos métodos de lavra, as medidas preventivas de minimização do impacto e a elaboração prévia do plano de reabilitação das áreas afetadas, assim como a avaliação do fator escala, tempo e método (os mais avançados) de recuperação fazem parte da estratégia atual do planejamento e da gestão ambiental atual da atividade de mineração. Contudo, tais medidas são mais eficazes quando se procura desenvolver a atividade de mineração no contexto geral do ordenamento físico-espacial e da gestão ambiental participativa (GUIDUGLI, 1985; BIRD et al.,1984). Através destes as atividades de mineração integram-se num plano de zoneamento funcional comum, tornando-se possível a sua integração e a parcial compatibilização com os demais tipos de uso e ocupação do solo e a preservação da qualidade ambiental nas áreas adjacentes.

Visto que a organização funcional da paisagem resulta de uma somatória de ações e decisões de natureza econômica, política, social, jurídica, (etc.), realizadas sobre um determinado território, é importante considerar a problemática ambiental gerada pela atividade de mineração no seu contexto global. Isto é, tendo em conta

todos os componentes do meio físico, os aspectos relativos à propriedade da terra e os jurídicos da autorização da exploração; a localização e a escala do empreendimento face o desenvolvimento das áreas urbanas e rurais, da implantação de infra-estruturas; a produtividade industrial e a criação de povoados induzidos pela atividade de mineração. Os efeitos da mineração e os diversos riscos ligados à estes discriminam-se na Tabela 1. Os mesmos têm tendências de expansão e possuem suas dinâmicas próprias, que devem ser consideradas a partida. Assim sendo, os estudos que consideram o enquadramento físico-ambiental e funcional da extração mineral fazem parte integrante do planejamento e da gestão ambiental.

A mineração inevitavelmente perturba o equilíbrio ambiental. As suas conseqüências ambientais são mais perceptíveis em função das etapas da vida útil de uma mina. Durante a exploração e desenvolvimento da mina o impacto ambiental é geralmente menor, mais concentrado territorialmente e pode ser remediado facilmente. Na etapa inicial de desbravamento da região, quanto ao seu estudo e prospecção, o impacto ambiental é mínimo. A subsequente perficia em pequenas áreas, durante as perfurações, e amostragem causam o efeito mais significativo, que pode ser minimizado pela reposição do material removido e revegetação das superfícies e das vias de acesso. Em algumas áreas remotas os helicópteros têm superado a necessidade de transporte do equipamento de escavação. Durante a etapa seguinte a companhia desenvolve preparações dos depósitos minerais para a produção e constrói as infra-estruturas e as dependências necessárias para a mineração. Nesta etapa o impacto ambiental é superior e as perdas ambientais são mais extensivas do que na fase de mineração propriamente dita.

Durante a mineração e beneficiamento (pré-processamento) a maioria dos impactos visíveis consistem nos distúrbios e danos causados à terras e as águas fluviais que se encontram nas áreas afetadas. A mineração e beneficiamento criam três tipos de poluição sólida: *estéril (overburden)* - o material de qualquer natureza consolidado ou não, os solos e as rochas que são removidas para dar acesso ao depósito mineral; *rejeito (waste rock)* - parte de um depósito mineral com baixo valor econômico separado do minério durante a mineração e armazenado na superfície para possível posterior tratamento; os *finos (tailings)* - finas partículas residuais produzidas durante o beneficiamento, em alguns casos podem ser reprocessados para a recuperação de valores adicionais. Na ausência dos corpos de água essa poluição sólida pode causar uma série de impactos ambientais estéticos, mas quando entram em

contato e interação quimicamente com as águas superficiais e subterrâneas transformam-se em fonte de drenagem ácida (*Acid-Mine Drainage*), que representa o mais grave problema ambiental da mineração e beneficiamento. A natureza e a extensão dos impactos ambientais, causados pela poluição sólida e drenagem ácida, variam consideravelmente de caso à caso e dependem de fatores diversos, entre os quais os principais são: *tipo de depósito mineral, técnicas de mineração e beneficiamento aplicadas, características climáticas da região, localização e a densidade da população, as práticas da gestão ambiental desenvolvidas pelas companhias e/ou órgãos governamentais* (Tabela 1). Somente a partir da avaliação desse conjunto de fatores é possível a previsão do impacto ambiental.

A etapa final da mineração representa o fechamento e a reabilitação da área abrangida. Normalmente as minas subterrâneas são seladas ou inundadas, enquanto as minas superficiais e os rejeitos são usualmente revegetadas depois de trabalhos de estabilização das encostas e da terraplanagem. Enquanto a drenagem ácida contínua, alguns tipos de controle e do seu monitoramento podem ser necessários. Um problema grave representam as minas abandonadas, que não tiveram uma reabilitação adequada. Neste caso a sociedade é obrigada arcar com os gastos para minimizar os impactos ambientais negativos.

Os maiores riscos e catástrofes ambientais na mina propriamente dita são provocados por diversos efeitos colaterais do processamento local. Esses efeitos podem ser removidos da área de mineração, ou podem ser considerados como uma das conseqüências da produção mineral. Contudo, com as atividades na área da mineração os avanços técnicos podem reduzir e minimizar os efeitos ambientais de risco.

As paisagens afetadas pela mineração à céu aberto na Região Carbonífera de Santa Catarina relacionam-se com a extração de carvão, propriamente dita, e a deposição de seus rejeitos; nas áreas de beneficiamento, bem como a mineração de argila, areia e diabásio (utilizados em alguns casos na recuperação das áreas de mineração de carvão). Constatam-se que as áreas mais críticas do ponto de vista ambiental correspondem a antigas áreas de deposição de rejeitos, desprovidas de cobertura vegetal e seriamente comprometidas por processos erosivos e que não foram alvo de qualquer tipo de recuperação (PROGESC, 1998; JICA, 1996). Estas áreas associam-se freqüentemente aos bairros metropolitanos devido às tendências da ocupação urbana durante últimas décadas (veja Capítulo 5). As áreas mineradas pela extração de argila com raras exceções apresentam serias restrições à urbanização.

Visto não terem sido submetidas ao processo de recuperação e apresentarem enormes crateras abandonadas com um processo de erosão avançado e acelerado. As áreas de extração de areia associam-se normalmente às áreas urbanas e suburbanas geralmente localizadas nas encostas dos morros, gerando crateras e a dizimação das paisagens naturais (PROGESC, 1998; SDM, 1996).

Tabela 1 - O Impacto Ambiental da Mineração do Carvão

Áreas de impacto	MINERAÇÃO À CÉU ABERTO		MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA
	Áreas secas	Áreas úmidas e ambientes fluviais	
Relevo e geomorfologia	devastação total da área abrangida; alteração da morfologia e morfometria da paisagem; surgimento de novas formas de relevo artificial e/ou tecnogênicas e associados à estas dinâmicas superficiais específicas; destruição de sítios culturais, etc.		vibração e movimento geral de massa e blocos devido as explosões; aparecimento de rachas de tensão na superfície; afundamentos; consumo de terras para construções, infra-estruturas e vias de acesso; alteração da paisagem por criação de <i>stocks</i> de minério e depósitos de rejeito; assentamentos humanos e urbanização induzidos; ocupação de áreas para a manutenção e assistência técnica dos equipamentos e os seus impactos
Ar	barulho; impacto de explosões; poeira proveniente da extração e tráfego; fumaça e emissões das crateras em autocombustão; vibrações; emissão de gases;		barulho; contaminação por emissões subterrâneas e superficiais; poeiras ultrafinas da mineração e uso exaustivo de energia; contaminação pelas comunicações subterrâneas (com saídas à superfície) por metano, radon, monóxido e dióxido de carbono, hidrogensulfido (H ₂ S), nitrogênio (NO _x), gases de exaustão, fumos e aerossóis oleosos dos equipamentos; calor
Águas superficiais	alteração dos níveis das substâncias nutritivas (possibilidades de eutrofia); poluição por águas residuais - <i>AMD (Acid Mine Drainage)</i>	denitrificação; desvio de talvegues de cursos de água; assoreamento generalizado; poluição com águas residuais e de drenagem; formação de depósitos de água poluída (lagoas e charcos); acumulação de metais pesados, acidez excessiva das águas <i>AMD (Acid Mine Drainage)</i> ; perda de ecossistemas fluviais e destruição de habitat nas margens dos rios	contaminação por drenagem subterrânea; acumulação de metais pesados e acidez excessiva das águas; assoreamento por drenagem de rejeitos e lagoas de decantação; <i>AMD (Acid Mine Drainage)</i> ; perda de ecossistemas fluviais e destruição de habitat nas margens dos rios

Áreas de impacto	MINERAÇÃO À CÉU ABERTO		MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA
	Áreas secas	Áreas úmidas e ambientes fluviais	
Águas subterrâneas	recessão por alteração do regime de drenagem e deterioração da sua qualidade	alteração do nível do lençol freático e degradação da qualidade das águas	destruição do lençol freático associado; implantação da drenagem subterrânea artificial; infiltração de águas de mineração (AMD); inundação de minas abandonadas e por consequência alteração do nível e da qualidade de águas subterrâneas e dos sistemas fluviais associados
Solos	perda total dos solos na área de mineração; redução da produtividade, alteração do regime de drenagem e inundações de sub-superfície; poluição por águas residuais ; erosão generalizada		perda parcial e queda da produtividade nas áreas periféricas; poluição, desintegração e dizimação nas áreas ocupadas para a produção e armazenamento de minério e rejeitos.
Vegetação	destruição total na área de mineração; destruição parcial nas áreas anexas; alterações regionais complexas da biodiversidade e distribuição geográfica das espécies, devido as mudanças microclimáticas, por diferenças no nível das águas subterrâneas e poluição do ar		
Fauna	expulsão		
Homem	conflito de posse e uso da terra; conflitos sociais durante o período de exploração e quanto a recuperação das áreas abandonadas; assentamentos e a urbanização induzidos; destruição das áreas de recreação; distúrbios por barulho e vibrações resultantes das explosões.		
Impactos estruturais	problemas com inundações; danos por vibrações e deslocamentos de blocos e estruturas geomorfológicos devido às explosões		compactação substratos abandonados induz aos movimentos estruturais complexos; danos possíveis na construção e infra-estruturas por desabamentos e inundações; aparecimento de frissuras de tenção na superfície
Impactos mistos	possíveis câmbios microclimáticos; alterações e perdas da biodiversidade; perda da qualidade ambiental e riscos diversos à saúde humana; queda da produtividade e degradação do desempenho das outras atividades produtivas; patogênese em águas paradas; formação de paisagem “lunar” com condições ambientais impróprias à sobrevivência do homem e organismos vivos; propagação da poluição por perda no transporte técnico-comercial e evaporação generalizada da superfície e dos corpos fluviais, que também transportam os resíduos físico-químicos da mineração até aos sistemas superiores e áreas de desagamento (conseqüente alteração dos ecossistemas marítimos); riscos de combustão espontânea do carvão (subterrânea) e conseqüentes riscos de vida e da saúde humana, deterioração da qualidade da água, dizimação da flora e fauna..		

Fontes utilizados na compilação da tabela: PRIESTER e HENTSCHEL(1998); STEIN (1998); BIRD et al.(1984); BARTOLUZZI (1990);

GÖTHE (1990); DUARTE e RODRIGUES(1990) VILLELA (1990).

Foram diferenciados os seguintes tipos de paisagens vinculados à atividade de mineração (PROGESC, 1998: 20):

- a. áreas com rejeitos não-recuperadas;
- b. áreas com rejeitos depositos em bancadas ou terraplenadas;
- c. áreas aterradas com rejeitos apresentando ou não ocupação antrópica;
- d. áreas com rejeitos revegetadas;
- e. áreas com rejeitos de coqueria;
- f. áreas com rejeitos explorados para rebeneficiamento;
- g. áreas mineradas em sub-superfície à baixa profundidade;
- h. áreas mineradas em sub-superfície em meia-encosta;
- i. áreas de extração de argila;
- j. áreas de extração de areia;
- k. pedreiras de diabásio.

Esta tipologia, diferenciando a gênese do principal processo que originou a formação da paisagem tecnogênica, não retrata a totalidade de formas morfológicas e funcionais das suas unidades funcionais (geossistêmicas), vinculadas à mineração, bem como o seu estágio evolutivo e a sua dinâmica.

Existem hoje inúmeras evidências físicas que indicam a capacidade de auto-recuperação do geossistema de grandes perturbações, considerando necessário na reposição do equilíbrio ambiental bastante tempo. Neste contexto, a problemática ambiental está também vinculada à problemática do espaço e a escassez dos recursos naturais. A dinâmica atual da expansão humana não permite esperar a recuperação espontânea do ambiente e a compreensão do seu todo jaze na solução dos problemas do ordenamento espacial, considerando que somente a eliminação das causas levam à absorção dos efeitos.

2.6 O CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E A SUA IMPORTÂNCIA NA GESTÃO AMBIENTAL

A pesquisa realizada não se refere diretamente aos estudos cadastrais na área, porem considera e menciona a criação de um Cadastro Técnico Multifinalitário como um instrumento indispensável para a gestão ambiental adequada. Por isso achamos necessária a colocação de alguns conceitos básicos relacionados com o tema.

Quanto as questões práticas de implementação e análise de desenvolvimento do Cadastro Técnico nas áreas de mineração de carvão e de Siderópolis, destacam-se os trabalhos da Kelm (1999) e do Bortot (2000), que até a presente data encontrava-se em elaboração.

2.6.1 O Cadastro Técnico Multifinalitário como um Sistema Integrado de Informações

Afirma Silva (1982: 17): “Não se sabe bem ao certo a origem da palavra – cadastro. Uns dizem ter vindo do grego katastizô (distinguir por pontos). Outros, acham que veio do baixo latim capistratum (de capitias), capacidade, ou então de caput (capitilia) - cabeça. Na Idade Média chamavam-se capitastra os registros públicos que reuniam as declarações dos prouvérios, da qual se transformou, por corrupção, em catastra, que se conservou nas línguas neolatinas quase que com a mesma forma (catastro em italiano; cadastre, em francês; e o cadastro em nosso idioma)”.

O termo em si varia significativamente de um idioma para outro, ou de um país para outro, quando é considerada a tradução direta da palavra: *cadastro técnico*, *cadastro imobiliário*, *cadastro de terras*, *cadastro multifinalitário*... O que não lhe tira, a pesar de algumas diferenciações, a sua essência que consiste em ser um *"registro público, que usualmente compreende a quantidade, o valor e os limites das parcelas de terra de um país ou uma área administrativa"* (AUSLIG, 2000)

O conteúdo e as finalidades dos sistemas cadastrais modificam-se durante o tempo histórico e diferenciam-se de um país para o outro. Porém, as necessidades

atuais de Gestão e do Planejamento em informação verídica e atualizada sobre um determinado espaço fazem com que, de uma forma comum, o Cadastro Técnico, defina-se como “*o registro oficial e sistemático do serviço público de um determinado território ou jurisdição de lotes e parcelas em forma: (a) gráfico (planta cadastral na escala grande) e (b) descritivo (número de parcela, proprietário, área, uso atual, etc.)*”, utilizado como base para outros registros oficiais e particulares, assim como para arrecadação de impostos imobiliários e territoriais (GEODESIA-online, 2000). A definição acima discriminada consta na declaração sobre o Cadastro da *Fédération Internationale des Géomètres* (FIG) e é internacionalmente reconhecida.

Atualmente, quando o domínio da informação representa um poder real sobre o território, nitidamente estão em vantagem os países com sistemas cadastrais históricos (como, por exemplo, Alemanha) ou que investiram fortemente e com certa regularidade na criação dos sistemas cadastrais multifinalitários ao nível nacional (Canadá, Austrália, Portugal, Rússia...).

O Cadastro Técnico Multifinalitário como um sistema de informação que integra dados diversificados, com fins de satisfazer as necessidades de vários setores socioeconômicos representa um sistema integrado de informação numa determinada escala espacial.

Um sistema cadastral integrado, segundo ROGAN (1996) – “*é um sistema de informações sobre a terra de grande escala, orientado socialmente*”. As funções do sistema integrado de informações como o planejamento do uso do solo, registros dos direitos, registros das operações imobiliárias e suas avaliações, o controle e a efetuação de impostos, e hipotecas, a resolução de litígios, o controle fiscal e a administração do desenvolvimento regional, o controle dos impactos ambientais – são funções interligadas. Para que o Cadastro Multifinalitário constitua uma base de apoio para o desenvolvimento regional principalmente para o mercado imobiliário e a cobertura fiscal, o seu sistema de gerenciamento de dados deve ser integrado e simples para exploração. A sua estrutura deve corresponder à estrutura administrativa numa parcela do território. A Figura 3 representa, segundo ROGAN (1996), a concepção generalizada do Cadastro Multifinalitário como um sistema integrado.

Resumindo sinteticamente esta ampla e complexa concepção do CTM Loch (1998) define-o como um sistema composto por três partes integrantes que são “*a Medição, a Legislação e a Economia*”

As experiências mundiais demonstraram que a existência do Cadastro Técnico diminui consideravelmente a quantidade de erros, facilita as operações com as terras e os imóveis, coordena os fluxos de informações e diminui os custos das escrituras e dos negócios. É óbvio que a exploração efetiva desse sistema exige a cooperação de diversas estruturas governamentais e privadas, já que cada uma disponha de informações necessárias para a solução das tarefas de terceiros. O Cadastro permite que os dados transitem sem duplicação e cruzamento de funções administrativas ou técnicas.

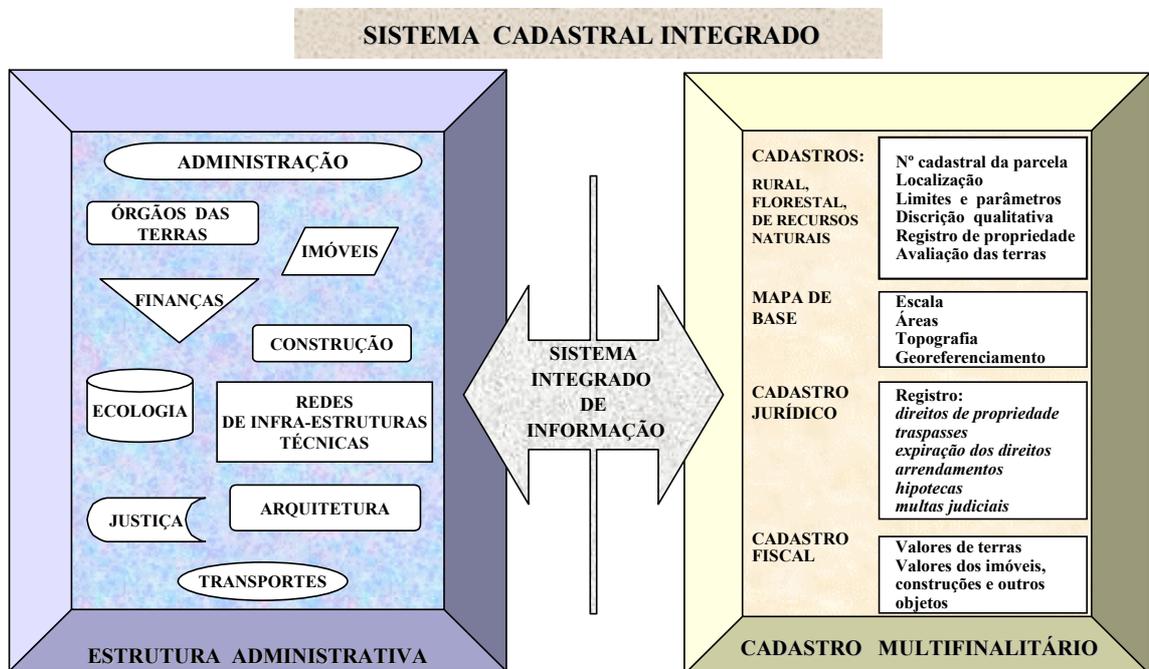


Figura 3 - Cadastro Técnico Multifinalitário como um Sistema Integrado de Informação

(Fonte: Rogan (1996))

O CTM cria a infraestrutura necessária para a implantação (MILLER e GURAVLEV, 1996) de:

- (a) sistemas simples e coordenados de registro imobiliário;
- (b) sistemas municipais (regionais) do planejamento de uso do solo;
- (c) projetos ou esquemas de ordenamento do espaço rural;
- (d) definições de prioridades para o comércio, indústria e investimentos privados;
- (e) sistemas integrais de gestão financeira e administrativa;

assim também, como outros sistemas de informação territorial, sobretudo os da gestão ambiental.

Considerando o acima exposto, podemos concluir que o Cadastro Técnico é uma base indispensável para o inventário complexo e integrado do espaço. O Cadastro permite avaliar conseqüentemente e na íntegra o contexto espacial existente e tomar decisões adequadas sobre as estratégias globais ou setoriais de superação dos problemas do desenvolvimento de diversa índole (social, econômico, legislativo, ambiental, etc.)(veja Figura 3).

O objetivo principal da implantação do Cadastro Técnico Multifinalitário é a satisfação das necessidades do desenvolvimento regional e urbano. Para tal a estrutura de informação à ingressar deve abarcar todos os componentes, que compõem o complexo espacial em referência e, conseqüentemente, processar de forma coerente um grande número de informações, para que as mesmas possam chegar aos seus usuários.

Partindo do pressuposto que a explicação do modelo atual da situação geográfica e socioeconômica, sobre o qual se apoiará o futuro desenvolvimento ou ocupação do solo, é fundamental para todo o processo de planejamento municipal e urbano, facilmente concluímos que o CTM deve integrar vários modelos descritivos e gráficos sobre todos os componentes do mundo real e legal. Os indicadores e as variáveis que sustentam e definem estes modelos podem agrupar-se em diversas categorias de dados (ambientais, urbanísticos, de qualidade de vida, socioeconômicos e técnico-administrativos, jurídicos, etc.), discriminam as seguintes condições do espaço: as físico-ambientais; as de uso e de ocupação do solo; as de equipamentos, infra-estruturais e de serviços; as características socioeconômicas, da qualidade e da quantidade de vida da população; o marco jurídico e técnico-administrativo (Figura 4). A estruturação deste tipo de sistemas cadastrais, vista a sua viabilidade, desenvolve-se

em forma de espiral, isto é acrescentando paulatinamente os itens informativos, ou em forma de complexos modulares, onde os módulos temáticos estruturam-se e funcional em forma autônoma sobre módulo básico do cadastro imobiliário. Isso pressupõe contar com as informações necessárias e suficientes para todos os níveis e áreas de planejamento e da gestão territorial.

Uma análise superficial do quadro apresentado na Figura 4 revela com bastante plenitude que os dados geoambientais constituem uma parte significativa das informações que devem completar o Sistema Cadastral Multifinalitário (em aproximadamente 30 - 40%), considerando que a maior parte destes referem-se aos atributos espaciais dos objetos e representam as relações tipológicas das unidades espaciais (as coordenadas geográficas, a posição e a localização, a altitude, etc.) (NISTAL, 1993).

Uma parte extensa dessa faixa de informação constitui o objeto do Cadastro Geoambiental – um dos componentes importantíssimos do CTM, que se refere às condições físico-geográficas e geoecológicas e que devido a diversidade de questões que cercam a sua criação e manutenção mereceu pouca atenção até agora, sentindo-se no entanto uma procura cada vez maior neste âmbito.

SISTEMA	SUB-SISTEMA (MODULO)	PRINCIPAIS INDICADORES
URBANO E RURAL	FÍSICO – AMBIENTAL	Topografia Geologia Clima Hidrologia Vegetação Tecido (malha) urbana Paisagem e paisagístico
	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	terra Parcelamento (Loteamento) Posse e propriedade da Edificação Uso do solo Intensidade de ocupação Litígios
	EQUIPAMENTOS	Serviços sociais Cultural Recreação Administração Abastecimento (Logística) Outros...
	INFRA-ESTRUTURA	Água e Saneamento básico Energia e gás Telecomunicações Circulação Transporte Serviços urbanos
SOCIOECONÔMICO E QUALIDADE DE VIDA	POPULAÇÃO	Dinâmica Composição Distribuição
	ECONÔMICO	Base econômica Valor da terra Produção Recursos Emprego
	SAÚDE	Recursos Distribuição Condições sanitárias
	EDUCAÇÃO	Grau de escolaridade ou alfabetização Acessibilidade ao ensino Cobertura escolar
	HABITAÇÃO	Condições habitacionais Qualidade habitacional
	AMBIENTAL	Contaminação Degradação
TÉCNICO-ADMINISTRATIVO	CÓDIGOS E NORMAS	
	REGULAMENTOS E LEGISLAÇÃO	
	ZONEAMENTO	

Figura 4 - A Organização Conceptual da Informação à Ingressar no CTM

(Fonte: adaptado com modificações de NISTAL (1993))

2.6.2 O Cadastro Técnico Multifinalitário e a sua Importância na Gestão ambiental

A necessidade de controle dos cenários ecológicos é uma realidade expressa na vontade de várias organizações mundiais, científicas e públicas. Porém, a vida real demonstrou que a vontade globalizada é insuficiente. As ações preventivas ou de reabilitação devem partir do nível administrativo inferior, criando pressupostos socioculturais de mudança do modo de exploração das terras. Estas mudanças devem fazer parte de um mecanismo complexo de planejamento territorial integrado, utilizando os métodos modernos de aquisição de informações. Neste contexto, o Cadastro Técnico Multifinalitário auxiliado por tecnologias modernas dos Sistemas de Informação Geográfica e dos materiais do sensoriamento remoto, proporcionam uma série de vantagens e constitui a base para o inventário à todos os níveis territoriais.

A Gestão Ambiental, segundo LANNA (1994), "é um processo de articulação das ações dos diferentes agentes sociais, que se integram num dado espaço com vista há garantir a adequação dos meios de exploração dos recursos ambientais - naturais, econômicos e socioculturais - às especificidades do meio ambiente com base em princípios e diretrizes previamente acordados ou definidos". Assim, a gestão ambiental integra os componentes complexos da política ambiental, do planejamento e do gerenciamento ambiental. Em cada um destes componentes o conhecimento profundo do espaço físico que enquadra os sistemas naturais e antropogênicos é fundamental e indispensável, pois não é possível administrar algo desconhecido. Neste âmbito o levantamento de informações necessárias consiste na realização de um inventário, cujas características técnicas e metodológicas variam de uma paisagem para outra, considerando a estrutura sistêmica dos seus componentes.

Metodologicamente a execução do CTM representa a aquisição de informações, as mais detalhadas possíveis sobre os sujeitos da propriedade rural e/ou urbana (atributos cadastrais). Os dados georeferenciados constituem uma das bases importantíssimas do Cadastro e seus atributos espaciais, assim como a escala das suas aplicações. Ao mesmo tempo o CTM, sendo um sistema de inventário e gerenciamento da informação espacial, constitui um sistema aberto. Isto é, cada faixa de informação de nível anterior pode ser integrado para o nível posterior (e vice versa) . A estrutura hierárquica da informação georeferenciada é semelhante a estrutura hierárquica espacial dos objetos territoriais cadastrados. É notória a importância das

possibilidades de integração das informações cadastrais a partir dos sistemas municipais (como menores parcelas administrativas) até ao nível nacional, passando naturalmente por todas as hierarquias administrativas-territoriais intermediárias.

Esta visão sistêmica do Cadastro Técnico representa uma vantagem não só metodológica quanto a sua execução, como também aumenta a viabilidade econômica e social dos projetos, já que o tempo de sua execução e os custos significativos freqüentemente condicionam o percurso dos trabalhos.

O Cadastro Técnico Multifinalitário pela sua natureza apresenta um mecanismo de monitoramento do espaço físico e da realidade socioeconômica de nível territorial mais profundo (à escala maior), com base na propriedade. Assim, proporciona uma possibilidade exemplar de manejo das questões ambientais (derivadas muitas das vezes de modo errôneo de exploração) na sua fonte e com os seus principais agentes - os proprietários (LOCH, 1993). Neste sentido o *Cadastro Geoambiental representa um subsistema de informações temáticas, que ingressam no CTM e representam uma base sólida de parâmetros e descrições da paisagem e da sua dinâmica espacial e temporal.*

O uso das técnicas do Cadastro Técnico Multifinalitário e do Sistema de Informações Geográficas atualmente estão cada vez mais associados e são instrumentos imprescindíveis para a elaboração de um diagnóstico rápido e atualizado das principais informações de uso e ocupação do solo de uma determinada região. Porém são a base para a tomada de decisão e para um eficaz planejamento. As informações cadastrais permitem delimitar espacialmente os principais tipos de uso do solo e caracterizar o seu impacto sobre a qualidade do ambiente. É imprescindível o emprego destas informações na prática da gestão pública, que deve definir a melhor política de desenvolvimento e planejamento para priorizar as ações otimizadas e racionalizadas dos recursos disponíveis (FIGUEIREDO et al., 1998).

Sem a disponibilidade do cadastro geoambiental como base para a tomada de qualquer decisão quanto a ocupação e o planejamento do espaço físico torna-se cada vez mais difícil chegar à uma política de desenvolvimento sustentável de um território, considerando a preservação ambiental e a exploração racional dos seus recursos naturais. *"O Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) se configura de forma precisa no formato desta ferramenta (gestão ambiental), no momento em que é capaz de oportunizar informações gráficas detalhadas e relevantes sobre o contexto geográfico, econômico, social e político das comunidades. Estas informações quando trabalhadas*

por técnicos qualificados multiplicam o potencial do decisor público, que pode inclusive passar a visualizar melhor a relação causal de sua gestão frente à potencialidade dos impactos ambientais, que seus produtos na condição de bens e serviços possam estar causando ao meio ambiente" (TEIXEIRA e TEIXEIRA, 1998).

Resumindo podemos considerar que o CTM é um mecanismo que pode levar à uma gestão ambiental viável, já que proporciona os elementos seguintes:

1. O CTM executa um inventário completo da informação territorial e proporciona a manutenção e o gerenciamento do banco de dados georeferenciados, viabilizando o ordenamento físico-espacial e o planejamento da gestão ambiental da região. Segundo Balata (1984), o Cadastro Técnico é uma ferramenta ideal para a administração de informações fundiárias e possuem entre outras metas a de fornecer informações para que os problemas ambientais sejam detectados e controlados, necessitando para isso de um conjunto de mapas temáticos segundo múltiplas finalidades.
2. O CTM é criado com objetivo de entrar no mecanismo do planejamento e da gestão regional como um dos seus elementos substanciais e de ter a participação real na organização da informação territorial. Sobretudo, porque *gerir* – significa, em primeira instância - *conhecer*. Neste sentido o CTM constitui um instrumento ágil e completo para a parametrização dos modelos explorados de planejamento quando respaldados no âmbito da estrutura e da funcionalidade, em metodologias e procedimentos no campo das ciências cartográficas, tornando-se a base para a análise ambiental (MELO,1985).
3. O CTM prevê a participação de um mecanismo jurídico de gestão territorial, que caso seja explorado coerentemente pode garantir a maior eficiência da fiscalização ambiental, da prevenção dos crimes e dos acidentes ambientais.

E por último o levantamento cadastral para os múltiplos fins permite a execução de ações participativas no âmbito da cultura educacional do uso do solo e das ações de prevenção da degradação dos espaços agrícolas e das áreas de preservação ambiental. Loch e Loch N.(1993) acreditam que a análise do uso da terra à nível de propriedade, além de identificar a situação real do espaço imobiliário permite que se avalie o comportamento de cada ocupante da terra, podendo instruí-lo quanto à preservação dos recursos naturais, se necessário adverti-lo e, se for o caso puni-lo, uma vez que o

proprietário é o responsável legal pela ocupação da terra e conseqüentemente pela preservação ou destruição dos recursos naturais.

2.7 O SENSORIAMENTO REMOTO E A FOTOGRAMETRIA APLICADOS AOS ESTUDOS AMBIENTAIS

2.7.1 Definição

O sensoriamento remoto é um conceito relativamente novo, conseqüentemente continua tendo muitas interpretações. Este fato é devido não somente à sua existência relativamente recente, mas também aos fatores seguintes:

as divergências na compreensão do tempo histórico do surgimento do método;
a interpretação do Sensoriamento Remoto como um método de investigação ou como um processo...;

a diferenciação, em alguns casos, das áreas de aplicação dos resultados.

As definições menos precisas como do Berliant (1997: 286), apresentam o Sensoriamento Remoto como : “(...) a aquisição de dados sobre a Terra (ou outros planetas), com auxílio de técnicas aérea, espacial e dos navios. O Sensoriamento Remoto executa-se com ajuda dos sistemas fotográficos, televisivos, sistemas - scanner e os acústicos, radiolocadores, magnetômetros, gravímetros e outra técnica que registra a radiação própria ou refletida dos objetos ou as características físicas dos campos planetários”.

Novo (1992: 2) define o Sensoriamento Remoto como sendo "a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, naves espaciais, etc., com objetivo de estudar o ambiente terrestre através de registro das interações entre a radiação electromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas diversas manifestações“.

Campbell (1996: 5), por sua vez, dá uma definição mais especificada segundo os propósitos do estudo pretendido e baseado na análise da evolução substancial do conceito, assim compreende: “*O Sensoriamento Remoto - é uma prática de aquisição*

da informação sobre a superfície terrestre e das águas, utilizando as imagens adquiridas a partir da perspectiva vertical, com emprego da radiação electromagnética numa ou em várias zonas do espectro electromagnético, refletido ou emitido pela superfície terrestre". O referido autor afirma que o Sensoriamento Remoto constitui um processo de investigação composto por quatro etapas principais: 1) identificação dos objetos físicos; 2) sensoriamento de dados; 3) transformação da informação adquirida; 4) aplicação prática da informação em diversas áreas científicas.

Entretanto, em todas as definições ocasionalmente analisadas prevalece o fato de o Sensoriamento Remoto consistir na aquisição de dados sobre os objetos sem o contato físico com eles através dos sensores que operam com os diversos tipos de energia ...

No presente trabalho em função da aplicação específica do sensoriamento remoto no processo do desenvolvimento do método da avaliação da intensidade de transformação antrópica das paisagens consideramos mais apropriada a definição discriminada por Campbell (1996).

2.7.2 A Fotogrametria, o Sensoriamento Remoto e as Representações Cartográficas para os Cadastros Temáticos

O Cadastro Técnico Multifinalitário é um complexo sistema de integração e de gestão de informações sobre o território, que contempla por consequência diversas faixas de informações temáticas restritas aos cadastros específicos (Cadastro Ambiental, Cadastro Socioeconômico, etc.) em diferentes escalas territoriais.

Todos os dados de um CTM são extraídos e posteriormente representados no mapa, sendo este um documento gráfico elaborado segundo as normas cartográficas. Os cadastros específicos requerem quando a sua execução diversos dados temáticos e em escalas diferentes, cuja aquisição hoje é bastante facilitada pelos métodos fotogramétricos e do sensoriamento remoto, que oferecem diversas vantagens para tal (LOCH,1993):

- A. o custo-benefício mais vantajoso comparado com os trabalhos do campo;
- B. o reduzido tempo de aquisição das imagens e consequente a atualização rápida do CTM;
- C. a produção de mapas com relação ótima de custo-benefício;

- D. a utilização complexa, isto é, fornecem a informação métrica e temática que serve para os vários tipos de mapeamento;
- E. a possibilidade de análise regressiva, através das séries históricas das imagens;
- F. a possibilidade de monitoramento das áreas devida à frequência minimamente regular dos imageamentos.

Os mapas concebidos no seio dos cadastros específicos constituem a classe de mapas temáticos, pois representam as variações espaciais de um fenômeno ou as relações entre os fenômenos. Os mapas temáticos são usualmente de escalas pequenas (e/ou médias) e a sua precisão deve corresponder às normas estabelecidas pela precisão cartográfica. O mapeamento temático porém é possível somente quando existe uma base cartográfica de grande escala atual e de boa qualidade (LO, 1987). Esta última tem exigências de alta precisão planimétrica e altimétrica estabelecidas pela legislação cartográfica. A utilização deste ou de outro método fotogramétrico ou de sensoriamento remoto em função das suas propriedades técnicas para os fins de mapeamento é limitado por este tipo de exigências.

Algumas considerações sobre a especificidade do uso da Fotogrametria e do Sensoriamento Remoto para fins cartográficos poderão ser feitas:

Fotogrametria. A alta qualidade da imagem e a geometria simples da projeção central da foto aérea permite o mapeamento topográfico em várias escalas com alta precisão e qualidade geométrica. A fotogrametria, deste modo, apresenta-se como um método ideal na execução dos mapas cadastrais (Cadastro Rural e com algumas restrições para o Cadastro Urbano vistos os problemas de altimetria e das sombras) e os mapas temáticos (onde as restrições radiométricas são cada vez mais insignificantes com o emprego da foto colorida e infravermelha) (LOCH, 1993; LO, 1987).

Sistema scanner e o imageamento infravermelho termal produzem imagens desprovidas de alta precisão geométrica, porém com diversas vantagens no que diz respeito às informações temáticas. Não são aceitáveis para o mapeamento topográfico, pois exigem dados auxiliares na correção da precisão métrica do imageamento infravermelho. Mas, o seu uso no mapeamento temático é justificado devido à alta resolução radiométrica e conseqüente abundância de informações qualitativas, assim como as escalas apropriadas do imageamento para o mapeamento regional (LOCH N., 2000).

Sistemas radar são sistemas ativos de imageamento com boas potencialidades para o mapeamento topográfico e como fonte de dados cartográficos. A sua capacidade de penetração através das nuvens apresenta as maiores vantagens nas áreas com nebulosidade constante. Contudo, o seu uso no mapeamento topográfico é limitado pela baixa resolução espacial e a geometria complicada da imagem que tem melhores soluções na restituição analítica (LO, 1987). As experiências mostram o grande potencial do radar como complemento da foto aérea no mapeamento em escalas pequenas nas regiões com nebulosidade intensa.

Imagedores multispectrais e pancromáticos orbitais apresentam várias vantagens na aquisição da informação temática devido a alta resolução radiométrica e a abrangência espacial das imagens (na ordem de 100x100 km). Contudo, os mapeamentos limitam-se às escalas de 1: 50 000 e menores em função da baixa resolução espacial (10 -30 m). Não é admissível o seu uso para o mapeamento topográfico. As imagens orbitais têm porém grande utilidade na atualização dos cadastros temáticos e o monitoramento ambiental, como também no controle das propriedades rurais (LOCH N, 2000; LOCH, 1993).

Os imageadores de última geração de alta resolução espacial (de 1 à 5 m), como os dos sistemas SPIN-2, Orbview 5-7 (EMBRAPA, 1999) e outros, apresentam maiores perspectivas quanto as fontes de dados cartográficos precisos (permitem o mapeamento topográfico até 1 : 25 000 no pancromático), contudo a sua acessibilidade comercial ainda é limitada (KHUEN, 1997).

Podemos concluir assim, que a Fotogrametria, o Sensoriamento Remoto e a Cartografia, apresentam três vínculos funcionais interligados e indispensáveis na execução do CTM. Os mesmos formam a base de dados gráficos do cadastro técnico e são as fontes de informação mais variada para configuração dos bancos de dados cadastrais.

2.7.3 A Importância do Sensoriamento Remoto na Gestão Ambiental

De acordo com as informações da EMBRAPA (1999) até 01/01/1997, já foram lançados em órbita no espaço por 32 países um total de 8 651 satélites, sendo que a

CEI (Comunidade dos Estados Independentes) lançou 3 883 satélites e os Estados Unidos da América - 4 077.

As imagens adquiridas através das técnicas do sensoriamento remoto representam os modelos da superfície terrestre, que refletem a situação geográfica real no momento da aquisição da imagem. As principais características destas imagens das que oferecem as maiores vantagens no seu uso para o mapeamento sistemático de uma região, são as seguintes:

1. A possibilidade de imageamento complexo da paisagem, incluindo os componentes naturais e antropogénicos;
2. A vasta região espectral e a possibilidade da variação das combinações espectrais para os estudos específicos;
3. As propriedades da abrangência panorâmica das imagens (de 10 mil km² até um hemisfério) e as possibilidades de composição de mosaicos;
4. A variação de escalas e a resolução espacial adequada aos trabalhos de monitoramento ambiental e atualização do Cadastro Técnico;
5. A periodização do imageamento – de dezenas de minutos até dezenas de anos – que permite a continuidade do processo e a revelação das regularidades da vida das paisagens;
6. A cobertura múltipla e contínua da superfície terrestre como a condição indispensável de monitoramento das áreas. Possibilita a cobertura das áreas inacessíveis pelas vias terrestres ou fluviais;
7. A complementaridade das imagens de sensores distintos diminui a vulnerabilidade da qualidade das imagens em função das condições atmosféricas;
8. A disponibilidade de tecnologias de interpretação, edição e impressão computadorizada da informação em diversas formas (numérica, gráfica, televisiva, fotográfica, digital, etc.), a compatibilização de diversos sensores com parâmetros digitais;
9. A relativa rapidez e facilidade da sua aquisição que inclui as vantagens de ordem económica comparado com os trabalhos de campo.

Estas vantagens evidenciam a importância do sensoriamento remoto como um dos principais métodos para o monitoramento ambiental e a atualização das imagens cartográficas temáticas. É importante sublinhar que todos os métodos do sensoriamento remoto como também os métodos de levantamento terrestre são

intercomplementares. A sua utilização conjunta proporciona a realização das investigações sincronizadas à todos os níveis territoriais: local, regional e global.

O fato de imagens obtidas pelo sensoriamento remoto serem utilizados nas investigações aplicadas em diversas áreas científicas e econômico-produtivas ampliam ainda mais os horizontes do seu aproveitamento para o monitoramento ambiental. Algumas das aplicações relevantes ao monitoramento ambiental abordam-se na Tabela 2.

A interpretação das imagens e a modelagem dos fenômenos, a análise cartométrica e a transformação estatística de dados, o emprego dos métodos matemáticos para a descrição dos fenômenos geográficos e a revelação das suas regularidades, a visualização dos resultados em forma numérica, gráfica, fotográfica e cartográfica constituem parte integrante da metodologia do sensoriamento remoto. Com isso, a área do monitoramento ambiental para o qual o sensoriamento remoto é a principal fonte de informação - é a área de aplicação mais plena das suas técnicas.

Tabela 2 - A importância do sensoriamento remoto em algumas áreas científicas relevantes ao monitoramento e para a gestão ambiental.

ÁREAS DE PESQUISA	AS INFORMAÇÕES OBTIDAS PELOS SENSORES ORBITAIS E AÉREOS
Geomorfologia	- A análise de morfoestruturas; análise e mapeamento do relevo; dinâmica anual do relevo; identificação dos processos naturais e antrópicos que afetam a evolução do relevo...
Hidrologia	- As características morfológicas e morfométricas do relevo; o regime hidrológico dos corpos de água; a modelagem do esgoto fluvial; o mapeamento da rede hidrográfica; poluição dos corpos de água...
Pedologia (solos)	- A diferenciação espacial dos solos e o seu mapeamento; a definição dos parâmetros físicos dos solos (húmus, mecânica, salinidade, umidade, temperatura, etc.); a avaliação da produtividade e da aptidão dos solos...
Biogeografia	- A estrutura espacial de biofáceis; evolução de fitofáceis, investigações médico - geográficas...
Controle ambiental (geografia das paisagens, meteorologia, glaciologia, etc.)	- A dinâmica sazonal das paisagens, as modificações antrópicas, os complexos tecnogênicos, controle das áreas de desertificação, do desflorestamento, da poluição atmosférica e dos corpos de água, da erosão dos solos, da gênese e da evolução histórica das paisagens... - A diferenciação das propriedades rurais e das terras lavradas; as áreas em degradação; o cálculo da produtividade das colheitas; a produtividade dos pastos; o controle funcional dos sistemas de melhoria; o mapeamento do desenvolvimento agrícola; o controle das queimadas, secas, inundações, etc.
Agricultura População e transporte	- A dinâmica e estrutura populacional; o desenvolvimento dos assentamentos humanos; a distribuição e a dinâmica da rede de transportes e comunicações.

As séries temporais de fotografias aéreas ou de imagens de satélite são o instrumento indispensável para a realização do monitoramento da paisagem ou da região como um todo, são uma ferramenta fundamental para a identificação das tendências da evolução dos fenômenos espaciais e como consequência para a realização de cenários e prognósticos do desenvolvimento (LOCH N., 2000; BITENCOURT e LOCH, 1998). Como com toda a razão observa Luman et al. (1997):

"As fotografias aéreas das décadas de 1920 e de 1930 são universalmente reconhecidas como memórias únicas de informação histórica. A aplicação das fotografias aéreas históricas inclui:

a identificação da vegetação em perigo e as mudanças na cobertura da superfície terrestre; a evolução das atividades de uso da terra; as inundações; as escavações históricas, a exploração dos solos e outras atividades; o uso passado das terras em parcelas (lotes) individuais (ou privadas) próximas às melhorias das estradas, para a evidência da localização histórica das infra-estruturas subterrâneas, da indústria ou das instalações comerciais."

Diversas fontes sublinham que as imagens de satélite não superam as fotografias convencionais no que diz respeito da escala e do número de informações possíveis de obter. Porém as imagens de satélite tem uma escala temporal provável significativamente reduzida, no que diz respeito à aquisição regular de imagens em boas condições meteorológicas, porém ganham em alguns casos em regularidade e frequência de imageamento de uma determinada região.

A análise das séries temporais de imagens de satélite é mais apropriada para o monitoramento de grandes áreas ou regiões devido a resolução espacial das mesmas, permitindo a identificação de fenômenos e de objetos extensos, das feições generalizadas e das suas alterações drásticas ou substanciais, podendo-se comparar a correlação da mesma banda em diferentes datas e da distribuição espacial dos principais componentes na imagem (LOCH N., 2000).

As imagens de satélite apresentam vantagens perante as fotografias aéreas no que diz respeito as informações mais específicas possíveis de adquirir sobre os ecossistemas naturais e por consequência a serem monitorados. As imagens satélite como confirmam as experiências diversas dificultam as medições, porém permitem o estudo da variação relativa das áreas convergentes entre ecossistemas aquáticos e terrestres e dão uma visão sinóptica do geossistema como um todo, contribuem para a preparação dos trabalhos de campo (LIMA e NOVO, 1998).

Podemos concluir que depois da interpretação e análise final das fotografias ou imagens digitais de cada época podem ser gerados mapas, que apresentarão com toda a veracidade a organização do espaço físico em cada uma das épocas, sendo possível verificar o tipo de uso do solo, a existência de propriedades e o caráter de loteamentos, a evolução da ocupação, a ocorrência de desmatamentos, o estado dos cursos de água, as estradas, as áreas agrícolas, enfim todos os tipos de fenômenos e objetos na sua evolução histórica (KELM, 1999; LOCH N.,2000).

Isto é extremamente importante quando se trata do planejamento da gestão ambiental da região, pois permite a realização do diagnóstico conforme do estágio da evolução dos sistemas ambientais, contribuindo para uma estratégia eficaz de exploração e melhoria dos recursos regionais.

2.8 A CARTOGRAFIA AMBIENTAL

2.8.1 Considerações gerais

A representação gráfica como uma linguagem científica convencional não fica alheia à problemática dos estudos ambientais. Neste contexto surge a *cartografia ambiental*, cujo campo ainda ambíguo no contexto metodológico e conjuntural carece de trabalhos metodológicos.

Os mapas ambientais são produzidos com objetivos de fundamentação, análise, elaboração e realização dos esquemas (planos) complexos de proteção e gestão ambiental otimizada a todos os níveis territoriais.

Conforme a classificação universal dos produtos cartográficos, os mapas ambientais e ecológicos constituem um sistema de mapas temáticos (os que representam algum tema, objeto, fenômeno ou conjunto de episódios espaciais-temporais) utilizados à nível prático ou de investigação científica (BERLIANT, 1998). Pela especialização prática os mapas ambientais diferenciam-se em *de inventários*, *de avaliações*, *de prognósticos*, *de recomendações*, enquanto pelo grau de generalização distinguem-se os *analíticos*, *os complexos* e *os sintéticos*.

Os mapas analíticos, que refletem os indicadores reais e comensurados pelas técnicas instrumentais, consideram-se como mapas de inventários. *O mapa ambiental analítico* é um mapa que representa a distribuição espacial dos indicadores não generalizados ou pouco generalizados (por exemplo, o mapa de temperaturas do ar ou mapa de pluviosidade) de um fenômeno natural qualquer ou somente algumas características separadas do objeto de estudo (por exemplo, mapa de declividades ou dissecação do relevo)(BERLIANT, 1998). As dificuldades metodológicas neste âmbito referem-se aos *mapas especiais* (os mapas destinados à resolução das tarefas específicas ou para um restrito círculo de consumidores), que elaboram-se com uso de técnicas de transformação da imagem e com aquisição de indicadores ambientais específicos.

Os *mapas ambientais complexos*, via regra, refletem um conjunto de fenômenos distintos e interligados (ou diversas características de um mesmo fenômeno), porem cada um dentro do seu sistema de indicadores (BERLIANT, 1998). Os mapas complexos executam-se na base de teoria de sistemas e diferenciam-se pela intercomplementaridade e concordância de informações, o que garante a possibilidade de estudos complexos do território. Assim, os mapas de avaliação complexa de recursos do território ou mapas de uso do solo fazem parte deste grupo dos produtos cartográficos

Os *mapas sintéticos* dão uma imagem integral do objeto ou fenômeno, resumida nos indicadores sintéticos únicos. Mais freqüentemente, os mapas sintéticos representam regionalização tipológica do território a base de um conjunto de índices (por exemplo, regionalização físico-geográfica, climática, condições ecológicas, condições de vida, etc.) (BERLIANT, 1998). Assim, os mapas sintéticos representam o imageamento cognitivo da situação atual e da evolução da área de estudo. O grau da sua veracidade depende nem tanto da precisão técnica da sua execução, tanto quanto da probabilidade e fundamentação científica da generalização dos dados do mapeamento analítico. Por regra os mapas sintéticos constituem o resultado da modelagem matemático-cartográfica da dinâmica da paisagem natural e antrópica. Entre os mapas sintéticos diferenciam os de avaliação, os de cenários e os de prognósticos.

Analisando algumas das definições acima feitas facilmente distinguimos que pela *especialização prática* os mapas diferenciam seguintes tipos: *de inventários*, representando a existência e localização dos objetos e fenômenos; *de avaliações*, que

caracterizamos objetos (por exemplo os recursos naturais) pelo seu potencial para as atividades econômicas; *de recomendações*, refletindo a distribuição das ações de mitigação, otimização ou melhoramentos das situações de risco ambiental; *de prognósticos*, contendo a previsão científica dos fenômenos não existentes ou desconhecidos em tempo presente (BERLIANT, 1998).

De uma maneira geral a avaliação da qualidade do ambiente com auxílio do método cartográfico fundamenta-se no uso de mapas de inventário da estrutura territorial socioeconômica e da estrutura morfológica das paisagens. Os mapeamentos específicos realizam-se nos casos de evidências dos processos, que condicionam ou comprometem o potencial ecológico das unidades morfológicas da paisagem. Visto que a execução destes produtos cartográficos na maioria dos casos esta vinculada às áreas específicas da atuação científica, sua orientação holística e a pertença ao campo da cartografia ambiental ainda representam um campo aberto de discussões metodológicas.

As questões da diversidade componencial e da escala temporal-espacial no mapeamento ambiental, a integração interdisciplinar e o embasamento metodológico constituem o leque principal de discussões nesta área de pesquisa e prática cartográfica (FELS e MATSON, 1996; GALLANT e HUTCHINSON, 1996; MARTINELLI, 1994; ROSA, 1994).

2.8.2 As Particularidades do Mapeamento Ambiental

O mapa ambiental pode ser visto como um modelo cartográfico, que representa um geossistema complexo. A sua imagem é caracterizada pela abundância de componentes inter-relacionados (BLASZCZYNSKI, 1997; GALLANT e HUTCHINSON, 1996)

Embora a cartografia ambiental tem sido considerada como um setor específico da cartografia temática é importante ressaltar que não existe um limite rigoroso entre ambas. As representações temáticas não substituem as topográficas e sim se acrescentam a elas (MARTINELLI, 1994). Ou por outro lado, os mapas topográficos constituem uma base indispensável para execução dos mapas temáticos. Daqui está a

importância fundamental da base cartográfica de boa qualidade ressaltada em inúmeros trabalhos.

Partindo duma classificação tradicional dos componentes da paisagem esta pode ser considerada como um conjunto de componentes: artificiais (meios de produção) e naturais (animais, plantas, solos, rochas geológicas, água, ar...). Para que estes elementos da paisagem possam ser representados num mapa é necessário ter em conta algumas das suas propriedades naturais (MIRSAEV et al.,1998):

- (a) a intercomplementaridade e intercondicionabilidade dos componentes naturais convoca a sua representação genética conjunta;
- (b) as propriedades dos componentes naturais que revelam a importância dos fatores da sua formação definem-se indiretamente a partir da leitura do mapa e dependem quanto a sua avaliação da informatibilidade e perceptibilidade da imagem cartográfica;
- (c) o conteúdo de indicadores ambientais varia conforme as particularidades geográficas da região;
- (d) os componentes fatores e os elementos naturais são geneticamente distintos; a sua sistemática baseia-se nas classificações genéticas e representam os componentes de estudo de diversas ciências (pedologia, climatologia, biologia, etc.) daqui a necessidade de estudos interdisciplinares quando a avaliação ambiental;
- (e) a estrutura espacial (territorial) morfológica das paisagens naturais (ou outros tipos de ambientes) é individual, única e heterogênea apesar de um certo grau de homogeneidade, que exige a sua diferenciação espacial em taxôns de nível distinto (localidades → comarcas → fáceis).

O processo de mapeamento ambiental consiste num determinado grau de generalização da sua estrutura. Por isso, e antes de tudo, é necessário ter uma idéia clara sobre o conjunto de suas características e propriedades, que devem ser selecionadas e analisadas. O conteúdo do ambiente deve representar-se de maneira que seja possível o seu mapeamento com técnicas cartográficas (FELS e MATSON, 1996; GALLANT e HUTCHINSON, 1996; MIRSAEV et al., 1988).

A definição da estrutura da paisagem, isto é, a delimitação espacial das suas unidades morfológicas apresenta uma das tarefas mais complexas. Neste âmbito, a fotografia aérea de grande escala e os trabalhos de campo representam as fontes primárias de informação (LO, 1986, MIRSAEV et al., 1988). O sistema de

mapeamento ambiental em todo caso representa um sistema hierárquico, complexo, aberto, e usa como categorias de imageamento: sistemas, sub-sistemas, classes, subclasses e tipos dominantes. Este tipo de hierarquia permite revelar as relações espaciais e as tendências de desenvolvimento dum sistema natural, no que diz respeito a utilização do método cartográfico de investigação.

2.8.3 Mapas-Base e a sua Importância

A necessidade da elaboração de mapas-base, os que refletem as condições regionais no momento inicial da investigação e constituem a base topográfica de construção de modelos cartográficos derivados, é imprescindível e sempre atual.

Atualmente o conceito de mapa-base é interpretado de diversas maneiras, prevalecendo porém na maioria dos países (tais como a Alemanha, a França, a Polónia, e outros) a compreensão dos mesmos como mapas e plantas nas escalas de 1: 500; 1: 1 000; 1: 2 000; e 1: 5 000. Isto é, são os modelos cartográficos do terreno que pela sua escala (vista este caso como um sinónimo da resolução espacial do modelo) e precisão permitem a produção de representações derivadas de alta qualidade. Os mapas-base são indispensáveis para a execução dos mapas temáticos, cuja qualidade depende nitidamente da precisão e atualidade da base topográfica disponível.

Na época digital a disponibilidade de mapas-base cada vez mais associa-se à existência de modelos numéricos de relevo disponíveis em formato digital, neste caso o conceito da escala gráfica do mapeamento é frequentemente confundido com o conceito da densidade informativa do arquivo digital. Ambos, porém, são de grande importância quanto a produção dos modelos cartográficos derivados (por exemplo, os mapas analíticos dos parâmetros do relevo) e devem ser avaliados separadamente, considerando a qualidade final do produto cartográfico.

Um outro aspecto relevante no âmbito do vínculo funcional entre os mapas-base e cartografia ambiental é a compatibilização da base cartográfica com modelos gerados a partir das imagens-satélite ou fotogramétricas. A ambigüidade no contexto da qualidade final do produto, que reside entre a preciosidade da informação espectral e da problemática do processamento geométrico da imagem, representa um campo aberto de pesquisas metodológicas, que sublinham a importância da existência dos mapas-base para a melhoria dos resultados finais (LOCH N. , 2000).

Os mapas-base constituem, assim, um ponto de partida para a construção posterior dos modelos cartográficos, que representarão os resultados do estudo ambiental regional. Além disso, os mapas-base têm uma enorme importância para os trabalhos não geográficos (como os de engenharia, dos transportes, etc.)(GALLANT e HUTCHINSON, 1996; LOCH, 1990).

2.8.4 O Problema da Escolha da Escala do Mapeamento

A evolução espontânea da produção de um grande número de mapas eletrônicos, os que estão disponíveis na tela de um computador, fez com que a condição *sine quanon* de escolha de escala (resolução espacial) dos produtos cartográficos gerados como resultados finais das pesquisas ambientais fosse esquecida por alguns autores. Isto conduz, em muitos casos, aos graves erros na produção dos modelos cartográficos gerados, tanto em tela quanto de modo convencional, e induz conseqüentemente à queda significativa da qualidade final do produto.

Tendo em conta que a possibilidade de ampliação máxima da escala gráfica do produto cartográfico convencional está condicionada à existência do levantamento cadastral e da presença do mapa-base, é óbvio que a escala maior define-se em função da escala do mapa cadastral e do tamanho do território.

As escalas dos mapas cadastrais, segundo Elstner et al., (1971), variam em função da densidade territorial das parcelas, seguinte:

De 1 e menos parcelas /km ²	-	1:20 000;
de 1 a 12 parcelas /km ²	-	1:10 000;
de 12 a 50 parcelas /km ²	-	1: 5 000; e
Zonas urbanas e propriedades pequenas	-	1: 1 000.

A dependência entre a escala do mapa e o tamanho do território apresenta-se na Tabela 3 (SALISCHEV (1989) apud RUDENKO (1984)).

Tabela 3 - As Escalas dos Mapas para os Projetos Regionais em Função do Tamanho do Território

OS MAPAS	TERRITÓRIO (MIL KM ²)				
	até 3	3 -20	20	20-200	>200
<i>Principais</i>	1: 25 000	1: 50 000	1:100 000	1:200 000	1:300 000
<i>Complementares</i>	1:100 000	1:200 000	1:300 000	1:500 000	1:500 000

A questão da escolha da escala para o mapeamento temático numa região deve ter em conta uma série de fatores importantes. Resumindo a opinião de vários autores, são seguintes:

- a) Os mapas de nível territorial (regional) devem ter a mesma escala e projeção cartográfica, para garantir a uniformidade do mapeamento, da seleção e imageamento dos principais objetos e fenômenos, o que facilita o trabalho posterior de análise e comparação;
- b) A necessidade de garantir uma determinada complementaridade (plenitude) da composição temática dos mapas, da pormenorização e das possibilidades de representar as principais características da região;
- c) A possibilidade de cumprir a precisão exigida da imagem;
- d) A correspondência com as escalas tradicionalmente adotadas para os mapas urbanos, municipais, regionais, etc.;
- e) A existência das publicações cartográficas ou dos materiais do sensoriamento remoto de determinada escala é importante para a execução dos respectivos trabalhos;
- f) A racionalidade da criação dos mapas principais e complementares, caracterizado detalhadamente determinadas áreas ou temas e objetos. As escalas destes mapas podem variar aumentando ou diminuindo em função dos objetivos da sua criação.
- g) A necessidade de uma ampliação significativa das escalas para determinadas áreas para o estudo dos processos e fenômenos ou para a implantação dos objetivos socioeconômicos;
- h) A possibilidade de elaboração de mapas complementares de escalas menores comensuráveis com as escalas dos mapas principais;

- i) A necessidade da utilização das escalas únicas para os níveis territoriais idênticos dum mesmo território.

A consideração de todos esses fatores é condicionada a parida, como já foi mencionado, à disponibilidade e à qualidade dos mapas-base.

2.8.5 A Temática, os Indicadores e as Particularidades Principais dos Mapas no Âmbito do Inventário e do Monitoramento Ambiental

O universo complexo do geossistema que enquadra o espaço regional determina a diversidade e a estruturação temática do mapeamento ambiental. O modelo complexo do geossistema que na sua essência reflete a estrutura de dados necessários no âmbito do monitoramento com fins de gestão e planeamento apresenta-se na Figura 5.

A análise de experiências na execução dos projetos cartográficos para os fins de monitoramento ambiental (como também para o planeamento) demonstrou que nos diversos níveis do processo utilizam-se mapas temáticos variados. Na sua totalidade estes se dividem em dois grupos (RUDENKO, 1984).

O *primeiro grupo* inclui os mapas existentes de tipo – inventário. Estes são recolhidos e sistematizados na etapa preparatória da implantação do cadastro ou do sistema de monitoramento ambiental. O exemplo comum destes são os mapas geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, de recursos minerais, da vegetação, da divisão política ou administrativa do território, da densidade populacional, da distribuição industrial, etc.

O *segundo grupo* de mapas representam as perspectivas do desenvolvimento do território e as variantes operacionais do monitoramento ambiental.

É notório que os mapas dos grupos mencionados têm predestinação diferente. Os do primeiro grupo permitem um reconhecimento antecipado da região, – as particularidades da posição geográfica, as condições e os recursos naturais, a sua estrutura territorial, a sua especialização, etc..

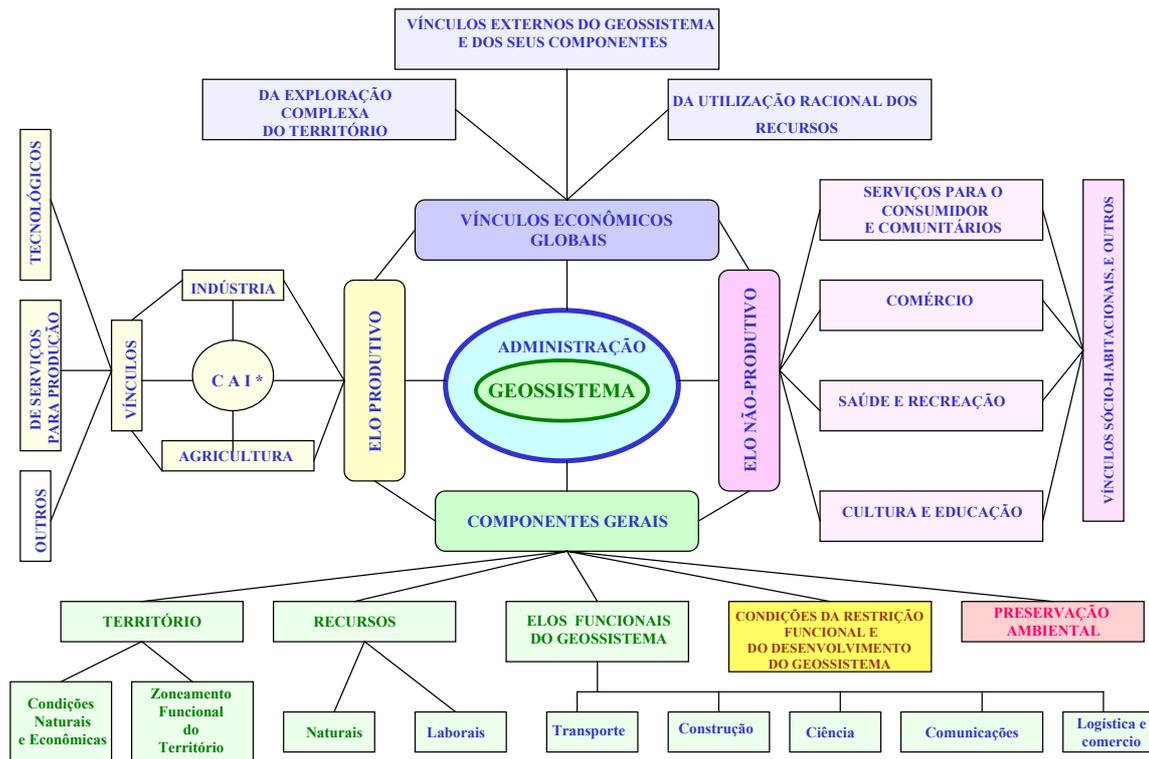


Figura 5 - O Modelo Complexo do Geossistema

* Complexo Agro-Industrial
(Adaptado de Rudenko (1984))

Os mapas do segundo grupo dão a possibilidade de prever o modelo espacial duma futura região. Ao mesmo tempo estes podem ser empregues para a elaboração dos planos de desenvolvimento pelo método de variantes.

O inventário do espaço regional e o planeamento do sistema de monitoramento ambiental necessitam de uma série de mapas, que consideram os princípios da cartografia sistemática e podem caracterizar todos os aspectos do desenvolvimento complexo do território. Esta série de mapas deve incluir:

Os mapas que caracterizam os componentes naturais do objeto territorial (regional ou local): a estrutura geológica, os recursos minerais e de matérias-primas naturais, os recursos hídricos, os recursos de terras, os recursos florestais e climáticos, as paisagens (o ordenamento físico-espacial); a distribuição da população, o povoamento atual e em perspectiva, os recursos laborais, os transportes, a construção,

as áreas ou as unidades de preservação, os processos naturais desfavoráveis, a devastação antropogênica do ambiente e as intervenções de correção;

Os mapas que caracterizam o complexo econômico do objeto territorial podem ser: os dos tipos funcionais e produtivos dos assentamentos, a estrutura territorial – setorial do complexo - industrial, os objetos industriais e os agro–industriais, a produção agrícola e os balanços (input–output) dos principais tipos de produção; e

Os mapas que caracterizam o complexo social do objeto territorial: as formas dos assentamentos, o fundo habitacional e as suas características, as instituições de saúde, a educação e cultura, as organizações e empresas de serviços públicos, as atividades de recreação e o turismo, a regionalização médico–geográfica do território.

Devemos sublinhar que cada região em função da especificidade, da sua estrutura e das suas condições exige uma metodologia diferenciada na concepção deste ou de outro grupo de mapas, que se refletem no conteúdo do mesmo e na escolha dos indicadores. A temática dos mapas compõe-se em função das possibilidades da aquisição de dados para a sua execução. Esta questão é muito importante e bastante abrangente, pois não se aborda no nosso trabalho devido as suas limitações. Pelas mesmas razões está ausente a análise das possibilidades do aproveitamento dos mapas da temática próxima a esta.

Diversas fontes bibliográficas da área cartográfica referem-se à metodologia de elaboração e execução dos mapas temáticos.

O mapeamento e a aquisição de indicadores efetuam-se nas posições da compreensão do objeto como um todo. A maior parte dos indicadores deve ser comparada com as médias regionais (ou de um objeto territorial maior), que permite revelar as diferenciações espaciais no desenvolvimento econômico e ambiental da região.

Descrevemos brevemente a especificidade dos mapas destinados ao controle da degradação ambiental. Em função da objetividade dos estudos ambientais executam-se mapas em dois grupos (RUDENKO, 1984):

- 1) refletindo a degradação dos componentes naturais provocada pela atividade humana;
- 2) os resultados positivos da intervenção humana para a melhoria e reprodução dos recursos.

Ambos os grupos estão compostos por quatro mapas principais.

Os mapas do primeiro grupo apresentam as características, seguintes:

1.1. – "a poluição das águas":

a alteração sanitária dos corpos de água; os acumuladores e os filtros de esgotos e dos resíduos da produção; as fontes artesianas; as empresas – fontes de poluição; os locais de descarga de águas residuais, as áreas contaminadas com substâncias perigosas, a degradação dos indicadores organolépticos dos corpos de água, a acumulação de lodo;

1.2. – "a poluição da atmosfera":

o volume e o conteúdo das fontes de poluição estacionários e móveis; os índices de poluição admissível e a poluição das áreas industriais, os focos da poluição sonora ...; e

1.3. – "a degradação e poluição dos solos":

as áreas e a composição dos solos ocupados para os fins não agrícolas, as cavas de exploração mineira, as terras ocupadas pelos resíduos industriais, as áreas de erosão, os territórios com perigo de inundação superficial e subterrânea e as terras alagadiças;

1.4. – "as modificações da flora e da fauna":

as áreas de relictos e endêmicos, as aves e animais raros e protegidos ...

A temática proposta pode ser modificada ou complementada com mapas especiais de temas relevantes com relação a um território particular. Por exemplo: "Desértico" ou com "Formação de ravinas", "Salinização secundária dos solos", etc., estes mapas especiais além das razões e fatores dos processos em questão devem representar as escalas do desenvolvimento do mesmo, definir os volumes e a seqüência das operações técnicas de prevenção.

Os mapas do segundo grupo abdicam as atividades positivas destinadas à prevenção e a melhoria da situação ecológica:

2.1. – "proteção dos recursos hídricos"

2.2. – "prevenção da poluição atmosférica"

2.3. – "proteção e planejamento do uso do solo"(incluindo o gerenciamento do lixo)

2.4. – "proteção da flora e da fauna".

O conteúdo destes dois grupos de mapas abrange todas as questões necessárias para o controle da degradação ambiental.

2.8.6 As Exigências Gerais para com os Mapas Ambientais

A especificidade do mapeamento temático e as particularidades da utilização dos mapas para os fins do monitoramento ambiental, como também o seu emprego posterior no planejamento territorial, impõem determinadas exigências aos mapas.

A utilização dos mapas com sucesso neste âmbito passam pelo reconhecimento do processo do mapeamento como um dos principais métodos da gestão territorial. Apesar de algumas particularidades de cada um dos grupos temáticos de mapas podemos considerar algumas exigências gerais para com os mesmos (RUDENKO, 1984):

- (1) Os mapas elaborados devem representar um sistema único onde todos os elementos e vínculos do objeto territorial (região) são refletidos tendo em conta toda a diversidade das condições externas e internas, favorecendo ou limitando o seu desenvolvimento;
- (2) A informação refletida no sistema de mapas deve conter os dados que correspondem aos períodos de tempo das etapas principais do monitoramento, da execução do cadastro ou do planejamento. O que é particularmente importante para os mapas da temática socioeconômica.
- (3) Os parâmetros das escalas adotadas, a forma da representação dos principais indicadores e dos fenômenos, nos diversos níveis, deve garantir uma boa perceptibilidade e acessibilidade, como também a possibilidade de aquisição de mapas dentro de um subsistema (de nível territorial) e entre eles, isto é, dentro de todo o sistema.
- (4) Os mapas devem representar para além da informação primária uma nova informação, que pode ser adquirida somente a partir dos mapas.
- (5) Pela tipologia da informação os mapas dividem-se em três grupos:
 - a) os de inventário e da avaliação objetiva das condições e dos recursos;
 - b) os mapas analíticos e das avaliações setoriais;
 - c) os mapas complexos de indicadores sintéticos.

Os mapas do primeiro e em parte do segundo grupos devem refletir os fenômenos e os objetos;

- (6) Tendo em conta as suas modificações no tempo, com objetivo de revelar as tendências globais do seu desenvolvimento.
- (7) Os mapas devem ser de fácil manuseamento, que se consegue com a elaboração das bases cartográficas idênticas, das imagens cartográficas⁵ convencionais únicas e a resolução gráfica comum, etc..
- (8) A precisão e o detalhe dos objetos cartográficos devem corresponder à realidade geográfica da região.
- (9) Os mapas devem ser executados num período curto de tempo. O tempo entre a recolha de dados e a edição dos mapas deve ser o mínimo, principalmente para o segundo e terceiro grupo de mapas. Resulta assim, a necessidade de uma tecnologia de composição dos mapas que permita uma edição operativa em pequenas tiragens.

O monitoramento ambiental deve representar um processo contínuo de investigação, que reflete o desenvolvimento da região. Como para qualquer objeto que se desenvolve historicamente ou para o estudo de uma região, são importantes duas questões principais:- o que esta região representa no momento inicial do estudo; e, o que ela poderá representar no fim de um determinado período de tempo, tendo em conta as principais tendências das modificações que poderão ocorrer neste período.

O processo de atualização dos mapas e monitoramento global da área levantam duas questões pertinentes, devido ao caráter de exigências impostas ao processo (rapidez e precisão) e em função da grande quantidade de informação georeferenciada que deve ser gerada, que são o emprego das técnicas do sensoriamento remoto e as aplicações do SIG para o Cadastro.

ç⁵ **Imagem cartográfica** (*cartographic pattern, cartographic image*) - composição espacial dos sinais cartográficos percebida pelo leitor do mapa ou pelo processador digital. Na construção da **I.C.** participam todas variáveis gráficas, considerando a sua interdistribuição, intersecção, ordem exposição espacial, assim como outras particularidades, que formam o desenho de objetos num mapa (BERLIANT, 1997).

2.9 OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E OS ESTUDOS AMBIENTAIS. OS SIG'S COMO UM INSTRUMENTO DE GESTÃO CADASTRAL.

A análise e a gestão ambiental requerem inventários e o monitoramento de amplas áreas das paisagens naturais nas escalas apropriadas. Cada vez mais a modelagem está sendo utilizada como ferramenta de pesquisa e para a avaliação dos processos espaciais-temporais, tais como a evolução do uso da terra, perturbações naturais, esgotamento de recursos e a dinâmica das espécies. As características funcionais complexas das informações ambientais e dos atributos cadastrais demonstram que a manutenção e o monitoramento do CTM – é um processo complexo e difícil, necessitando de poderosas ferramentas de automação não só para o processamento de dados, como também de metodologias eficientes e de recursos humanos qualificados para a recolha e a análise dos dados. Além disso é também um processo de altos encargos financeiros, que constitui um dos obstáculos para a Gestão Municipal (local).

A análise de algumas experiências da criação do CTM demonstra que uma das ferramentas que permite em parte minimizar os problemas organizacionais e tecnológicos, – são os Sistemas de Informação Geográfica.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) começaram a ser criadas a mais de trinta anos atrás. O primeiro SIG funcional surgiu no início dos anos 60 no Canadá (CGIS).

Apesar de relativamente curto o tempo do seu desenvolvimento os SIG's entraram em vários tipos de atividades científicas e práticas como ferramentas indispensáveis a sua operacionalização. No nosso ver a diversidade destas aplicações e o seu surgimento recente condicionaram a enorme variedade de definições dos mesmos como mostra o quadro a seguir.

Apesar da diversidade de opiniões a respeito podemos definir os principais componentes do SIG, que são: os dados, as metodologias da sua transformação, os recursos humanos, o Hardware e o Software. Sendo assim, os SIG's constituem uma fascinante tecnologia de processamento e análise de dados georeferenciados, que proporciona a visualização dos resultados da transformação aptos para as necessidades dos seus usuários (VLASOV e GORBACHEV, 1999). Os SIG's executam diversas funções de análise, representados na Figura 6.



Figura 6 - SIG – Funções de Análise

(Fonte: TEIXEIRA e CRISTOFOLETTI (1997))

Tabela 4 - As definições mais frequentes dos Sistemas de Informação Geográfica

AUTOR:	DEFINIÇÃO:	FONTE:
Alber R.	SIG isto é "o complexo de meios de programação e aparelhos e da atividade humana para armazenamento, manipulação e relação dos dados geográficos (atributos espaciais)".	The National Science Foundation National Center for Geographic Information and Analysis.- In: <i>J. of Geographical Information Systems</i> , 1987, v. 1, N° 4, p. 302-306.
Berry J.	SIG isto é "o sistema informativo-espacial automatizado e internamente orientada, criado para gestão de dados, seu processamento cartográfico e análise".	Fundamental operations in computer-assisted map analysis. In: <i>International Journal of Geographical Information Systems</i> , 1987, v. 1, p. 119-136.
Clarce K. C.	SIG isto é "um caso particular de sistema informativo, onde a base de dados consiste de observações de fenômenos espaciais, de processos ou de acontecimentos, que podem ser definidos como pontos, linhas e áreas (contornos)".	Geographic information systems: definitions and prospects. In: <i>Bull. Geographical and Map Div. Spec. Libr. Assoc.</i> , 1985, N° 142, p.12-17.
Degani A.	SIG isto é "um conjunto de dados dinamicamente organizados (base dinâmica de dados ou banco de dados), interligados através de um número de modelos realizados em sistemas computacionais para à transformação numérica, gráfica e cartográfica destes dados em informação espacial conforme a estrutura das concepções e tecnologias científicas e com objetivo de satisfação das necessidades específicas dos consumidores".	Methodological observation on the state of geocartographic analysis in the context of automated spatial information systems. -In: <i>Map Data Process. Proc. NATO Adv. Study Inst. Maratea</i> , June 18-29, 1979, Acad. Press. 1980, p. 207-220.
Konecny M.	SIG isto é "o sistema composto de pessoas, meios técnicos e organizativos, que realizam a recolha, transformação e introdução de dados com objetivo do processamento da informação conforme o seu futuro uso para as investigações geográficas e outras aplicações práticas".	Geograficke informacni systemy. In: <i>Folia prirodo-ved. Fak. UJEP v Brne</i> , 1985, v. 26, N° 13, 196 p.13.
Koshkarov A.	SIG isto é "o complexo de aparelhos, programas, homens e maquinas que garante: a recolha, transformação, reflexão e distribuição de dados espaciais coordenados; a integração de dados e conhecimentos sobre o território para a sua utilização efetiva, quanto a solução de problemas geográficos práticos e científicos, ligados à análise do inventário, à modelagem, ao prognóstico e a gestão do meio ambiente e da organização territorial da sociedade".	Cartografia e prirodove-denie: pyti vzaimo-deistvia. <i>Izv. SSSR, ser. geogr.</i> , 1990, N 1, p. 32.
MacDonald C. L, Clain I. K.	SIG isto é "o sistema programado para recolha, armazenamento, manipulação, procura e reflexão de dados geograficamente definidos".	Applied computer graphics in a geographic information system: problems and successes. In: <i>Computer graphics and application</i> , 1985, v. 5, N° 10, p. 34-39.
Teixeira A. L. A.; Christofóletti A.	SIG isto é "um sistema baseado em computador, que permite ao usuário coletar, manusear e analisar dados georeferenciados. Um SIG pode ser visto como a combinação de hardware, software, dados, metodologias e recursos humanos, que operam de forma harmônica para produzir e analisar a informação geográfica".	<i>Sistemas de Informação Geográfica</i> . Dicionário ilustrado. São Paulo: Ed. Hucitec. 1997, p.119.

Atualmente a tecnologia do SIG está sendo amplamente utilizada em múltiplos campos das ciências ambientais: climatologia, hidrologia, geologia, geomorfologia, ecologia, etc. As suas vantagens com relação ao uso aplicado nestas áreas científicas dizem respeito não somente à realização das tarefas de inventário, planejamento e

gestão, senão também às proficuidades que oferece em função da capacidade de integração para com os modelos específicos inerentes a cada uma delas. O grau da modelagem varia desde o simples emprego dos SIG's como modelos conceptuais da realidade espacial até a adoção de modelos de análise (superposição de coberturas, análises de redes e áreas de influência) e do processamento de imagens (VENTURA et al., 1998; SIBER, 1998; BARTSCH et al., 1997; BLASZCZYNSKI, 1997; FELS e MATSON, 1996).

Entre as áreas de aplicações mais usuais neste âmbito figuram os estudos de proteção ambiental, a caracterização e a evolução dos riscos naturais (inundações, desmatamentos, degradação de solos...) e antrópicos (resíduos industriais e contaminações, incêndios provocados...), a elaboração de modelos hidrológicos integrados e as análises morfológicas das paisagens de distinto nível territorial (por parâmetros em modelos 3D) (HICKEY e JANKOWSKI, 1997; FRANCLIN e STEPHENSOM, 1996).

A integração e inter-compatibilização de modelos ambientais de componentes naturais distintos (sobretudo dos da dinâmica atmosférica) representam ainda sérias dificuldades, principalmente no que se refere a inter-relação entre os elementos, que não apresentam dependência fatorial nítida. O espaço múltiplo e a escala temporal representam os principais conceitos de modelos ambientais de sistemas integrados, cujo rápidos avanços tecnológicos permitirão no futuro mais próximo analisar e monitorar os processos ambientais mais complexos à todas as escalas espaciais (BARTSCH et al., 1997).

Dentro de distintas áreas de aplicação dos SIG's, podem distinguir-se basicamente aquelas que se referem aos sistemas municipais, à gestão territorial ou regional e aos espaços continentais. À nível local normalmente realizam-se estudos da contaminação, das estruturas morfológica e funcional de geossistemas e ecossistemas, da problemática do uso do solo e da prevenção dos riscos naturais e antrópicos (neste caso os SIG's freqüentemente associam-se ao Sistemas de Apoio à Decisão (*Decision Support System*)).



Figura 7 - O Monitoramento como o Grupo de Análise em SIG

(Adaptado de TEIXEIRA e CRISTOFOLETTI (1997))

À nível regional figuram os estudos de impacto ambiental, da qualidade dos componentes naturais, dos projetos de infra-estruturas, dos parques naturais, da gestão dos mananciais, etc. À escala global ou continental iniciados a partir dos anos 80, dos programas de controle ambiental subsidiados por distintas organizações internacionais tem sido necessária a automação do processamento de dados e das imagens do sensoriamento remoto, dando origem à dos chamados geossistemas técnicos de informação ambiental. À este nível destacam-se os SIG's: *Canadian Wildlife Service*; *UNEP- United Nation Environmental Program*; *CORINE - Coordinated Information in the European Environment*.

No planejamento ambiental o uso do SIG abrange o processamento de dados, a cartografia e o mapeamento de dados de entrada e a modelagem dos resultados. Na prática as estruturas dos SIG's guardam maior relação com os mapas do que com os elementos finitos de modelos ambientais, pois na concepção destes últimos é aconselhável o uso de linguagens compatíveis com os dos SIG's (BLASZCZYNSKI, 1997; FELS e MATSON, 1996; FRANCLIN e STEPHENSOM, 1996; GALLANT e HUTCHINSON, 1996).

Os SIG's oferecem numerosas vantagens perante a cartografia convencional, que de forma automática permitem manejar dados espaciais internamente referenciados,

produzir mapas temáticos e processar informações do tipo digital, porém exigem o alto grau de competência profissional na área fundamentada nos conhecimentos profundos da cartografia convencional.

As principais particularidades dos SIG's como Sistemas de Informação são os que apresentam vantagens funcionais para o manuseamento do Cadastro Técnico Multifinalitário e em seqüência para o planejamento territorial, conforme (VINOCUROV et al., 1999; SIEBER, 1998; GOODCHILD, 1997; KOSHKAROV, 1995):

Uma escala extremamente ampla da recolha das informações onde cada nível territorial define os parâmetros funcionais do SIG.

A criação do SIG – é um processo interativo e longo que inclui o seu planejamento, projeto, realização e exploração. A implantação de um SIG por etapas permite que as finalidades e as metodologias de execução sejam modificadas, quer dizer proporciona a flexibilidade do sistema.

1. Os SIG's são programados para a adaptação rápida às necessidades dos usuários e para com às especificidades das fontes de dados. Isto é, são flexíveis com relação aos esquemas tecnológicos no processamento de dados.
2. Os SIG's têm como um dos princípios organizativos a compilação por blocos (modulos), o que pressupõe que determinados componentes do sistema podem ser criados de um modo autônomo e funcionar algum tempo com auto-suficiência, porém devem possuir a capacidade de integração simples nas estruturas mais complexas.
3. O SIG atende a necessidade da reflexão das características dinâmicas dos objetos, isto é, a reprodução em retrospectiva da sua evolução o que multiplica a laboriosidade da recolha de dados e de seu armazenamento. Assim, os SIG's estão capacitadas não somente de armazenar e atualizar os dados, como também realizar um monitoramento contínuo das informações georeferenciadas (Figura 7, p. 58).
4. O SIG permite a criação de bancos de dados e atributos de distinta orientação temática, bem como a manipulação temática, matemática e estatística de dados, contudo a conversibilidade de um sistema para outro apresenta ainda um obstáculo na manipulação mas ampla dos sistemas.

5. Como diversas aplicações computacionais permite o uso e a integração de imagens, de dados numéricos e de atributos, fontes da Internet, etc., e permite aumentar cada vez mais os horizontes da pesquisa.

A estrutura e as particularidades dos SIG's regionais são condicionadas pelo esquema de organização da informação geográfica visando a necessidade da resolução de um determinado tipo de problema econômico. Isto proporciona a possibilidade de gerar soluções viáveis para um vasto numero de problemas práticos...

Em função destas particularidades os SIG's – são o vínculo operacional através do qual o Cadastro e a informação georreferenciada podem entrar no mecanismo do planejamento e da gestão regional como um dos seus elementos substanciais (e não por contatos esporádicos), e possuir a participação real na organização da informação territorial.

Apesar de ser uma ferramenta poderosa e promissora o seu uso e aplicação prática na gestão ambiental dificilmente chegam ao aproveitamento global superior à 50-60 %, sendo a maioria das linguagens e os sistemas acessível somente para um circulo restrito de especialistas em informática ou nas áreas de suas aplicações. A integração da Internet neste contexto é vista como uma tendência positiva no treinamento, qualificação dos profissionais e na viabilização da gestão ambiental participativa (SIEBER, 1998; GOODCHILD, 1997; VENTURA et al., 1996).

3 METODOLOGIA

Este capítulo do trabalho dedica-se à descrição da metodologia da pesquisa, compreendida aqui como um sistema de métodos, procedimentos e técnicas utilizados para obtenção dos resultados científicos e práticos. O método da ciência - é a via de investigação e ao mesmo tempo a sua teoria. Os métodos como vias do estudo científico significam os conjuntos das técnicas e dos processos utilizados na ciência para a obtenção dum novo saber e para a sua generalização na teoria. As pesquisas relacionadas com estudos cadastrais têm a tendência de integrar os métodos de distintas áreas científicas. A escolha dos métodos determina-se pela especificidade do objeto de estudo, o enfoque da investigação e pela resolução espacial da pesquisa (escala). Enquanto a seqüência da sua aplicação depende da diferenciação das principais etapas da investigação, assim como se aborda a seguir.

3.1 ESTRUTURA DE PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os princípios metodológicos e os métodos da pesquisa baseiam-se nos fundamentos da análise sistêmica de fatores e componentes ambientais e da síntese de informação com principal ênfase para o método cartográfico. Para a execução da pesquisa várias etapas foram percorridas, conforme o fluxograma da Figura 8. Como mostra o fluxograma à este associam-se os métodos de avaliação quantitativa e qualitativa das paisagens e as técnicas de interpretação das imagens de sensoriamento remoto.

A segunda etapa da pesquisa posterior à pesquisa bibliográfica e das fontes primárias de informação contou com o emprego de material e técnicas descritas a seguir. A essência do método da avaliação da intensidade de transformação antrópica da constitui o eixo principal do trabalho apoiado no método cartográfico de investigação e nas técnicas de geoprocessamento. A aplicação do método parte da distinção e classificação das unidades geossistêmicas da paisagem, o que constitui a base da análise geoambiental (RODRIGUES et al., 1995; SHISHENKO, 1988).

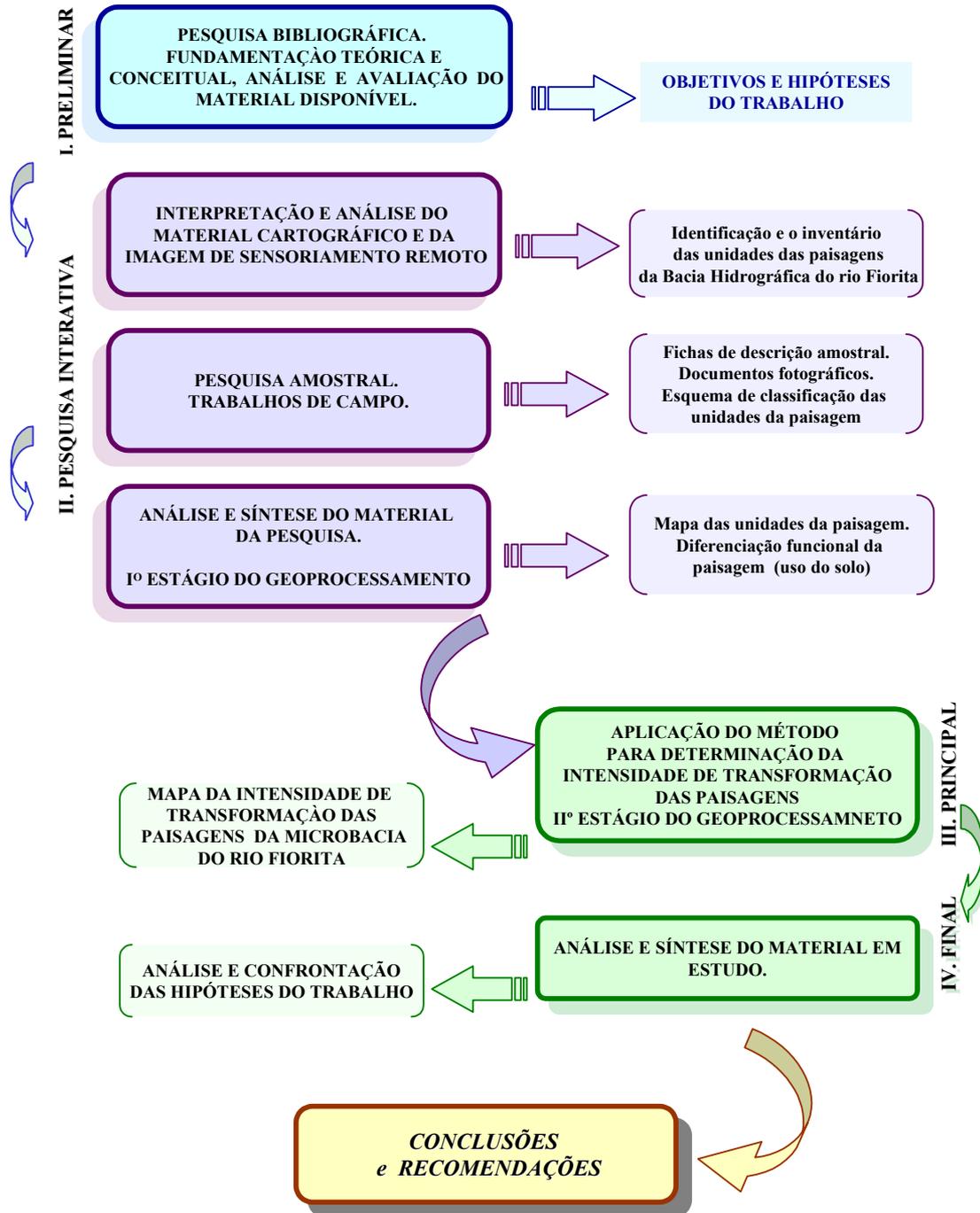


Figura 8 - Roteiro Metodológico da Pesquisa

O processo de identificação das unidades deve demonstrar a regularidade da gênese e do desenvolvimento, bem como as suas diferenciações. O Mapa das Unidades da Paisagem da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita, na escala 1 : 20 000 é um reflexo gráfico das paisagens. A diferenciação funcional e das propriedades funcionais das paisagens diz respeito à sua carga antrópica atual que foi interpolada a partir dos dados provenientes da imagem satélite e do levantamento dos dados do campo e transformados em Mapa de Uso/Cobertura do Solo.

A terceira etapa da pesquisa pretendeu o diagnóstico da situação ambiental da área de estudo, segundo o método da avaliação do grau da transformação antrópica, resultando (etapa IV) em recomendações para a reorganização geoambiental do território e a avaliação do potencial do método utilizado no âmbito das pesquisas aplicadas à gestão ambiental nas áreas de mineração. É importante observar que, via regra, as principais etapas da pesquisa têm peso participativo distinto e a organização funcional racional do tempo do trabalho permite não só a execução rápida de tarefas pertinentes, como também a otimização dos resultados do trabalho. Neste âmbito, a definição clara dos objetivos e da principal hipótese do trabalho representa a condição fundamental. O Diagrama 1 apresenta a estrutura dos principais procedimentos metodológicos com relação ao tempo total gasto na execução dos trabalhos. É notável, assim, a carga horária significativa dos trabalhos de geoprocessamento e cartografia, o que se deve à laboriosidade e tenebrosidade das tarefas, assim como à importância destas na aquisição de dados para análise e alcance dos resultados e da qualidade final da pesquisa.

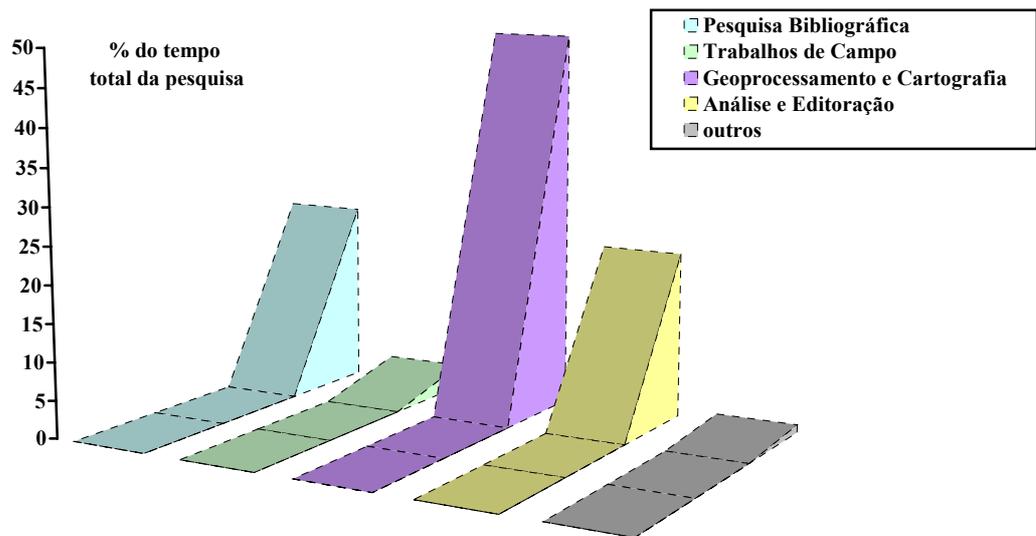


Diagrama 1 - Estrutura Funcional da Pesquisa

O pequeno sobrepeso da pesquisa bibliográfica perante análise e editoração é devido aos três fatores principais:

- (a) à carência de fontes metodológicas devida à especificidade do tema e método principal da pesquisa, pouco abordado na bibliografia internacional e inédito no Brasil;
- (b) à carência de fontes de dados ambientais na área de estudo;
- (c) à necessidade de consulta de fontes internacionais mais recentes e em função disso a morosidade da pesquisa realizada na Internet.

Com relação à pesquisa bibliográfica para análise e compilação de base do banco de dados ambientais deve se sublinhar, ainda, que a mesma teve com a base os trabalhos realizados pelo Departamento regional da FATMA no âmbito do projeto JICA, os trabalhos executados na área de estudo dentro do Projeto Sul - CNPQ (LFSRG - UFSC) e, sobretudo, os materiais cartográficos e a folha descritiva (volume 33) do Projeto RADAMBRASIL (IBGE). Ainda que a fonte de dados cartográficos esteja compilada na escala 1: 1 000 000, foi possível o seu processamento e a elaboração de Cartas-Esquemas⁶ numa escala aproximada de 1: 200 000 que permitem

⁶ *Carta - esquema* - uma carta com a escala e projeção cartográfica não precisos; com representação generalizada e simplificada dos elementos do seu conteúdo (BERLIANT, 1997)

uma avaliação não precisa da distribuição espacial das principais condições naturais na área de estudo. A leitura das folhas descritivas do projeto RADAMBRASIL foi de especial importância para a compilação do capítulo 4 deste trabalho, já que permitiu a avaliação das considerações metodológicas das amostragens realizadas no âmbito do Projeto (crucial para pesquisas ambientais de escalas reduzidas), como também, disponibilizou a descrição dos pontos amostrais localizados dentro ou próximos dos limites da área de estudo (por exemplo, a descrição dos perfis de solos ou perfis geológicos). Este fato é relevante quanto a avaliação da coerência de dados ambientais colhidos. Os parâmetros morfométricos das condições ambientais e às características físico-geográficas morfológicas discriminadas no Capítulo 4 foram adquiridos durante o geoprocessamento e análise dos dados.

Visto que em todas as fases da pesquisa foram empregues os princípios e técnicas da análise geossistêmica da paisagem e do método cartográfico de investigação, a especificidade da ordem utilizada de procedimentos é dada na seqüência.

3.2 OS MÉTODOS

3.2.1 A Avaliação do Grau de Transformação Antrópica da Paisagem

3.2.1.1 O método

O método da avaliação do grau de transformação antrópica da paisagem faz parte integrante de um complexo sistema de métodos de avaliação dos impactos ambientais das atividades humanas e permite uma visão genérica da distribuição espacial destes impactos através de um indicador sintético.

O impacto ambiental é definido como "mudança sensível, positiva ou negativa, nas condições de saúde e bem-estar das pessoas e na estabilidade do ecossistema, do qual depende a sobrevivência humana. Essas mudanças podem resultar de ações acidentais ou planejadas, provocando alterações direta ou indiretamente" (GOUDIE, 1985). Desse modo são considerados os efeitos e as transformações provocadas pelas ações humanas nos componentes do meio físico e que se refletem por interação nas condições ambientais que envolvem a vida humana.

No entanto, deve-se destingir com clareza os impactos ou efeitos da ação humana nas condições dos geossistemas naturais originais e as mudanças ocasionadas em ambientes com as características antrópicas formadas. A expressão *impacto ambiental* deveria ser aplicada estritamente à essa segunda categoria de fenômenos, já que a primeira refere-se de fato aos *impactos antropogênicos* (CHRISTOFOLETTI, 1994). Os estudos dos impactos ambientais mostram a vulnerabilidade dos geossistemas socioeconômicos e refletem a dimensão dos riscos ambientais.

Os impactos são caracterizados por parâmetros espaciais (extensão do fenômeno), temporais (durabilidade histórica) e de intensidade (poder de transformação), e podem ser descritos através das mudanças nos indicadores dos componentes naturais e socioeconômicos durante um período determinado de tempo e dentro de uma área específica (Figura 9).

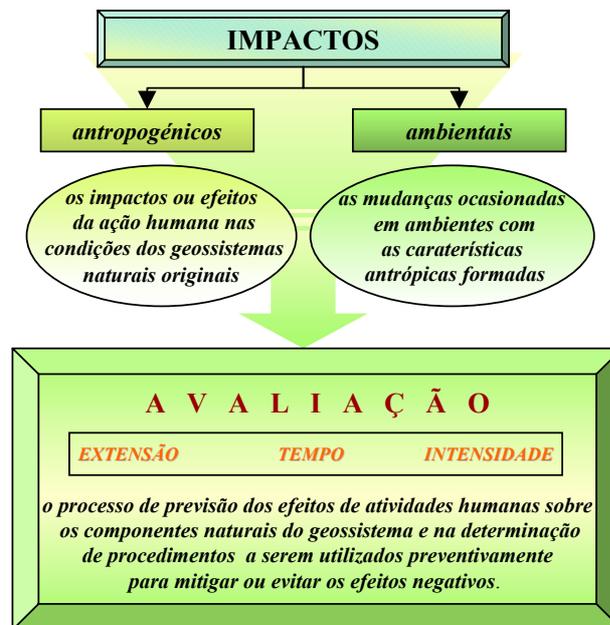


Figura 9 - Conceito de Impactos Antropogênicos e Ambientais

Avaliar a intensidade do impacto significa comparar os valores resultantes de uma atividade particular com os valores da situação que existiria caso a atividade não fosse implantada. *Na realidade os estudos de impactos consistem no processo de previsão dos efeitos da atividade humanas sobre os componentes naturais do geossistema e na determinação de procedimentos a serem utilizados preventivamente*

para mitigar ou evitar os efeitos negativos. O nosso trabalho faz parte dos estudos dessa índole, que fornecem os indicadores de decisão para o planejamento.

A diversidade de tipos de exploração da terra, a utilização de diversas tecnologias proporcionam a formação de novas propriedades funcionais das paisagens contemporâneas. Os mesmos condicionam uma determinada *intensidade* ou *grau* de sua transformação, que pode ser definido com o emprego da metodologia a seguir. Para cada um dos tipos de cobertura do solo identificados em cada uma das unidades da paisagem encontradas atribui-se um "*gradiente*" de transformação antrópica (Tabela 5). *O gradiente reflete o potencial de transformação que cada um dos tipos de uso dispõe, isto é a intensidade potencial do impacto ambiental.* A escala do gradiente (de 1 à 10) foi adotada a partir da metodologia original (SHISHENKO, 1988).

Com uso dos materiais cartográficos, das imagens de sensoriamento remoto, das fotografias aéreas definem-se as áreas ocupadas por determinados tipos de uso (e/ou cobertura) de solo em cada uma das unidades da paisagem, definindo-se assim a *extensão* do fenômeno.

O índice regional de transformação antrópica determina-se como (LEMECHEV et al. (1982) apud SHISHENCO (1988)):

$$U_{ant} = \sum (r q), \quad [1]$$

Onde:

U_{ant} - índice de transformação antrópica;

r - gradiente de transformação por um tipo de uso do solo;

q - é a parte da superfície (%) que este tipo de exploração ocupa em cada unidade discriminada da paisagem.

Para que a *profundidade de transformação* da paisagem possa ser considerada no cálculo do índice de transformação antrópica para cada um dos tipos identificados de exploração adaptou-se a partir da metodologia original com o apoio de trabalhos de campo um "peso", atribuindo-lhe os valores graduais de 1,0 até 1,5, em função das características de transformação que as paisagens apresentam. *A profundidade de transformação antrópica reflete dois componentes importantes do impacto ambiental: o tempo da presença do tipo de uso no local e o caráter das transformações reais sucedidas e associado à este o potencial do equilíbrio ecológico disponível.*

Com objetivo de maior aproximação dos resultados da análise com a realidade da área de estudo a escala original dos valores da profundidade de transformação

sofreu algumas transformações, considerando a média dos pesos ponderada segundo três elementos : *o tempo relativo da presença do tipo de uso/cobertura, a qualidade visual da paisagem resultante e a intensidade de problemas ambientais que as unidades de uso apresentam no tempo atual.*

Tendo em conta o desbravamento relativamente recente da área de estudo (aproximadamente 100 anos de exploração extensiva) foi possível a determinação bastante precisa do tempo do surgimento e da existência dos principais tipos de uso e de cobertura do solo, onde o mais antigo tipo de exploração é a agricultura, seguida de uso urbano e de mineração. A qualidade visual das paisagens e a intensidade de problemas ambientais que as unidades de uso apresentam no tempo atual foi avaliada com auxílio de trabalhos de campo (descrição dos pontos amostrais e pesquisa de levantamentos ecológicos na área). A cada um dos tipos de uso foi atribuído um peso no intervalo 1,0 - 1,5, segundo cada um dos elementos considerados. O maior valor do peso corresponde ao maior período do tempo, à menor qualidade visual da paisagem e a maior intensidade de problemas ambientais constatados. A média dos pesos define a profundidade de transformação da paisagem pelos usos/coberturas do solo na área de estudo (Tabela 5).

Tabela 5 - Tipos de Cobertura de Solo Identificados na Bacia Hidrográfica do rio Fiorita e o Gradiente da Transformação Antrópica da Paisagem

TIPOS DO USO/COBERTURA DO SOLO	Gradiente da Transformação Antrópica	Peso da Profundidade da Transformação
I. VEGETAÇÃO NATIVA SECUNDÁRIA		
I.1. Capoeirão	1	1.05
I.2. Aglomerados de árvore	3	1.1
II. FLORESTA PLANTADA		
II.1. Eucalipto	3	1.2
II.2. Eucalipto e vegetação nativa	4	1.15
III. VEGETAÇÃO EM ÁREAS DE MINERAÇÃO	6	1.4
III.1. Plantações de eucalipto e/ou bracatinga		
III.2. Diversos estágios de regeneração espontânea e eucalipto jovem	10	1.4
III.3. Eucalipto sobre estéril	10	1.4
III.4. Capoeira	6	1.05
IV. CLASSES TECNOGÊNICAS DA COBERTURA DO SOLO		
IV.1. Agropecuária: pastagens, cultivos diversos, incluindo pomares e jardins	6	1.2
IV.2. Pastagem suja: solo abandonado com provável uso agropecuário	6	1.2
IV.3. Terreno exposto: rocha ou solo exposto, terra arada	6	1.25
	7	1.3
IV.4. Área sobre a mineração com rejeitos e estéril	10	1.5
IV.5. Estéril aplanado	10	1.5
IV.6. Estéril com ou sem cobertura herbácea	10	1.5
IV.7. Rejeitos de carvão	10	1,5
IV.8. Lagoas ácidas	8	1.35
IV.9. Áreas urbanas e de infra-estruturas		

O grau de transformação antrópica das paisagens é determinado pela fórmula seguinte (SHISHENCO, 1988: 41):

$$K_{ant} = \frac{\sum (r_i p_i q_i) n}{100}$$

e,

K_{ant} - coeficiente de transformação antrópica;

r_i - gradiente de transformação pelo tipo i de exploração;

q_i - parte da superfície (%) que este tipo de exploração ocupa em cada unidade discriminada da paisagem;

p_i - indicador de profundidade de transformação das paisagens;

n - quantidade de áreas com o mesmo uso de solo nos limites de cada unidade da paisagem.

Desta feita, foram considerados na fórmula três elementos fundamentais que caracterizam os impactos ambientais das atividades humanas: a extensão, o tempo e a intensidade da ação antrópica sobre os componentes naturais da paisagem.

A divisão por 100 é utilizada para facilitar o uso dos valores do coeficiente e deve caracterizar a seguinte regularidade: do que maior é a área de um tipo de exploração e quanto mais alto for o seu indicador de profundidade de transformação maior será o grau de transformação antrópica da unidade da paisagem e da região como um todo (SHISHENKO, 1988).

3.2.1.2 O cálculo do K_{ant} das unidades da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita

Para o cálculo do coeficiente da transformação antrópica das unidades geossistêmicas da BHF foram seguidos seguintes passos:

Todas as unidades da paisagem ao nível de comarcas foram catalogadas com um número único seguindo a seqüência das localidades, como mostra a Figura 10. Foi diferenciado assim um *total de 264 unidades* ao nível de comarcas físico-geográficas.

O arquivo do catálogo de unidades foi sobreposto ao mapa de Uso/Cobertura do Solo da BHF em tela do computador para medição e cálculo dos parâmetros q_i e n da

formula [2].

O uso do CAD facilita significativamente a laboriosa tarefa de medições detalhadas (programa *MicroStation SE*). Foram empregues com auxílio de

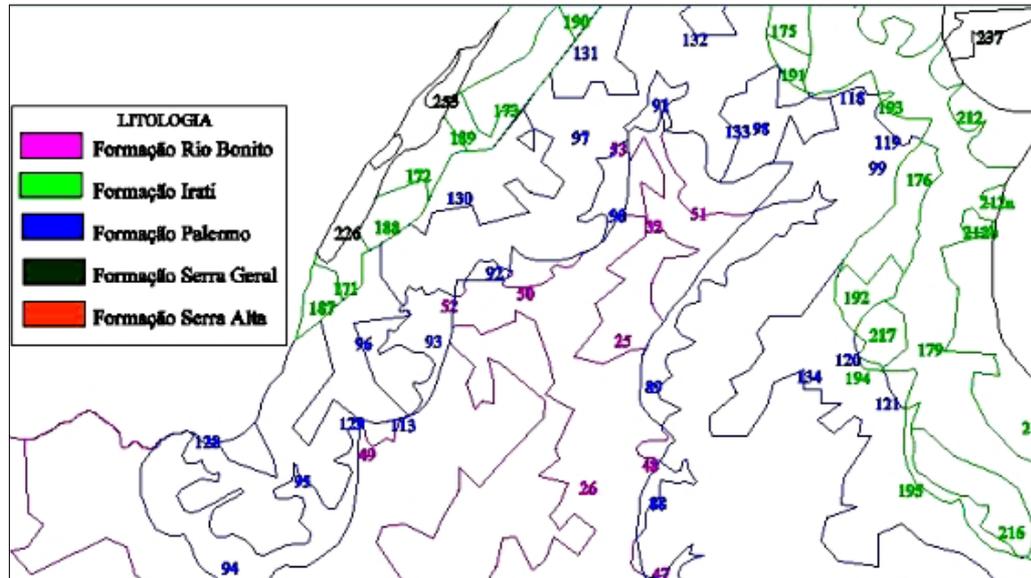


Figura 10 - Numeração das Unidades da Paisagem para o Cálculo do Coeficiente da Transformação Antrópica da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita

UNIDADE	TIPO DE USO	ÁREAS (M ²)	ÁREAS (%)	n	r	P	*	K _{ant}
FORMAÇÃO PALERMO								
VERTENTE EM PATAMAR ALTO								
124		125025,8	100					
	Veget. Nativa+Eucalipto	50480,7	40,4	4	4	1,15	743,36	19,09
	Veget. Nativa	43518,2	34,8	4	2	1,05	292,32	
	Eucalipto	795,1	0,6	1	4	1,2	2,88	
	Agricultura	30211,3	24,2	5	6	1,2	871,2	
125		16027,5	100					
	Veget. Nativa+Eucalipto	2487,6	15,5	3	4	1,15	213,9	8,22
	Agricultura	13539,9	84,5	1	6	1,2	608,4	
126		6801,3	100					
	Agricultura	5330,8	78,4	1	6	1,2	564,48	6,55
	Veget. Nativa	1470,5	21,6	2	2	1,05	90,72	

Figura 11 - Fragmento da Tabela de Cálculo do Coeficiente de Transformação Antrópica

Visualization Tools as ferramentas de medição com precisão (*Measure Area*) por Métodos: *Element*, *Difference* e *Flood*. Deve-se observar que, a pesar de permitir aquisição de ótimos resultados de medição, o uso dessas ferramentas requer muita atenção e alguns cuidado, sobretudo quando uma área de uso está subdividida entre várias comarcas e é necessário o uso do método *Flood*, que por sinal é menos preciso.

Assim, o cálculo da diferença entre a área total da unidade de uso e suas parcelas diferenciadas por limites de comarcas com posterior redistribuição do erro ou, se for necessário, remedição são procedimentos indispensáveis.

Os resultados dos cálculos foram registrados em tabela, como mostra a Figura.11.

Para cada uma das unidades diferenciadas foram introduzidos os parâmetros r_i e p_i , com posterior cálculo do K_{ant} , segundo a formula [2].

- (6) A diversidade dos valores do coeficiente permitiu construir uma *escala de transformação* das paisagens:

até 5,5 - pouco transformadas;

5,51 -9,50 - transformadas moderadamente;

9,51 - 20,50 - transformadas intensamente;

20,51 - 35,50 - super transformadas;

35,51 - 80,50 - removidas e compensadas;

> 80,51 - substituídas pelas unidades tecnogênicas, destruídas, bedland.

Os resultados dos cálculos foram afixados no Mapa de Intensidade de Transformação Antrópica das Paisagens.

3.2.2 O Método Cartográfico de Investigação

O conceito do “método cartográfico” foi introduzido pela primeira vez em 1948 por Salischev K. A.. Em 1955 o mesmo definiu-o como *a utilização de mapas para a descrição, análise e investigação da natureza de uma serie de fenômenos espaciais* (RUDENKO, 1984).

Atualmente, o Método Cartográfico de Investigação (*cartographic method of research*) é compreendido como " o método de investigação científica no qual o mapa representa um modelo do objeto de estudo e, ao mesmo tempo, constitui um vínculo intermediário entre o objeto e o investigador" (BERLIANT, 1997: 96).

Método Cartográfico de Investigação dispõe de um grande número de técnicas de análise de mapas, com auxílio das quais: estuda-se a estrutura e morfologia dos fenômenos, considerando sua avaliação morfométrica, quantitativa e estatística; estuda-se a dinâmica e o desenvolvimento dos fenômenos; realiza-se a avaliação da situação ambiental, socioeconômica e geocológica; executam-se as prospecções geotécnicas e de engenharia geográfica e de avaliações com fins de determinação das possibilidades de exploração do território; efetuam-se as investigações de prognóstico e previsão; determinam-se as medidas de mitigação de riscos ambientais e de otimização da situação ecológica; etc... Os trabalhos acima referidos efetuam-se com emprego ou de mapas individuais, ou de série de mapas e do Atlas de temática distinta, com também com uso de séries de mapas históricos. A efetividade do Método é maior quando utilizado em conjunto com métodos fotogramétricos e de sensoriamento remoto, com a modelagem matemática e métodos das ciências aplicadas (BERLIANT, 1997; MIRSAEV et al.,1988).

Independentemente das finalidades práticas concretas do seu emprego o método cartográfico destina-se à revelação das regularidades da distribuição, da estrutura territorial, da morfologia, das interligações e modificações no tempo dos fenômenos naturais e sociais com auxílio do modelo gráfico convencional (ou imagem cartográfica)(MIRSAEV et al.,1988).

No caso concreto da organização dos sistemas de monitoramento e controle das condições ambientais para a gestão e planejamento territorial a utilização do método cartográfico permite solucionar os problemas seguintes (MIRSAEV et al., 1988; RUDENKO, 1984):

- a. o inventário das fontes e dos objetos socioeconômicos de influência;
- b. a avaliação e revelação das ligações entre os elementos dos complexos territoriais-produtivos; a avaliação da proporcionalidade e revelação das desproporções na distribuição da economia;
- c. a fixação dos resultados da ação dos processos produtivos, das atividades industriais e da organização das infra-estruturas sobre o ambiente;

- d. a distinção da paisagem em processo de transformação, dos limites dos complexos industriais e da sua estrutura territorial-produtiva e morfocultural;
- e. o estudo da dinâmica do desenvolvimento e das tendências de sua distribuição através de uma série de cartas das diversas etapas históricas e sua generalização;
- f. a determinação dos indicadores refletindo as condições morfológicas das unidades naturais da paisagem;
- g. a revelação das propriedades indicativas dos elementos e das partes estruturais da paisagem, revelando a forma e a importância da ação de determinados tipos de uso do solo;
- h. a definição dos indicadores de distribuição e interligação das fontes e dos objetos da ação, da dinâmica da sua interligação no tempo;
- i. a elaboração dos mapas de inventários, os específicos, os de avaliação, os de cenário (recomendações) e os de prognósticos (hipotéticos).

A metodologia da elaboração e da análise da imagem cartográfica prevê a utilização dos métodos cartométricos (de medição) simples, como também da transformação matemática e estatística elementar dos resultados das medições. A escolha personalizada destes métodos depende das finalidades do estudo ou, também, da orientação temática e da abrangência espacial das investigações (Figura 12).

Deste modo o método cartográfico consiste e foi empregue neste trabalho:

- a. na descrição dos fenômenos ou das características qualitativas dos componentes da paisagem: *inventário e análise das estruturas geológica, geomorfológica, etc.*;
- b. nas técnicas de análise gráfica (cartometria e morfometria): medição das coordenadas, comprimentos, ângulos, superfícies, volumes, formas e cálculos dos índices relativos e dos coeficientes;
- c. na elaboração dos perfis, cortes, gráficos, diagramas, diagramas-blocos e dos modelos bi ou tri- dimensionais;
- d. na análise matemática: a construção de modelos dimensionais: *geração do Modelo Digital do Terreno*;
- e. nas técnicas matemático - estatísticas: o estudo dos conjuntos de objetos e dos fenômenos espaciais ou temporários que têm uma distribuição contínua ou massiva, como também das superfícies que estes ocupam no mapa (por

exemplo, o cálculo do coeficiente de transformação antrópica e a elaboração do mapa de intensidade de transformação).

O método cartográfico utiliza-se à todos os níveis de investigação assim como na etapa de preparação do planejamento das tarefas do campo, tal como na recolha e transformação da informação geográfica, da análise e da síntese do prognóstico e da realização de trabalhos aplicados. Como pode-se observar o Método foi utilizado nas todas as etapas da pesquisa o que realça mais uma vez a sua importância científica.

É importante ressaltar que as tecnologias e técnicas de geoprocessamento na maioria dos casos apoiam-se no Método Cartográfico de Investigação.

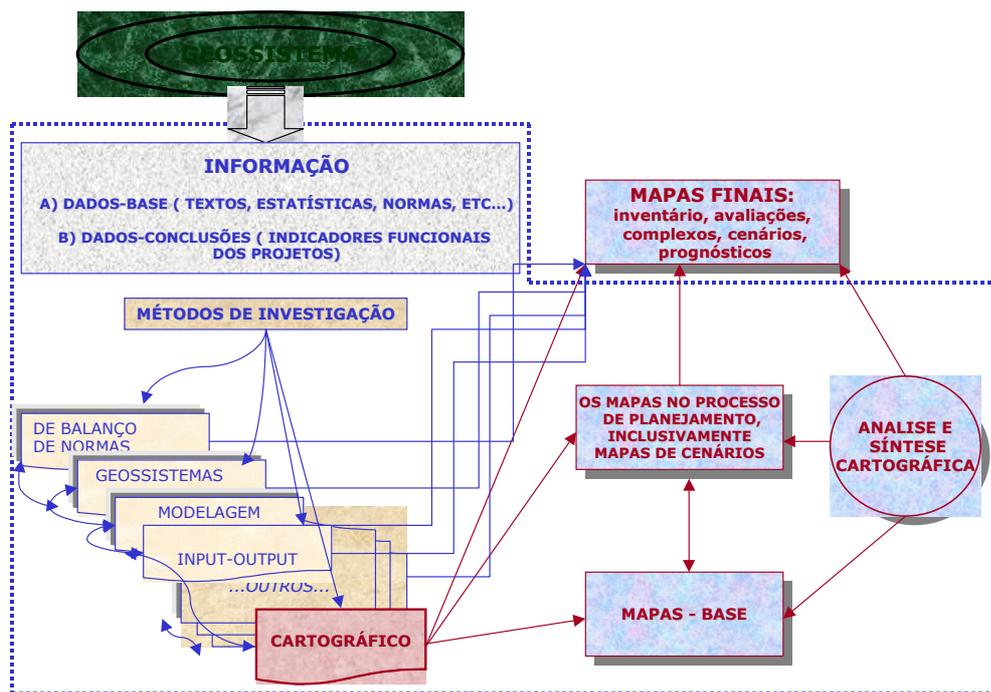


Figura 12 - Utilização do Método Cartográfico de Investigação nos Estudos Ambientais e Planejamento Territorial

(Adaptado de Rudenko(1984))

3.2.3 Análise geossistêmica e a diferenciação das unidades da paisagem e de uso do solo

3.2.3.1 Mapa das Unidades Geossistêmicas da Paisagem

A distinção, classificação e o mapeamento das unidades das paisagens constituem base da análise ambiental geossistêmica. O processo de identificação das unidades deve demonstrar a regularidade de gênese e desenvolvimento bem como as suas diferenciações (KIRKBLLY, 1996; PETROV, 1994; RODRIGUES et al., 1995; PASSOS, 1991; SILVA, 1988).

O mapa das unidades da paisagem na escala 1: 50 000 (1: 20 000) representa um reflexo gráfico das paisagens predominantes na BHF, tendo em conta que o inventário completo das paisagens não representam os objetivos desta pesquisa e que a escala limitada da cartografia não dá possibilidade de diferenciação mais detalhada das unidades, sobretudo das regularidades dessas diferenciações. O sistema selecionado de unidades taxonômicas representa-se por cinco unidades principais (Tabela 6):

Tabela 6 - Identificação das unidades taxonômicas das paisagens

UNIDADE	ÍNDICE DE IDENTIFICAÇÃO	EXEMPLO
LOCALIDADE <i>Land system</i>	Formação geológica	Formação Serra Geral
SUB-LOCALIDADE <i>land sub-system</i>	Complexo de mesoformas de relevo; regime hidro-climático	Cuesta
COMARCA <i>(agrupamento de comarcas)</i> <i>land unit</i>	Parte do complexo de mesoformas do relevo; tipo e intensidade de processos geoecológicos	Cuesta topo

A geração do Mapa de Unidades da Paisagem passou por quatro etapas essenciais:

- (1) Trabalhos de escritório preliminares, análise da bibliografia disponível e do material cartográfico com sua posterior reedição em arquivos digitais,

resultando os Mapas Topográfico, Hipsométrico, Declividades, Hidrografia e Geológico⁷.

- (2) Inventário preliminar das condições e recursos ambientais da área de estudo. Formulação da hipótese sobre as unidades geossistêmicas da paisagem, presentes na BHF;
- (3) Trabalhos de campo com descrição de pontos amostrais e recolha de material fotográfico;
- (4) Cruzamento em SIG (*MicroStation Geography*) dos Mapas Hipsométrico e Geológico com definição das unidades morfoestruturais, e posterior cruzamento das *Unidades Morfoestruturais* com o Mapa de Declividades, resultando no Mapa final das Unidades da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita (1: 20 000).

Formulação e caracterização final da diferenciação das unidades da paisagem da BHF ao nível de associações de comarcas termina com análise da estrutura espacial do geossistema.

3.2.3.2 Trabalhos de Campo e Descrições Geográficas

As descrições geográficas contemporâneas diferenciam-se em dois tipos principais (DIAKONOV, 1996):

- (1) complexos (exemplo típico – descrição da paisagem);
- (2) problemáticas ou específicas, onde os princípios de recolha da informação inicial, os métodos de apresentação e processamento dependem dum determinado objetivo prático ou científico.

Deve-se diferenciar, contudo, as descrições complexas dos geossistemas elementares (fácies geográficas) e a descrição físico-geográfica dum determinado território (*país, província, paisagem*). No âmbito metodológico e para uma síntese posterior dos dados físico-geográficos sobre o território o mais importante apresentase a descrição do local (ponto) físico-geográfico.

⁷ as particularidade do geoprocessamento estão descritos em diante

A descrição de um ponto físico-geográfico é a descrição de uma fâcie. A fâcie ocupa um único elemento da microforma ou mesoforma do relevo formada pelas rochas homogêneas; caracteriza-se pelo regime único de umedecimento; pela profundidade comum do lençol freático e pelo microclima único. Nos limites da fâcie forma-se uma única associação vegetativa num tipo de substrato pedológico. Geneticamente a fâcie é homogênea.

As informações sobre as fâcies representam o nível mais profundo da análise ambiental (exceto os casos dos estudos geoquímicos da ecologia da paisagem) e constituem as bases necessárias para a criação do cadastro geoambiental.

A descrição da paisagem distingue-se significativamente da descrição das geofâcies. Esta diferença consiste em primeiro lugar em que a *paisagem na sua concepção sistêmica compreende um complexo relativamente homogêneo no âmbito genético, que representa em si um conjunto regular de geossistemas (ou complexos territoriais naturais) de ordem inferior (localidades, comarcas, fâcies)*. A caracterização da paisagem, deste modo, deve refletir a heterogeneidade e o mosaico do território.

Outra diferença está ligada à “*resolução espacial*” da descrição, já que é impossível descrever a paisagem com o total pomenor, pois na maioria dos casos analisam-se somente as suas principais comarcas e localidades.

Visto os objetivos e as limitações técnicas desta pesquisa, optou-se por este último tipo de descrições geográficas. A descrição geral da paisagem da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita e dos pontos amostrais segue o seguinte roteiro geral:

1. O tipo de paisagem: a sua posição físico-geográfica;
2. A gênese, as condições e os fatores de sua formação;
3. Os tipos de localidades (dominantes e sub-dominantes); o caráter da distribuição e as suas características.
4. As comarcas dominantes e sub-dominantes.

A característica geral das comarcas se baseia na descrição dos pontos físico-geográfico do roteiro do formulário em Anexo 1, elaborado na fase preliminar em função dos objetivos específicos desta pesquisa. O que o distingue dos formulários – padrão da descrição das fâcies, porém corresponde plenamente à necessidade de

unificação da descrição para a posterior análise. As fichas da descrição dos pontos amostrais elaborados como resultado dos trabalhos de campo na área de estudo (foi descrito um total *de 19 pontos amostrais*) e o material fotográfico recolhido, não fazem parte deste volume devido as limitações óbvias de extensão do trabalho, porem estão disponíveis no LFSRG - CTC - UFSC, assim como todos os outros materiais secundários relativos à pesquisa.

3.2.3.3 Análise da Distribuição Espacial de Uso e Cobertura do Solo. Mapa de Uso/Cobertura do Solo

A necessidade de diferenciar partes do território que representam conjuntos com significado estrutural está presente em toda prática do planejamento. A divisão dos sistemas territoriais em unidades de uso do solo considera-se um segundo passo na classificação analítica do território, que encaminha as intervenções posteriores aos dois níveis distintos: ao das estruturas internas de cada unidade e ao do sistema territorial como um todo (PARDAL, 1988). Numa perspectiva de planejamento integrado para apoio da gestão municipal os trabalhos devem conduzir à identificação dos contornos de unidades de gestão. Estas podem não corresponder às unidades geossistêmicas definidas na análise física, mas encontram aqui um referencial necessário para a sua demarcação.

"Uma unidade de uso do solo define-se como uma parcela da superfície terrestre associada à atmosfera e ao subsolo, que fazem parte do seu geomorfismo, integrando toda a complexidade que comporta, como a parte da biosfera, com particular realce para as suas relações com o sistema social" (PARDAL, 1988:152). A unidade de uso do solo é compreendida assim como um sub-sistema de gênese socioeconômico do geossistema. Pois, é fundamental interpretar o uso do solo em função dos componentes físicos do geossistema e avaliar a expressão real de recursos do território, como também é imprescindível considerar os enquadramentos socioeconômicos, assim como conjunturais, já que o valor conjuntural dos terrenos compromete a estabilidade dos sistemas naturais em potencial em cada período do desenvolvimento histórico.

A importância do cadastro técnico multifinalitário atualizado neste contexto é indiscutível. A unidade de uso torna-se mais clara se forem especificados os atributos institucionais que lhe estão conferidos. Alguns autores sublinham que se deve atender principalmente aos atributos institucionais, que tem um caráter permanente, mas é

importante acrescentar também aqueles que, embora podendo ser circunstanciais e efêmeros, têm profundos efeitos transformadores no sistema. Por exemplo, relativamente a avaliação do potencial do uso agrícola a sua caracterização pelos padrões permanentes (estrutura de minifúndio ou latifúndio e características morfológicas da paisagem) é insuficiente, sendo necessário considerar os aspectos cadastrais mais pormenorizados, como sejam o regime de propriedade e a capacidade do proprietário de manter ou transformar o uso do solo. Contudo, a crescente complexidade do sistema territorial acentua a dependência dos componentes relativamente ao todo. Por isso a avaliação dos usos no contexto duma propriedade torna-se insuficiente devido o seu carácter excessivamente local. Na realidade cada parcela tem usos múltiplos que obedecem as estratégias conjunturais de desenvolvimento. Relativamente a um dado momento podemos definir um conjunto de usos simultâneos ou sucessivos, parte dos quais podem ter um carácter virtual. A avaliação e análise da estrutura territorial de uso do solo em épocas sucessivas fornece-nos a informação sobre os cenários e as tendências da evolução do geossistema. Neste âmbito as imagens satélite e as séries históricas de fotografias aéreas representam documentos gráficos de valor incalculável, dando suporte científico a todo o processo de planeamento e da avaliação dos impactos ambientais.

O mapa de Uso/Cobertura do Solo elaborado na escala 1:50 000 (classificação da imagem Landsat/1996 - LOCH N (2000)) apresenta a delimitação e caracterização das unidades de uso e cobertura do solo ocorrentes na BHF, considerando-se os parâmetros que interferem de forma diferenciada na situação ambiental da bacia.

A confecção do Mapa realizou-se através das seguintes etapas:

- (1) reedição em tela de arquivos vetoriais temáticos (formato **.dxf** reconvertido para **.dgn**) resultantes da classificação automática da Imagem Landsat;
- (2) compatibilização e agrupamento dos temas gerados no arquivo único em formato **.dgn** e geração do mapa base da cobertura do solo;
- (3) sobreposição ao arquivo-base de dados digitais referentes às infra-estruturas e áreas urbanas e de mineração, seleccionados a partir dos arquivos JICA (1996) 1:20 000 e "Minas de Carvão –1996" 1:10 000 (KELM,1999).
- (4) Edição final do Mapa

Como apresentam as análises efetuados nos Capítulos 5 e 6 a sobreposição dos modelos cartográficos da estrutura espacial das unidades geossistêmicas da paisagem e da distribuição espacial das unidades de uso do solo permite uma visão clara da estrutura de exploração do território e a avaliação construtiva do seu potencial funcional. Com outras palavras, deste modo é possível analisar a situação geocológica da área de estudo e avaliar o seu potencial de desenvolvimento, assim como diferenciar, em função disso, as unidades de planejamento e/ou de intervenção ambiental.

3.3 O GEOPROCESSAMENTO E A CARTOGRAFIA

3.3.1 Generalidades

Podemos definir o geoprocessamento como um conjunto de procedimentos computacionais, que operando sobre bases de dados geocodificados executa análises, transformações e sínteses de dados geoambientais, tornando-os manipuláveis em um sistema de processamento automático (SILVA et al., 1988).

A utilização da metodologia de geoprocessamento na pesquisa ambiental proporciona uma economia de tempo e trabalho exaustivo da transformação de um grande volume de dados e o maior rigor das análises. Contudo, como qualquer sistema de procedimentos científicos, o geoprocessamento dispõe de um certo grau de confiabilidade, vista como uma qualidade complexa do resultado de investigações e trabalhos cartográficos que caracteriza sua exatidão, plenitude, representabilidade e confiabilidade. A confiabilidade do geoprocessamento depende completamente da capacidade científica do método cartográfico de investigações garantir a resolução correta das tarefas formuladas. Diferenciam, porem, quatro elementos cruciais que determinam a qualidade final dos resultados do geoprocessamento e, por conseqüência, dos produtos cartográficos produzidos (BERLIANT, 1997): a *organização* de investigações, a *qualidade e quantidade de informação* utilizada na resolução das tarefas, a *qualidade da comunicação cartográfica* (reflexão correta das informações quanto a leitura do mapa), e os *meios técnicos* utilizados.

Estas considerações definem a necessidade de serem cumpridas cinco condições importantes a serem cumpridas quanto o uso de geoprocessamento nos estudos ambientais:

- (1) formulação precisa dos objetivos de uso;
- (2) avaliação da qualidade e quantidade de informações disponíveis para o *input* ;
- (3) estudo prévio de equipamentos e ferramentas disponíveis, suas potencialidades, limitações e sua coerência com os objetivos definidos e a informação disponível;
- (4) formulação exata das normas cartográficas a cumprir quanto o *output* de tarefas, considerando a resolução espacial dos dados iniciais, a escala das saídas cartográficas prevista e a especificidade temática dos produtos;
- (5) o planejamento preciso de tarefas.

Considerando os objetivos específicos desta pesquisa, o emprego do geoprocessamento deverá suprir seguintes necessidades: definição dos parâmetros morfológicos e morfométricos dos componentes ambientais para estruturação das bases de um banco de dados; geração dos produtos cartográficos de inventário e análise ambiental, assim como a sua preparação para estruturação em SIG. Visto isso, para planejamento e registro paulatino dos trabalhos de geoprocessamento foram adaptadas as Fichas de planejamento e registro (Anexo 2), enquanto os registros e os cálculos foram documentados em arquivos .xls (programa Excel) o que permitirá a sua futura estruturação em BD. Enquanto a geração dos produtos cartográficos normas clássicas foram cumpridas. A necessidade de estruturação dos mapas em SIG exigiu que fossem cumpridas com rigor as condições de continuidade e integridade de feições geradas em CAD, assim como layout final dos mapas eletrônicos (que se apresentam em tela do computador) foi criado por attachment do selo cartográfico único, o que permite maior operacionalidade dos arquivos vetoriais sem sua duplicação.

3.3.2 Os Materiais e os Equipamentos Utilizados

Materiais:

- (1) Fotografias aéreas do voo realizado em 1996 para o Projeto JICA, na Região Carbonífera do Estado de Santa Catarina, na escala 1: 30 000, cedidos pela "BASE Aerofotogrametria e projetos S.A." - São Paulo - 03/02/2000.
- (2) Base Cartográfica Digital na escala 1: 20 000, restituída para o Projeto JICA (1996), cedida pela empresa "BASE Aerofotogrametria e Projetos S.A." - São Paulo - 03/02/2000.
- (3) Carta 1: 50 000 do mapeamento sistemático brasileiro, Folha Criciúma, Edição de 1976, executada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- (4) Arquivos vetoriais (cedidos pela Profª. Dr.ª. LOCH N) resultantes da classificação automática da imagem LANDSAT (Ponto órbita : 220-080, Descendente, Quadrante -X; Linhas corrigidas, Dimensões - 3060 x 3088 pixels; 12/nov/1996), processada no Programa ENVI (*The Environment for Visualizing Images - Better Solutions Consulting Limited Liability Company*), propriedade do LFSRG.
- (5) Mapa Geológico da Região Sudeste de Santa Catarina 1:50 000, Folha Única, não publicado, cedido pela DNPM regional de Criciúma.
- (6) Mapa de Depósitos Minerais; Criciúma; Folha SH.22-X-B; Escala 1:250 000; Projeto Cadastro dos Recursos Minerais de Santa Catarina - 1989
- (7) Arquivo digital "Mapa - Minas de Carvão - 1996" de autoria de Kelm (1999).

Equipamentos e Programas :

- (1) Computador Pentium 166Hz, 64 M de memória Ram, disco rígido de 3 GB, placa de vídeo de 4 M;
- (2) Monitor de 15 polegadas;

- (3) Mesa Digitalizadora *CalComp 34480 – A Lockheed M. Company (USA)* (12 VDC; 500 Ma), para entrada de dados em formato vetorial.
- (4) Programa *MicroStation-SE - Bentley*, para a vetorização dos dados da fotointerpretação e edição dos mapas;
- (5) Programa *MicroStation GeoGraphics - Bentley*, para processamento e cruzamento de dados temáticos vectoriais e interpolação de resultados em SIG.
- (6) Programa *Geopak* - para geração do mapa de declividade a partir do arquivo vetorial;
- (7) Programa *Surfer* para geração do modelo digital do terreno.

Todos os programas são licenciados para o Laboratório de Fotogrametria Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da Universidade Federal de Santa Catarina.

3.3.3 Procedimentos e técnicas específicas de geoprocessamento

Razão que a abordagem e análise de procedimentos técnicos de geoprocessamento não faz parte de objetivos desta pesquisa ressaltamos aqui somente alguns aspectos mais relevantes dos trabalhos realizados.

Base Cartográfica Digital/ Mapa Topográfico da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita

A Base Cartográfica Digital⁸ (BCD) foi estruturada a partir do arquivo vetorial (formato *.dxf*) na escala 1: 20 000, equidistância de curvas de nível 10 m, restituída para o Projeto JICA (1996). O arquivo original, porém, não se encontrava apto para o pós- processamento em CAD ou SIG e necessitava de algumas correções relevantes:

PROBLEMAS ENCONTRADOS:

(1) A área total da BHF não fazia parte do arquivo original (devido os condicionamentos iniciais do projeto JICA) visto que o limite da folha passa pelo paralelo de 6834 km N (Figura.13.)

(2) O arquivo apresentava-se extremamente sobrecarregado de informações sem devida separação em *layers* o que diminui a sua perceptibilidade e dificulta o manuseamento em CAD.

(3) As feições de lagoas e dos rios e curvas de nível não cumpriam as condições de integridade e continuidade indispensáveis para pós-processamento e manuseamento em SIG.

(4) Os topônimos dos cursos de água não cumpriam as exigências das normas cartográficas e são extremamente raros.

(5) O arquivo digital não continha legenda e a legenda da cópia convencional apresentava-se em idioma *inglês*.

SOLUÇÕES:

(1) A área da bacia entre as coordenadas de 6834 e 6832 km N e 649 e 653 km E (UTM – FS 22) foi digitalizada em mesa a partir da Folha Criciúma, Mapeamento Sistemático 1:50 000 (1978) (*Software MicroStation SE*). Observou-se uma distância de 8 m entre as curvas de nível com equidistância de 20 m do arquivo da BCD e dos dados digitalizados.

(2) As feições foram separadas por temas com auxílio da ferramenta *Edit-Select by Atributs* e reeditadas em *layers* separados.

(3) Todas feições foram reeditadas com auxílio de ferramentas *Create e Modify*.

(4) Os topônimos existentes foram reeditados, contudo foi impossível de suprir a carência de alguns devido a falta de informações.

(5) A legenda do mapa foi criada em CAD com adaptação dos sinais convencionais previstos pelas normas cartográficas brasileiras.

⁸ As considerações sobre a qualidade da BCD feitas por LOCH N. (2000) são válidas para o arquivo analisado

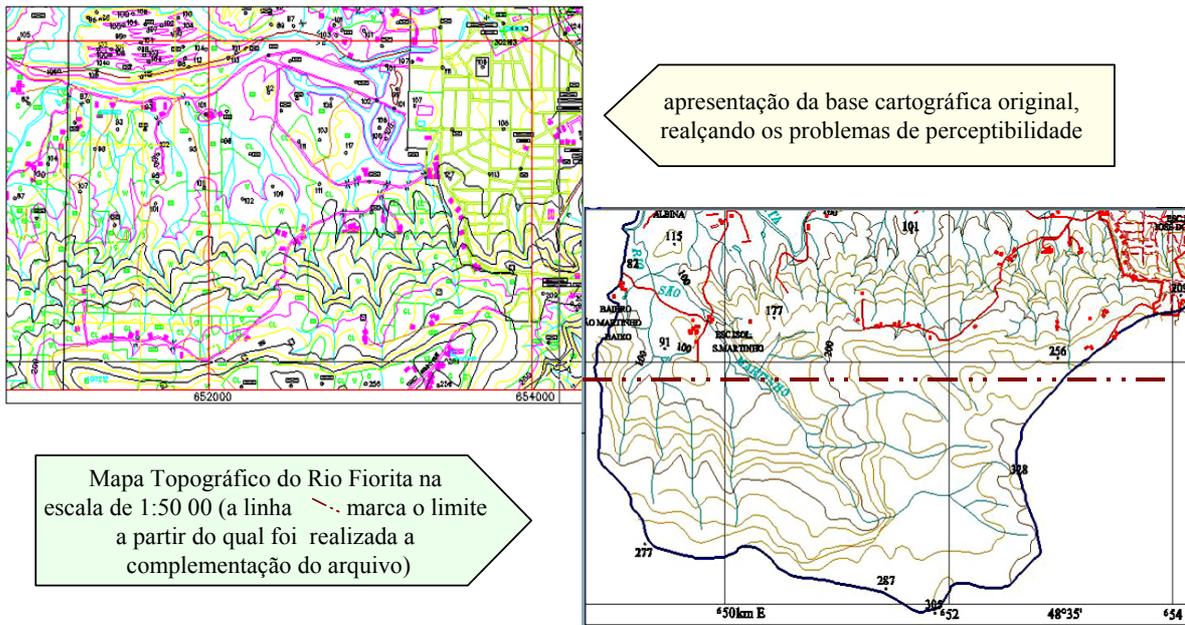


Figura 13 - Reedição da Base Cartográfica Digital

Devido a alta densidade de informações contidas no arquivo original e em virtude de escala de saídas cartográficas previstas ser de 1: 50 000, alguns dos temas (cotas, curvas de nível, etc.) foram reeditados em dois níveis distintos pela densidade informativa para escalas de 1:20 000 e 1:50 000.

Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita 1: 20 000

O mapa hipsométrico representa um modelo cartográfico que reflete a distribuição espacial de classes genéricas de altitude e é derivado do arquivo vetorial de curvas de nível. A sua geração relativamente simples, porem, vista a sua estruturação em SIG deve cumprir a condição de integridade e de construção de polígonos das faixas altimétricas em camadas sobrepostas.

Mapa Hidrográfico da Bacia do Rio Fiorita 1: 20 000

É um mapa simples, mas, indispensável para caracterização ambiental de uma bacia hidrográfica tanto no aspecto morfológico (distribuição espacial, padrão de drenagem, etc.) quanto no morfométrico (densidade de drenagem, estrutura hidrográfica...). O Mapa é criado por extração dos temas necessários para sua compilação a partir da BCD e representação dos dados morfométricos complementares extraídos por medição. Todas as medições foram executadas em tela de computador depois de classificação de todos os cursos de água segundo a classificação do Strahler. Os dados morfométricos para construção dos perfis transversais e longitudinais do vale foram extraídos da BCD e processados no *Excel*.

Mapa de Declividades da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita 1: 20 000

Relativamente fácil na geração exige cuidados especiais na edição e estruturação em SIG. Para sua criação foi explorado o aplicativo *Geopak* (ambiente *MicroStation*) que utiliza o algoritmo de triangulação e exige para o processamento um arquivo *.dgn-3D* contendo as curvas de nível contíguas e cotadas (*valor Z* é atribuído por ferramentas: *Utilities - MDL applications*), cobrindo a área de interesse com um certo excesso para evitar as falhas e deterioração da qualidade do produto dentro da área de estudo. As vantagens deste aplicativo perante outros métodos (como por exemplo *Idrisi*) quanto a qualidade final do produto consistem, no nosso ver, na ausência de transformação dupla vetor - raster - vetor, na possibilidade de processar áreas de tamanho maior sem necessidade de divisão do arquivo em áreas menores e tempo menor necessário. Além disso, o aplicativo *Geopak* processa o arquivo vetorial somente em dois passos consecutivos: (1) gera arquivo *.dat* (isto é um modelo numérico do relevo, que permite posterior construção do Modelo Digital do Terreno); (2) gera por triangulação os polígonos fechados segundo classes definidos num arquivo único *.dgn*. O mapa produzido, a pesar de apresentação aceitável para um produto cartográfico convencional, constitui um arquivo muito grande (alguns MB) e não dispõe de características indispensáveis para o seu processamento em SIG. Assim foi necessário recorrer aos alguns procedimentos de edição simples, porém laboriosos, como mostra a Figura 14.

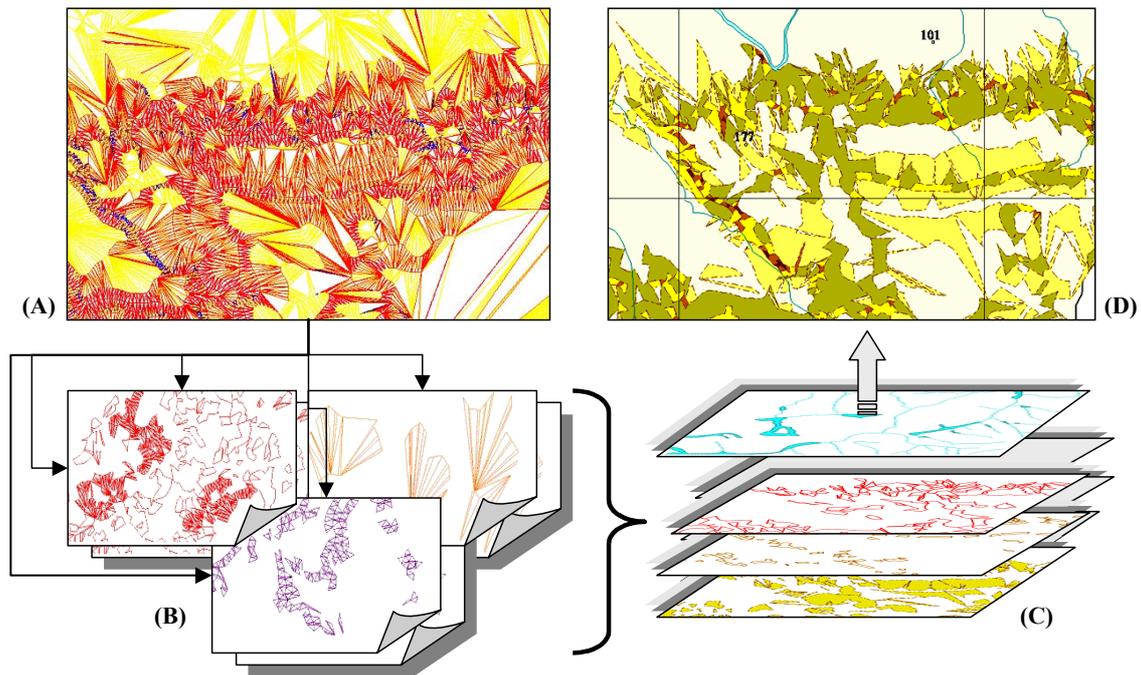


Figura 14 - Edição do Mapa de Declividades

(A) - aspectomexterno do arquivo vectorial sem preenchimento de cores, gerado em Geopak; (B) – deparação de classes de declividade em arquivos separados (para facilitar o manuseamento em CAD devido a extensão significativa dos mesmos) e a reedição das feições triangulares em polígonos únicos; (C) – edição final dos *layers* do mapa conforme as convenções adaptadas e adição das informações complementares necessárias (hidrografia, cotas, limites urbanos, etc.); (D) – compilação final do mapa num arquivo único.

Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita 1: 50 000

O Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita 1: 50 000 foi digitalizado em mesa digitalizadora a partir de uma fonte inédita em papel, sendo compiladas as convenções geológicas conforme as normas internacionais e os mapas geológicos regionais disponíveis (*veja o § Materiais Utilizados*). Os aspectos técnicos da sua estruturação não diferem dos mencionados para o Mapa Hipsométrico (*Programa MicroStation SE*).

Mapa de Unidades Físico-Geográficas da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita 1: 50 000

Como foi descrito no § 3.2.3 o mapa é produzido por cruzamento seqüencial em SIG (*MicroStation GeoGraphics*) dos temas geologia, hipsometria e declividades. O cruzamento foi processado em regime classe por classe com geração dos temas intermediários através da ferramenta *Topology Analysis*. Este tipo de procedimento é bastante laborioso, porem mais confiável, devido alguns problemas que o programa apresenta, por razões por nos desconhecidas, nos cruzamentos não supervisionados (por exemplo perda de alguns polígonos). Como material auxiliar na averiguação da fidelidade da classificação realizada foram utilizadas as fotografias aéreas Projeto JICA (1996) na escala nominal 1:30 000 e os trabalhos de campo, cuja especificidade foi descrita anteriormente.

Mapa de Uso/ Cobertura do Solo. Mapa de Recursos Florestais da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita 1: 50 000

As principais etapas de elaboração do Mapa de Uso/Cobertura do Solo já foram abordados no § 3.2.3, contudo, no processo da sua criação foram encontrados alguns problemas relevantes. Entre estes devem ser mencionados:

- (1) A Complexidade das Feições Vetoriais Temáticas geradas a partir da Classificação Automática:
 - a) A complexidade de feições e subdivisões complexas de polígonos dentro do mesmo tema (problema relacionado com o algoritmo de vetorização automática da imagem classificada dentro do ENVI) é solucionado por reedição das feições dentro de cada tema com a ferramenta Create Region no MicroStation SE
 - b) A incompatibilidade geométrica das feições vetoriais geradas em temas distintos (fendas ou/e sobreposições de polígonos) quando são referenciadas para o mesmo arquivo digital.

Para solução do problema foi necessário referenciar os temas em um arquivo comum e sobrepô-lo na forma de attach à imagem georreferenciada (.tif ou .jpg) para realizar a reedição das feições dos polígonos adjacentes em “conflito” e em alguns casos reclassificar os polígonos (Figura 14). Em alguns casos foi feita a

reclassificação temática das feições de vegetação nativa que integravam várias áreas dispersas de eucalipto para classe de nativa com eucalipto. Quando a reedição em questão as regras clássicas devem ser seguidas: preservar os distintos temas em níveis separados; evitar a sobreposição de polígonos de temas distintos; ordenar a seqüência de níveis temáticos de espacialmente maior ao menor. Quanto a reclassificação temática, deve ser considerada a relação entre a escala do arquivo digital e a escala predeterminada de plotagens com relação ao tamanho real dos polígonos, assim como a importância do tema para o produto final. Desta forma segue-se a regra clássica da generalização temática e de simplificação das feições.

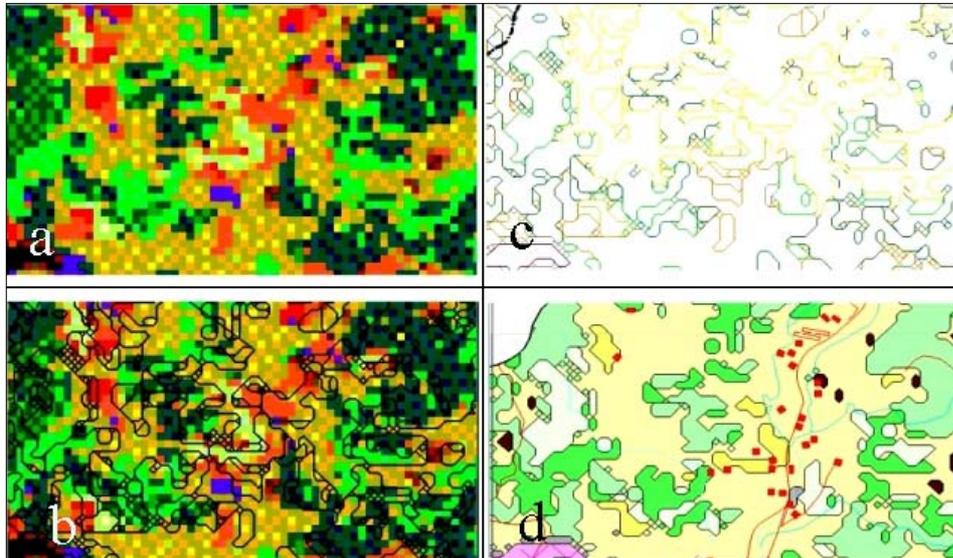


Figura 15 - Edição de feições geradas através da vetorização automática da imagem classificada 9:

(a) fragmento da imagem classificada; (b) feições vetoriais temáticas geradas em ENVI – as áreas marcadas destacam os problemas da edição; (c) attachment da imagem georeferenciada para reedição das feições; (d) saída final em formato .dgn

⁹ os fragmentos de arquivos apresentados referem-se ao Mapa de Uso/Cobertura do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita - à um quadrante entre os paralelos de 6839553,4 m e 6838503,4 m N e meridianos de 652048,5 m e 653921,15m E (UTM/ F-22)

(2) Cumprimento das exigências de complexidade de informações.

A falta de dados temáticos e a impossibilidade de gerar, a partir das imagens de satélite, informações coerentes sobre os temas hidrografia, infra-estruturas, limite da área de estudo limite da área urbana e da mineração (incluindo classificação funcional das mesmas), topônimos,...etc.. é solucionado pela extração de dados a partir da BCD.

As informações em questão devem ser extraídas em arquivos separados (Select by Attribute – Copy, para nível separado se necessário – Fance File) adicionados através do referenciamento para o arquivo principal (ferramenta Reference – Attach), evitando-se assim a sobreposição e o problema de “submersão” dos temas nos arquivos gerados, já que a opção Update Sequence possibilita a ordenação de arquivos attachados na seqüência desejada.

Observa-se que a sobreposição de dados complementares permite maior reflexão da estrutura funcional do território e é possível, com maior valorização e realce através da exploração simultânea de preenchimento com cores e hachuras.

O Mapa de Recursos Florestais é compilado de informações extraídas essencialmente da BCD e do arquivo de uso do solo. A sua concepção é extremamente importante para avaliação da situação geocológica da área, já que permite uma visão clara do tema da vegetação (nos seus aspectos morfológico e morfométrico) com relação dos elementos físicos básicos (altimetria e hidrografia) tanto de ponto de vista ecológico quanto do legislativo. As medições das áreas da vegetação foram estruturadas por tema e área física (Norte; Sul; Centro) num arquivo do *Excel* o que facilitará uma futura comparação da evolução espacial dos recursos florestais na área de estudo.

Mapa de Intensidade de Transformação Antrópica e o Mapa de Estrutura de Exploração da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita 1: 50 000

Depois do cálculo do coeficiente de transformação antrópica (veja § 3.2.1) os valores determinados foram introduzidos aos polígonos das respectivas unidades da paisagem como valor Z (arquivo 3D) e os polígonos interpolados em SIG segundo a escala predeterminada, dando origem ao Mapa de Intensidade de Transformação Antrópica da Paisagem Escala: 1:50 000.

Os dados complexos gerados no processo de medição de áreas de uso do solo por unidade da paisagem permitem uma percepção clara da estrutura de exploração do território e abrem a possibilidade da elaboração do modelo cartográfico da Estrutura de Exploração das Unidades Morfoestruturais da Paisagem - importante na avaliação futura da estrutura funcional do território. Os dados numéricos foram processados no *Excel* e os diagramas introduzidos no arquivo vetorial em formato raster (*.bmp*) por attachment individual.

Os procedimentos aqui apresentados permitiram chegar aos produtos cartográficos que atendem às exigências fundamentais para com mapas ambientais tanto em meio digital quanto convencional.

A metodologia exposta serviu para execução da pesquisa e para realização de análises expostas a seguir.

4 CARACTERÍSTICA AMBIENTAL GERAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FIORITA

4.1 POSIÇÃO FÍSICO-GEOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FIORITA

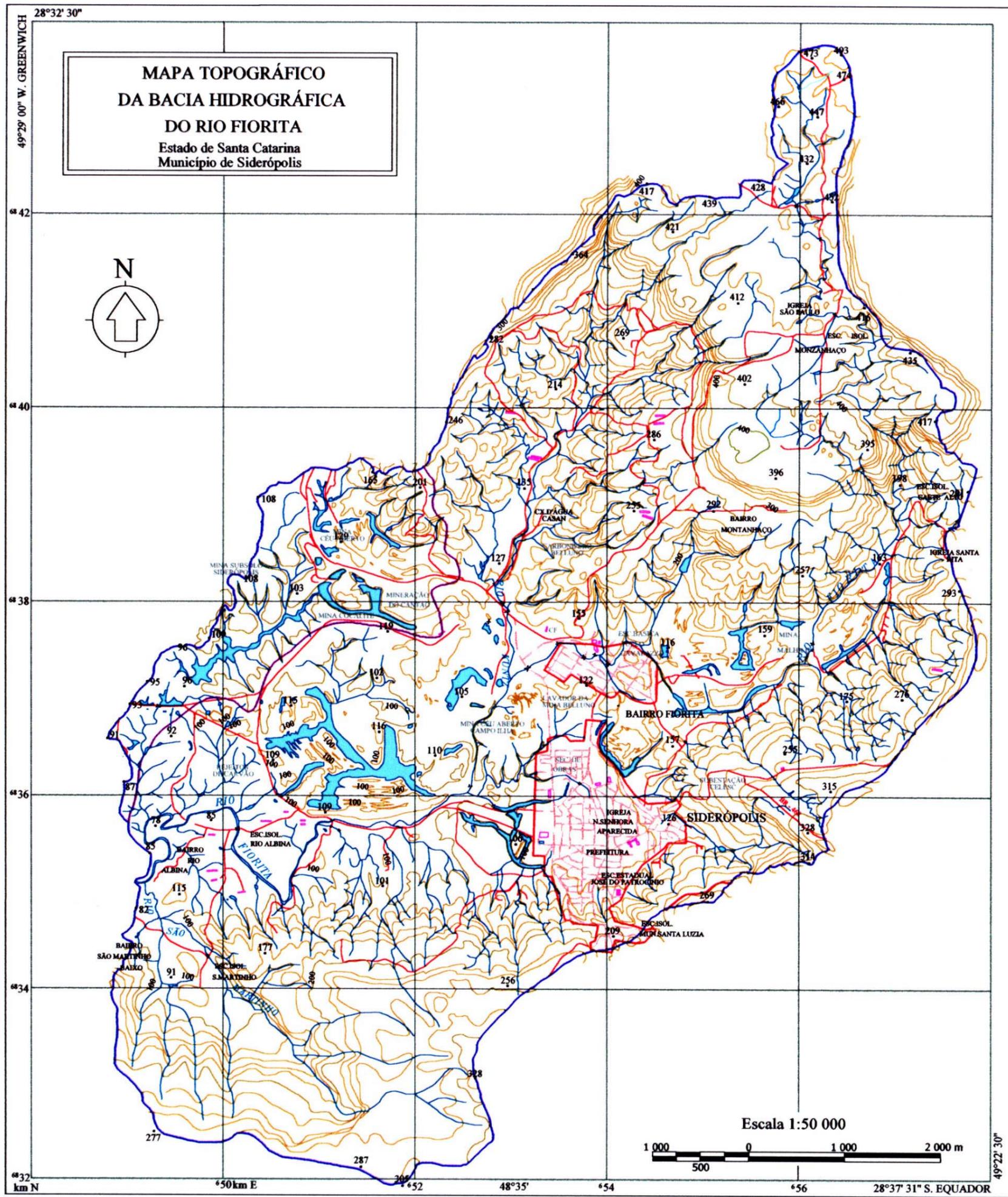
A Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita apresenta uma extensão semi-longitudinal no sentido NE-SW e situa-se entre os paralelos 28°32'30" e 28°37'31" latitude Sul, e os meridianos 49°29' e 49°22'30" longitude Oeste (Figura 1, p 5).

O rio Fiorita forma uma bacia hidrográfica de quinta ordem com uma superfície de 57,4 km². A área da bacia faz parte do complexo sistema hidrográfico da vertente do Atlântico, Bacia Hidrográfica do Araranguá, sub-bacia do rio Mãe Luzia. A Bacia Hidrográfica do Araranguá (4 186 km²) localiza-se ao norte da Bacia do rio Mampituba, à oeste é delimitada pelas escarpas da Serra Geral e à leste pelo Oceano Atlântico.

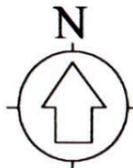
As divisórias da bacia do rio Fiorita apresentam contornos bastante irregulares, variando as suas cotas relativas entre os 493 m (NMM) no Norte (região das cabeceiras); 290 - 270 m no Sudeste - Sul e até 120 - 91 m no Sul - Sudoeste (Mapa Topográfico).

As declividades das vertentes da bacia do rio Fiorita variam essencialmente (65% da área total) entre os 5-10 %.

A aflente mais importante do rio Fiorita é o rio Kuntz. Pelo Decreto N° 891/87 os dois rios na sua extensão média formam a Reserva Municipal das Bacias dos Rios Kuntz e Fiorita (SDM,1997).



**MAPA TOPOGRÁFICO
DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO FIORITA**
Estado de Santa Catarina
Município de Siderópolis



LEGENDA

	curvas de nível		rios
	curvas de nível mestras		lagos
	cotas altimétricas		ponte
	rede viária		limite da área urbana
	infraestruturas rurais		traçado urbano
	limite atual da área da bacia hidrográfica		
	limite da área da bacia hidrográfica segundo levantamento planimétrico de 1978		

Base Cartográfica Digital (1:20 000)
"BASE Aerofotogrametria e Projetos S.A." - São Paulo - 1996
(dados a seguir conforme o original)

Projeção Universal Transversa de Mercator
Equidistância das curvas de nível: 20 metros
Datum Vertical: RN2Q e RN1446-1 (IBGE)
Elipsóide: SAD-69
Datum Horizontal: Morro da Palha (IBGE)
Levantamento Fotogramétrico 1:30 000 (JICA - 1996)

Declinação magnética para o ano de 2000
Convergência meridiana no centro da folha

ASPECTOS FÍSICOS

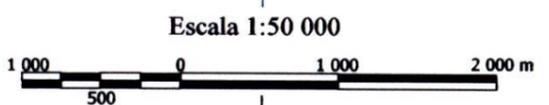
Área : 57,4 km²
Mesoregião : Bacia Carbonífera de Santa Catarina
Microregião : AMREC - Associação dos Municípios da Região Carbonífera

Altitude da sede : 112,0 m
Coord. geog. da sede: 28°36' S; 49°26' E
Coordenadas UTM: 653500 m N; 6835500 m E
Ponto mais alto : 493 m
Ponto mais baixo: 78 m



UFSC - CENTRO TECNOLÓGICO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE FOTOGAMETRIA, SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO

Projeto: PLANO SUL / CNPQ
Org. e Ed.: Geógrafa EUGENIA KARNAUKHOVA
Apoio: Eng. João Vicente H. G. K. Wanka
Edição: maio 2000



4.2 CARACTERÍSTICA FÍSICO-GEOGRÁFICA DA PAISAGEM.

4.2.1 Geologia

4.2.1.1 Enquadramento Geológico-Geomorfológico Regional:

A maior parte da região compreende a porção meridional da Província do Paraná que coincide com a Bacia Sedimentar do Paraná¹⁰ de dimensões continentais e de história evolutiva que se estende desde o Devoniano Inferior até ao Cretáceo.

A Bacia do Paraná na primeira fase da sua evolução é caracterizada por subsidência relativamente calma e acumulação sedimentar, que perdurou até ao Jurássico Superior, portou-se como uma sinéclise, adquirindo posteriormente com o extravasamento dos colossais volumes de lavas predominantemente basálticas, que capeiam os sedimentos acumulados na primeira fase, com as características de uma anfíclise (HORBACH et al., 1986).

A área da Bacia Sedimentar do Paraná em foco está representada por rochas pertencentes ao Supergrupo Tubarão e aos grupos Passa Dois e São Bento, que abrange um intervalo temporal entre o Permiano ao Jurássico.

Parcialmente recoberta no leste do Rio Grande do Sul por depósitos sedimentares da Província Costeira e por lavas basálticas, com seqüência sedimentar da Bacia do Paraná volta aflorar completamente no território catarinense, que constitui a Depressão da Zona Carbonífera Catarinense da Região geomorfológica da Depressão do Sudeste Catarinense do Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares. Exatamente à estas estruturas enquadra-se a Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita (Figura 16).

¹⁰ A Bacia Sedimentar do Paraná faz parte de uma extensa província geológica cujas porções constituintes se caracterizam por apresentarem história geológica similar ou aspectos estruturais, petrográficos ou fisiográficos semelhantes.

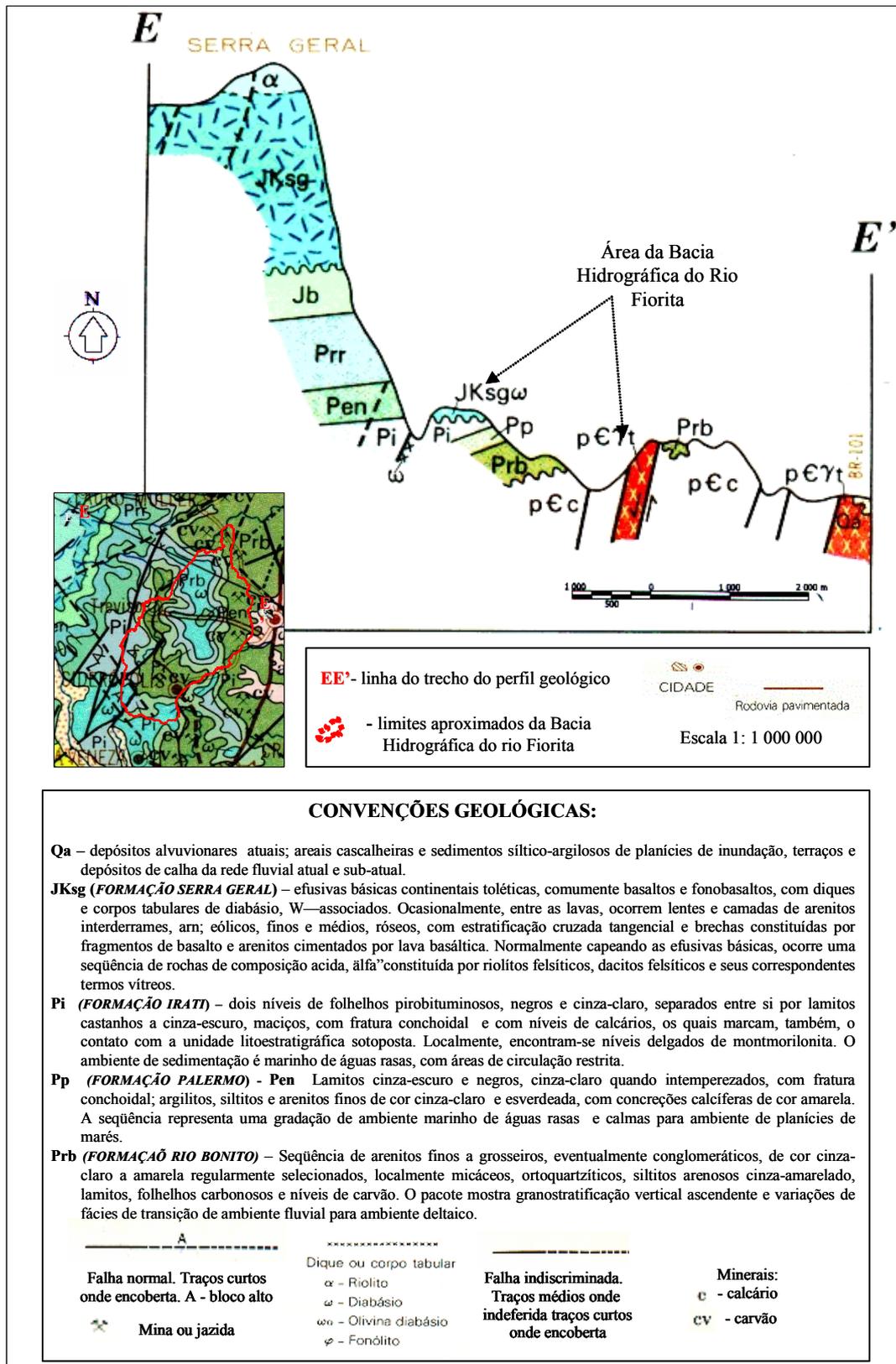


Figura 16 - O enquadramento geológico regional da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita.

(Fonte: IBGE, Projeto RADAMBRASIL. Mapa Geológico. Escala 1: 1 000 000. 1986.)

Estruturas geológicas:

No contexto regional numa primeira análise da estruturas geológicas observa-se que as grandes feições estruturais regionais encontram-se relacionadas à determinadas associações de rochas ou ocorrem como no caso de grandes estruturas rúpteis, justapondo-se em blocos de conjuntos litológicos, com arcabouço estrutural pertinente e significado geotectônico distinto, encontram-se lado ao lado, conferindo ao conjunto o aspecto de um intrincado mosaico de complexa história evolutiva (HORBACH et al., 1986).

Quanto a sua individualização a Bacia do Paraná apresentou dois períodos evolutivos bem definidos (*ibidem*):

- a. entre o Paleozóico e o Mesozóico marcado pela formação intracratônica de uma bacia sedimentar de tipo sinéclise, com lenta subsidência e sempre influenciada por feições do embasamento, que compõem grandes estruturas com arqueamentos, flexuras e lineamentos;
- b. a partir do Mesozóico é caracterizado pela transformação da Bacia numa anficlise e modificação das suas características, onde os processos magmáticos superam os sedimentares. A efusão dos vulcanitos da Formação da Serra Geral foi precedida por uma intensa tectônica rúptil, que desmembrou em *horsts* e *grabens* a seqüência sedimentar e o jogo dos movimentos geraram "arcos" e sinclinais, que, de certa, forma influenciaram na deposição dos sedimentos Pós-Serra Geral.

Destacam-se na região carbonífera de Santa Catarina e em contato direto quanto a sua influencia na área de estudo duas zonas rúpteis marcadas pelos Fundamentos Mãe Luzia e Criciúma.

A Falha Mãe Luzia apresenta-se no plano vertical com direção aproximadamente N-S e rejeito máximo entorno de 120 m com o seu lado alçado à leste. Este falhamento colocou lado à lado na sua parte norte sedimentos das Formações Rio Bonito e Irati. Suponha-se que esta estrutura tem idade superior aos derrames basálticos. A Falha de Criciúma localizada na região da cidade homônima apresenta direção nordeste com rejeito de aproximadamente 50 m e bloco alto para norte, que colocou lado à lado sedimentos das Formações Palermo e Rio Bonito (HORBACH et al., 1986).

Estratigrafia: Distribuição e Espessura: Posição estratigráfica.

A estratigrafia da área de estudo diferencia-se quase na totalidade dentro do Supergrupo Tubarão (termo que evoluiu no âmbito das investigações geológicas da Série de Santa Catarina), que a partir de 1977 subdivide-se no Grupo Itareré (Formações: Campo de Tenente, Aquidauana, Mafra e Rio do Sul) e o Grupo Guatá (Formações: Rio Bonito e Palermo) (HORBACH et al., 1986). Sente-se, porém, uma presença óbvia das formações da Serra Geral donde situa-se a área de estudo numa faixa de transição. As formações do Rio Bonito (compostas por arenitos, argelitos, leitos de carvão folhelhos) e as formações Serra Geral (rochas basálticas, diques de diabásio) ocupam as maiores extensões (CASTRO, 1994) (Mapa Geológico).

O Grupo Guatá reveste-se de especial importância em virtude das jazidas carboníferas e pela sua maior distribuição dentro da área de estudo. Os sedimentos do Grupo Guatá apresentam uma distribuição contínua na região e afloram em áreas extensas, encontram-se recobertas esporadicamente em locais de depósitos quaternários.

A Formação Rio Bonito ocorre desde a BR-101 na latitude de Içara com desenvolvimento para oeste em direção à Criciúma, onde sofre inflexão para norte, encontra-se exposta em várias localidades, dentre outras em Siderópolis, onde se desenvolve para norte alcançando o rio Treviso e o Dória. Expressam-se espessuras de 140 m para a Formação Rio Bonito com aumento dessa dimensão em direção Norte atingindo 250 m entre Lauro Müller e o Rio do Sul.

O setor central mais amplo da BHF apresenta-se pelo Membro Siderópolis (Formação Rio Bonito), que é arenoso com litologias pelito-carbonosas subordinadas. Os arenitos apresentam fáceis distintas, regressivas ou de retrabalhamento transgressivo, que se alternam ciclicamente (CASTRO, 1994: 33): "fluvial meandrante, como a sucessão, afinando para cima, de arenito e folhelho, sotoposta ao carvão Bonito; litorâneo retrabalhado por marés e/ou ondas, como os arenitos sobrepostos ao carvão Bonito e ao carvão Barro Branco, respectivamente; marinho raso, como sucessões engrossamento para cima, de interlaminação de arenito - folhelho,

de arenito com laminações cruzadas por ondas e de arenitos com estratificação “*hummocky*”.

A Formação Palermo apresenta-se distribuída desde a região do Morro Albino até Criciúma, onde encontra-se trincada pela falha a partir da qual constitui uma faixa estreita e alongada com exposições, contornando as soleiras de diabásio da área do Montanhão à norte e leste do *sill* de Nova Veneza. Está também presente na região de Siderópolis e ao longo das encostas da Serra Geral com uma espessura média de 90 m (HORBACH et al., 1986).

As rochas da Formação Rio Bonito recobrem discordantemente as rochas do embasamento (Complexo Canguçu) e concordante a Formação Rio do Sul, que mostram algures diasternas erosivos. Nesta mesma área encontra-se recoberta de modo concordante pela Formação Palermo, que por sua vez mostra relações concordantes com a Formação Irati (*ibidem*).

O Grupo Passa-Dois (o nome deve-se às exposições localizadas ao longo das cabeceiras do rio Passa Dois em Santa Catarina) inclui na base a Formação Irati, seguindo-se de schistos variegados e cinzentos da Estrada Nova e de Calcário Rocinha. A Formação Irati tem presença notória na área de estudo, onde os sedimentos ocorrem constituindo uma faixa estreita com desenvolvimento aproximado norte-sul, ao longo da escarpa da Serra Geral. Na área de Siderópolis ocorrem intrusões de diabásio, que se situam ao longo deste horizonte estratigráfico. A espessura média mencionada é de 30 m com o topo e a base das intrusões, que mostram contatos gravitacionais com a Formação Irati, sobreposta, por sua vez, aos siltitos da Formação Palermo. O contato entre essas unidades geológicas está delimitado pelo aparecimento de lentes de calcário (até 2 m), que ocorrem na base da primeira camada de folhelhos pretos pirobituminosos da unidade de estudo (*ibidem*).

O Grupo São Bento diferencia as Formações: Rosário do Sul, Botucatu e Serra Geral, esta última está localmente presente na área da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita.

A Formação Serra Geral, relevante à área de estudo, refere-se às rochas basálticas constituídas numa sucessão de corridas de lavas de composição predominantemente básica, que apresentam uma seqüência superior identificada como um domínio relativo de efusivas ácidas. As intrusões

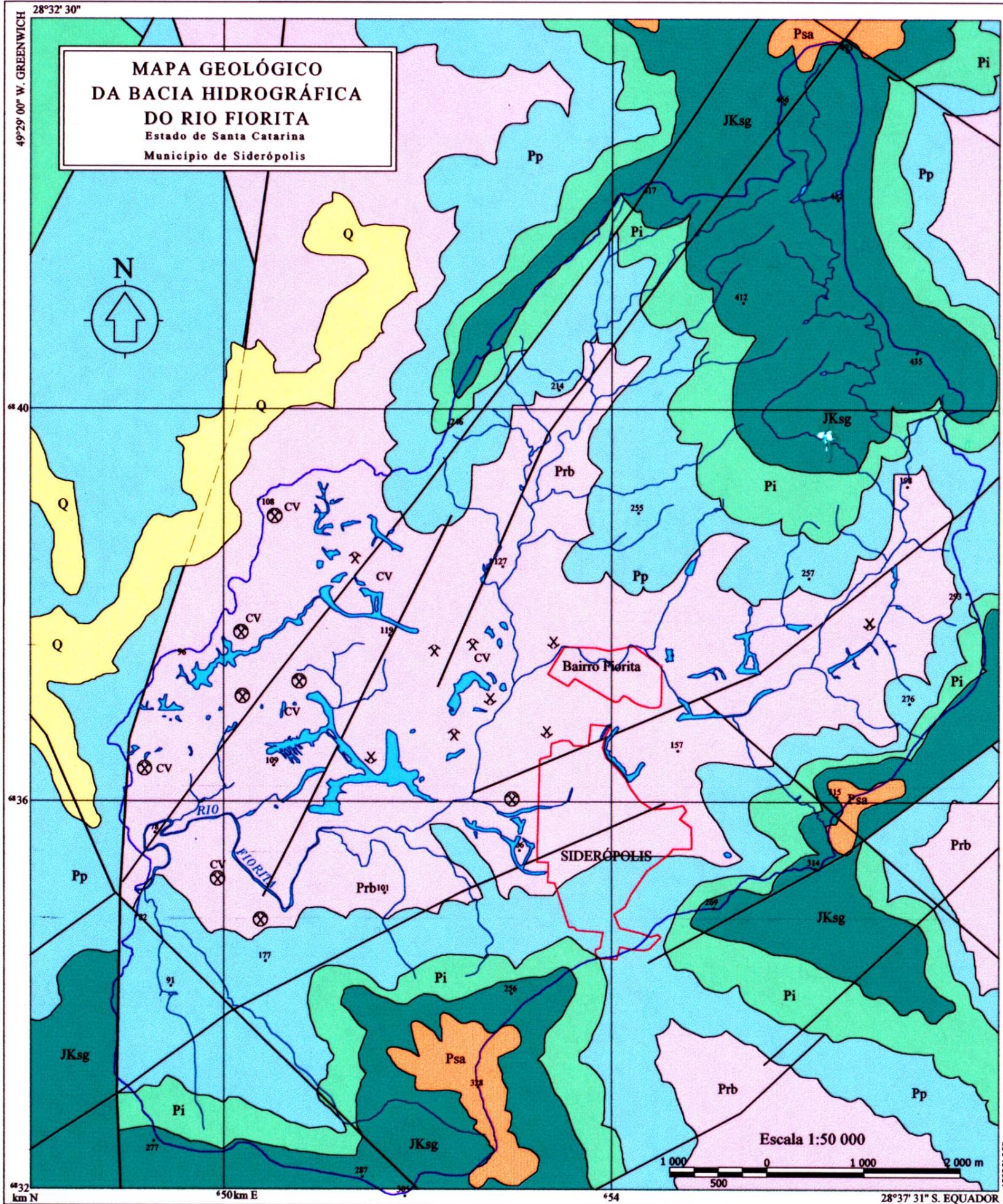
concordantes de *sills* de diabásio de várias dimensões são abundantes na região e alojam-se preferencialmente no contato do embasamento com a seqüência sedimentar da Bacia do Paraná e na Formação Irati. Os *sills* de diabásio ocorrem de modo mais abundante nos arredores de Criciúma com espessuras variáveis até 600 m. (HORBACH et al., 1986). As efusivas da Formação Serra Geral ocupam a parte superior do Grupo São Bento, correspondendo este clímax vulcânico ao encerramento da evolução gonduânica da Bacia Sedimentar do Paraná.

O conteúdo litológico dos compartimentos estratigráficos acima referenciados está discriminado na coluna geológica anexa ao Mapa Geológico.

As recentes coberturas englobam os depósitos aluviais e coluviais atuais e sub-atuais.

Os depósitos aluviais, constituídos de areias, cascalhos, silte e argilas, ocupam as calhas dos rios atuais e ocorrem formando faixas contínuas ao longo dos principais rios. Devido as particularidades hidrológicas da bacia estes encontram-se pouco expressivos na área de estudo.

Os depósitos coluviais são constituídos por conglomerados imaturos e inconsolidados com dominância de seixos de basalto, ocorrem ao longo da escarpa da Serra Geral. A localização destes depósitos está condicionada à bastante elevada declividade do relevo, que proporciona o deslocamento dos materiais ao longo das encostas. Estes sedimentos são constituídos por matacões, cascalhos e grânulos de basalto e menos freqüentemente de arenito associados à material argiloso. São comumente encontrados nas margens dos vales fluviais mais importantes e mostram gradação lateral em direção ao talvegue nos depósitos aluviais típicos (HORBACH et al., 1986). Os trabalhos do campo realizados confirmam a presença local destes depósitos nos vales do rio Fiorita e do rio Kuntz.



UNIDADES CRONO-GEOLÓGICAS		EVENTOS GEO-TECTONICOS	CONVENÇÕES E ARRANJOS LITOESTRATIGRÁFICOS	COLUNA GEOLÓGICA
CENOZOICO	QUATERNÁRIO		Q	SEDIMENTOS CONTINENTAIS Depósitos aluvionares atuais. (Q)
	TERCIÁRIO		TQ	SEDIMENTOS MARINHOS Terraços e sedimentos marinhos inconsolidados. (TQ)
MESOZOICO	JURASSICO	SUL-ATLÂNTICO	JKsg	FORMAÇÃO SERRA GERAL: Rochas vulcânicas em derrames basálticos, de textura afanítica, amigdaloidal no topo dos derrames, coloração cinza escura à negra com intercalações de arenitos intertrapeanos. (JKsg) Diques de diabásio. (db)
			TRjb	FORMAÇÃO BOTUCATÚ: Arenitos eólicos de ambiente desértico, avermelhados, fino a médios, com estratificação cruzada de médio a grande porte, localmente depósitos lacustres representados por arenitos argilosos, mal selecionados, mais frequentes na base da formação. (TRjb)
FANEROZOICO	SUPERIOR		Prr	FORMAÇÃO RIO DO RASTRO: Depósitos de planícies costeiras constituídas de siltitos, argilitos e arenitos finos, esverdeados, arroxeados e avermelhados, com representação local de bancos calcíferos, às vezes oolíticos, com abundantes fragmentos de conchas, na porção superior depósitos fluviais compreendendo arenitos avermelhados, arroxeados, amarelados e esbranquiçados, intercalados em argilito e siltito avermelhados, arroxeados com intercalações localizadas de siltitos calcíferos (Prr).
			Pt	FORMAÇÃO TEREZINHA: Depósitos marinhos rasos representados por alternância de argilitos e folhelhos cinza escuros com siltitos e arenitos muito finos cinza claros, apresentando laminação flaser, com ocorrência de calcários, por vezes oolíticos e leitos de coquina intercalados na porção superior. (Pt)
	MÉDIO		Psa	FORMAÇÃO SERRA ALTA: Depósitos marinhos compreendendo argilitos, folhelhos e siltitos cinza escuros com lentes e concreções calcíferas. (Psa)
			Pi	FORMAÇÃO IRATI: Depósitos marinhos representados na porção inferior por siltitos e folhelhos cinza escuros e cinza claros, na porção superior por folhelhos pretos pibetuminosos, folhelhos e argilitos cinza escuros e calcários creme a cinza escuros, por vezes dolomíticos alternados ritmicamente. (Pi)
INFERIOR		Pp	SUPER GRUPO TUBARÃO GRUPO QUATÁ FORMAÇÃO PALERMO: Depósitos marinhos representados por siltitos arenosos, amarelos-esverdeados (cor de alteração) intensamente bioturbados. (Pp)	
		Prb	FORMAÇÃO RIO BONITO: Depósitos marinhos representados por siltitos arenosos, amarelos-esverdeados (cor de alteração) intensamente bioturbados. (Pp) Seção Inferior: depósitos fluviodeltaicos compreendendo arenitos imaturos (arcósios e subarcósios) esbranquiçados, finos a médios, localmente grosseiros, argilosos, micáceos e secundariamente arenitos muito finos, siltitos, argilitos, folhelhos carbonosos, leitos de carvão e conglomerados. Seção Média: sedimentos marinhos compreendendo siltitos e folhelhos esverdeados, com níveis carbonáticos argilosos, silicificados em superfície e subordinadamente arenitos muito finos. Seção Superior: depósitos litorâneos e fluvio-deltaicos representados por arenitos finos a muito finos escuros intercalados com argilitos e folhelhos carbonosos e localmente leitos de carvão. (Prb)	
BRASILIANO		Prs	GRUPO ITARARÉ FORMAÇÃO RIO DO SUL: Sequência glacio-marinha constituída na porção inferior de folhelhos e argilitos cinza escuros localmente de aspecto várvido e na porção superior por argilitos, folhelhos várvidos, ritmicos, arenitos finos e diamictitos. (Prs)	
			SUITE INTRUSIVA PEDRAS GRANDES Granitoides não deformados, composição granítica a granodiorítica, com domínios alcalinos e subalcalinos, em geral biotíticos raramente a hornblenda, com diversas fácies composicionais e texturais.	
PROT. SUP. DO PALEOZOICO	CAMB. LORDOV.		PPZg	COMPLEXO TABULEIRO Associações granito-gnáissicas de médio grau metamórfico, polideformadas, cujos principais domínios apresentam forte foliação de alto ângulo devido ao cisalhamento dúctil em zonas de transcorrência além de migmatitos de injeção polifásica representado por granitoides neossômicos bandados. Granitoides-gnáissicos de composição diversas incluindo tonalitos e granitos "stricto sensu" eventualmente exibindo remanescentes xenolíticos de natureza anfibolítica apresentando características de injeção polifásica, com as variedades mais félsicas intrudidas nas variedades mais tonalíticas. A(T-B)tg
CONVENÇÕES GEOGRÁFICAS		CONVENÇÕES ESTRUTURAIS E GEOLÓGICAS		FONTES DE INFORMAÇÕES
<ul style="list-style-type: none"> Limite da Bacia Hidrográfica Rios Perímetro Urbano Lagos cota altimétrica 		<ul style="list-style-type: none"> cv carvão Atitude de estratificação: inclinada e horizontal Contato concordante limite das lentes dos corpos intrusivos e das coberturas cenozóicas Contato aproximado Falha aproximada mina a céu aberto mina paralizada mina subterrânea 		BASE GEOLÓGICA: Digitalizada a partir do Mapa Geológico 1:50.000 do 11 Distrito Regional do DNP. Base Geológica do Estado de Santa Catarina (1986) - 1:500.000. Proj. Borda Leste da Bacia do Paraná (1981) - 1:100.000. Proj. Fluorita no Sudoeste de Santa Catarina (1983) - 1:100.000. Proj. Básica Leste de Santa Catarina (1972) - 1:250.000.
				BASE CARTOGRÁFICA DIGITAL: (1:20 000) - "BASE Aerofotogrametria e Projetos S.A." - São Paulo - 1996 Projeção Universal Transversa de Mercator Datum Vertical: RN2Q e RN1446-1 (IBGE) Elipsóide: SAD-69 Datum Horizontal: Morro da Palha (IBGE) Levantamento Fotogramétrico 1:30 000 (JICA - 1996)
Escala 1:50 000 1 000 0 1 000 2 000 m		UFSC - CENTRO TECNOLÓGICO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE FOTOGRAFIETRIA, SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO		Projeto: PLANO SUL / CNPQ Org. e Ed.: Geógrafa EUGENIA KARNAUKHOVA Apoio: Eng. João Vicente H. G. K. Wanka Edição: maio 2000

Ocorrências minerais:

Carvão.

A área de estudo, como já foi mencionado, enquadra-se na íntegra no Distrito Carbonífero de Santa Catarina, que está grosseiramente delimitado pelo meridiano de Nova Veneza ao oeste e a leste pela faixa de afloramentos da Formação Rio Bonito. A norte o distrito estende-se até pouco além das cabeceiras do rio Hipólito e a sul até à borda do Oceano Atlântico, prolongando-se até a região Araranguá - Torres. A Bacia Carbonífera dispõe, assim, de uma extensão na ordem de 100 km e uma largura média aproximadamente de 20 km (HORBACH et al., 1986).

Dentro da estratigrafia adotada para a Formação Rio Bonito observa-se que as camadas de carvão da Bacia Carbonífera encontram-se todas dentro dos terços médio e superior desta unidade - os Membros Paraguaçu e Siderópolis. A estratigrafia e litologia deste último estão minuciosamente descritas no trabalho de Castro (1994). Intercalados nas rochas destes Membros podem-se distinguir dez níveis de carvão, dos quais pelas suas melhores propriedades destacam-se os níveis Barro Branco, Irapuã, Ponte Alta e Bonito.

A Camada Barro Branco é constituída por níveis de carvão intercalados com siltitos e folhelhos em porções grosso modo equivalentes. O seu perfil típico está ilustrado na Figura 17. Como demonstra a sua estruturação a Camada Barro Branco não comporta a utilização de métodos seletivos de lavra. Atualmente demonstra-se a camada total e obtêm-se do *run-of-mine* recuperações de carvão pré-lavado na ordem de 50 %. Com elevados teores de cinzas e enxofre o carvão da Camada Barro Branco é do tipo betuminoso alto volátil. Após a pré-lavagem nas áreas de mineração é transportado para o Lavador de Capivari em Tubarão para beneficiamento, onde resultam as frações de carvão metalúrgico coqueificável (com cerca de 18,5 % de cinza) e carvão-vapor (teor de cinzas na ordem de 40 %)(ABREU, 1973).

A camada Irapuã situa-se em média à 9 metros estratigraficamente abaixo da Camada Barro Branco e é constituída por níveis de carvão interestratificados com folhelhos e siltitos.

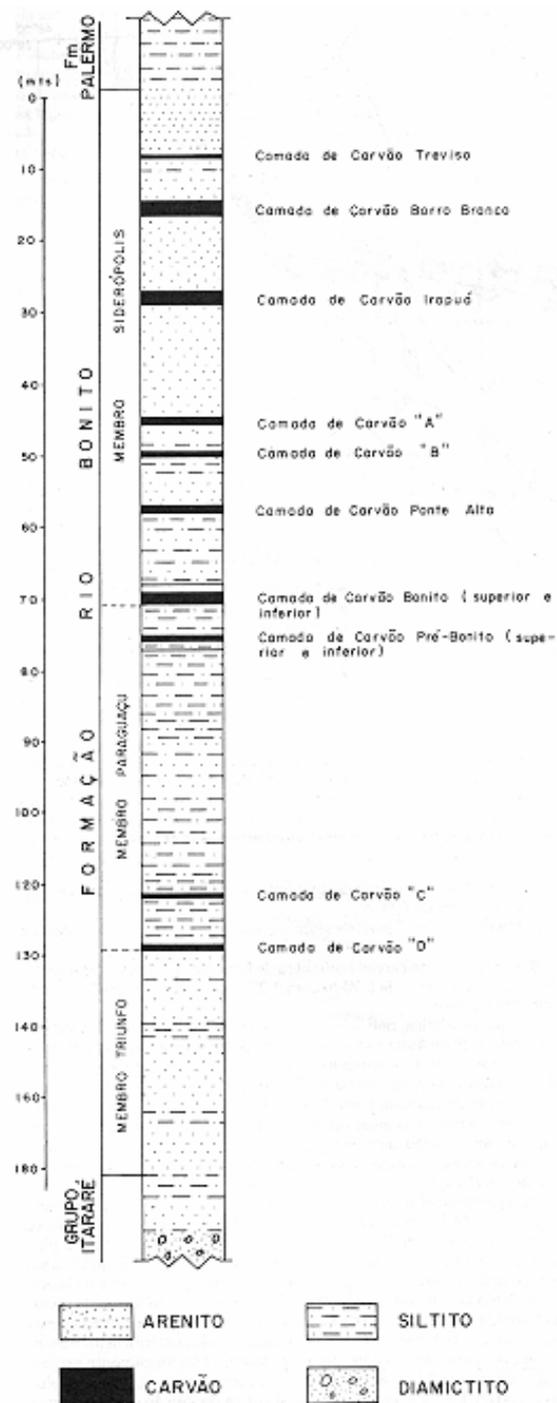


Figura 17 - Coluna estratigráfica generalizada da Formação Rio Bonito, mostrando a posição das ocorrências de carvão no Distrito Carbonífero de Santa Catarina

(Fonte: Horbach et al.(1986))

A razão carvão/estéril é extremamente variável. Apresenta espessuras economicamente exploráveis em áreas restritas, entre as quais a principal foi lavrada em maior escala na região de Siderópolis nas áreas da Carbonífera Prospera S/N (CSN) (CASTRO, 1994).

A Camada Ponte Alta situa-se entre as Camadas Irapuã e Bonito logo após os dois leitos de carvão e folhelhos carbonosos e não apresenta expressões regionais economicamente viáveis.

A Camada Bonito apresenta as maiores percentagens de carvão contido na camada total. É representada normalmente por dois leitos de carvão de espessuras variáveis e separadas por nível estéril, composto por arenitos finos e subordinadamente siltitos e folhelhos. Uma das três maiores áreas de expressão das Camadas do Barro Branco e Bonito é a área do Rio América (é a menor das três), compreende uma estreita faixa de direção nordeste, que se estende desde logo a norte de Siderópolis até a borda da faixa de afloramentos da Formação Rio Bonito, que passa pelo Rio América. A camada de carvão tem nessa área uma espessura máxima de 1,30 m (HORBACH et al., 1986).

Argilas e Caulins.

Inúmeras ocorrências de argilas e caulins são conhecidas no âmbito regional. Como fonte de matéria-prima para a indústria cerâmica estabelecida na área e com fins de reabilitação dos solos na área de mineração do carvão são empregues as argilas extraídas de recentes depósitos fluviais e de níveis argilosos da Formação Rio Bonito. Salientam-se ainda as ocorrências potenciais de argilas montmorelaníticas associadas a folhelhos cinza-escuro da Formação Irati (HORBACH et al., 1986).

4.2.2 Geomorfologia e Relevo

Geomorfologia:

A região geomorfológica Depressão do Sudeste Catarinense localiza-se a nordeste do Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares, que está encravada entre as regiões geomorfológicas Serras do Leste Catarinense, à leste, Planalto das Araucárias, a oeste, a Planície Costeira Interna, a sul, dispendo-se em forma alongada no sentido norte-sul, que abrange uma área de 2 043 km² (HORBACH et al., 1986).

Talhada em rochas sedimentares a Bacia do Paraná, a região se caracteriza por apresentar formas de colinas conseqüentes da dissecação homogênea, promovida pelo trabalho erosivo da rede de drenagem. Ocorrem solos Podzólicos Vermelho-Amarelos nas culturas cíclicas que substituem a vegetação original de Floresta Ombrófila Densa.

O posicionamento rebaixado da área com relação aos relevos elevados circunvizinhos e a sua localização geográfica no Estado de Santa Catarina foram os fatos que levaram a denominar a região de Depressão de Sudeste Catarinense, que engloba a Unidade Geomorfológica Depressão da Zona Carbonífera Catarinense (HORBACH et al., 1986).

A depressão da Zona Carbonífera Catarinense configura uma faixa alongada na direção norte-sul entre as unidades Geomorfológicas Serra Geral, a oeste, a Planície Alúvio-Coluvionar, a sudeste, Serras do Tabuleiro-Itajai, a leste e finalmente Planície Marinha, a Sul e sudeste. A extração do carvão mineral desenvolvida na área e o seu posicionamento altimétrico em relação aos relevos que o cercam proporcionaram a atribuição da designação de Depressão da Zona Carbonífera Catarinense.

A área da BHF situa-se no extremo nordeste da respectiva Unidade Geomorfológica no contato com a Unidade Geomorfológica Patamares da Serra Geral (Figura 18). Esculpida predominantemente nos arenitos, siltitos e folhelhos paleozóicos da Formação Rio Bonito a Depressão é caracterizada basicamente pela presença de processos erosivos, que desencadeiam uma dessecação intensa sem, no entanto, refletir o controle estrutural (HORBACH et al., 1986)

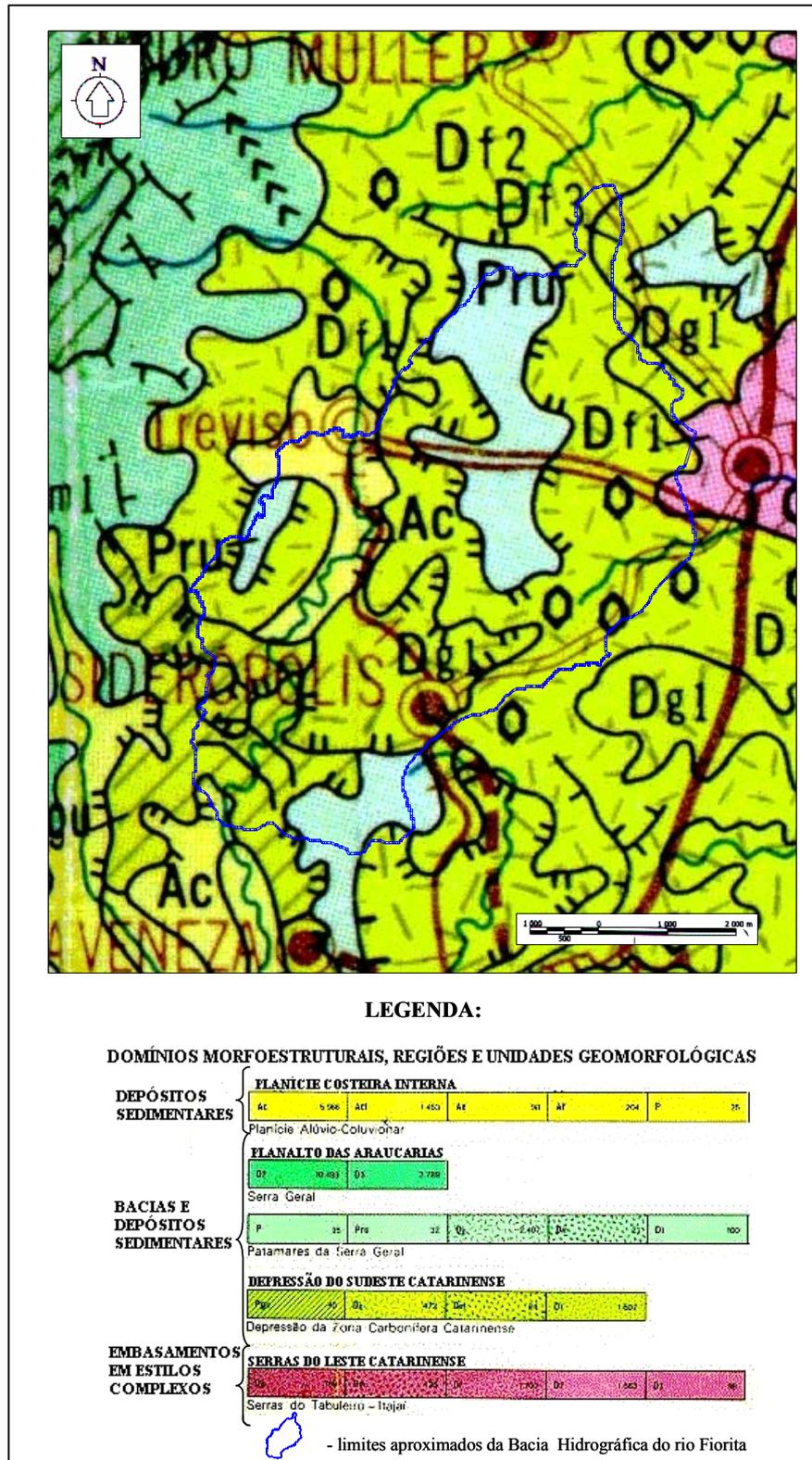


Figura 18 -Carta-Esquema da distribuição das unidades geomorfológicas na área da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita (Escala aproximada 1:200 000).

Fonte: IBGE, Projeto RADAMBRASIL. Mapa Geomorfológico. Escala 1: 1 000 000. 1986.

O relevo mostra duas feições bem marcantes. Da cidade de Siderópolis para norte apresenta-se colinoso do tipo convexo, estreito com vales encaixados. A densidade de dissecação predominante é fina e a secundária é média, com aprofundamento variado de 67 a 72 m (Df2 e Dm2). As vertentes são íngremes com espesso manto de intemperismo, o que favorece a ocorrência de processos de solifluxão e ocasionalmente movimentos de massa. De Siderópolis para sul as formas são côncavo-convexas com vales abertos; donde a densidade passa a grosseira com aprofundamento variado entre 20 e 50 m (Dg1). Disseminados nessa área encontram-se relevos residuais de topo plano mantidos por rocha mais resistente (basalto) e remanescentes de antiga superfície de aplanamento (Pru), que fazem parte da Unidade Geomorfológica Patamares da Serra Geral.

As formações superficiais da área de estudo podem ser classificadas em dois tipos: alúvio-coluvial proveniente dos movimentos de massa ocorridos nas encostas, que se depositam no vale e no leito maior do curso inferior do rio Fiorita, e os coluviais de solifluxão e depósitos de tálus. Os rios que drenam a bacia hidrográfica em estudo direcionam-se essencialmente para leste e apresentam-se encaixados e mostram padrão de drenagem déndrica.

Segundo o mapeamento geomorfológico realizado no âmbito do Projeto RADAMBRASIL, a Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita apresenta intrinsecamente três unidades morfo-estratigráficas principais (Figura 18):

(a) *Patamares periféricos da Serra Geral* (região das cabeceiras e interflúvios);

Formam:

Df2: Modelados de Dissecação Homogênea fluvial, que não obedecem ao controle estrutural e definem-se pela combinação das variáveis densidade e aprofundamento da drenagem: 1- 32 a 52 m de aprofundamento - dissecação média; grossa/média: 2- 57 à 75 m;

Dm.: Modelados de Dissecação Diferencial marcados pelo controle estrutural: 1- 55 a 140 m; 2- 192 a 260 m ; estão presentes: morros testemunhos; crista simétrica; ressaltos; escarpas; vale ou sulco estrutural;

(b) *Periferias Ocidentais da Depressão da Zona Carbonífera Catarinense* (setor central);

Pgu: Superfície de Aplanamento Degradada Desnuda. Feições planas desnudadas ou exumadas geralmente separadas por escarpas ou ressaltos de

outros tipos de modelados correspondentes a sistemas morfogênicos subsequentes.

Pru: Superfície de Aplanamento Retocada Desnudada. Planos inclinados irregulares desnudados em consequência de retoques sucessivos indicando predominância dos processos de erosão areolar, truncando rochas sãs ou pouco alteradas.

Modelados de Dissecação Homogênea: 1– 20 a 50 m - média grossa (Df1);

(c) **Rampas Colúvio – Aluviais** (área de confluência com o rio Mãe Luzia).

Áreas de Enxurrada planas ou abaciadas, resultantes da convergência, de leques de espraçamento coluviais, cones de dejeção da concentração de depósitos de enxurradas nas partes terminais das rampas de pedimentos podendo eventualmente apresentar solos solodizados.

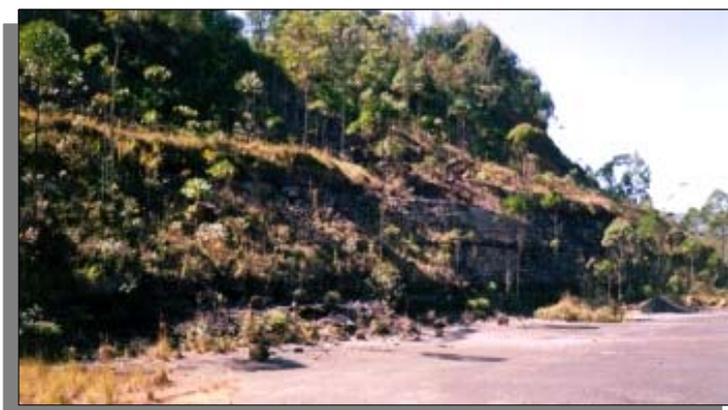
Os processos geomorfológicos contemporâneos abarcam generalizadamente: a erosão e deslizamentos de declives, corrosão, acomodações e compactação de zonas de aluviões: o assoreamento dos rios, o desvio e a alteração da base de erosão sob a ação antrópica e as inundações.

Como um poderoso ator tecnogênico destaca-se pela produção de novas formas de relevo (positivas e negativas) a atividade de mineração (Figura 19).



(a) - Depósitos de estéril e de rejeito em cones com vegetação pioneira

(b) - Valas abertas entre os depósitos do estéril e rejeito acumulam águas pluviais e se transformam em lagoas ácidas



(c) - Mineração a céu aberto deixa encostas abruptas com 5-30 m de altura, dificultando a regeneração espontânea da vegetação e condicionando o assoreamento intensivo dos cursos de água adjacentes devido a erosão permanente

(d) - Extensas áreas aplanadas com lagoas ácidas profundas foram formadas em locais de escavação e representam hoje as paisagens tecnogênicas com indícios de regeneração espontânea



Figura 19 - O impacto geomorfológico da mineração de carvão na bacia Hidrográfica do rio Fiorita.

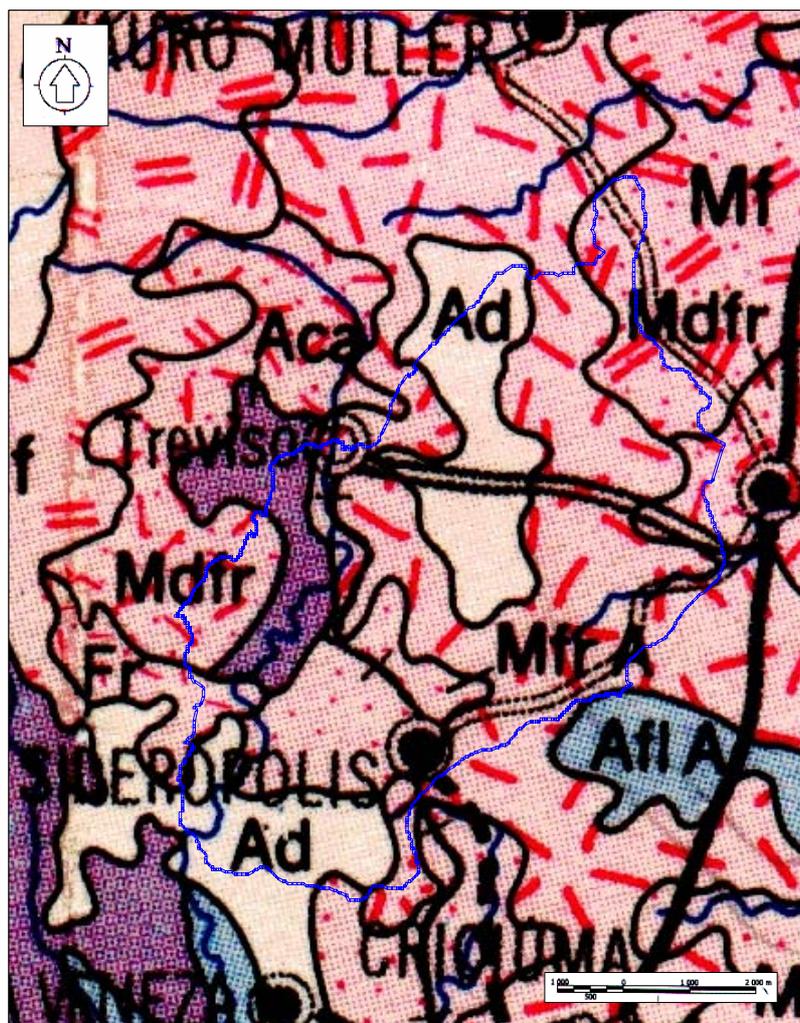
Relevo:

A área apresenta-se bastante acidentada onde os cursos de água entalham profundos vales. A região é constituída de rochas cristalinas, entretanto foi submetida a consideráveis esforços e apresenta uma série de fraturas que resultam no desaparecimento da continuidade do Planalto (Figura 20).

Os principais modelados de relevo são: as áreas de forte dessecação com patamares; os chapadões areníticos de cobertura suprabasáltica; a cuesta arenítico basáltica, entre outras (HORBACH et al.,1986).

As vertentes constituem-se de radiais convexas e contornos côncavos. Formando nos interflúvios convexidades e escarpas alternadamente, que são substituídos pelos declives intermediários de transporte e sopé coluvial com uma declividade média 15-30 % (HORBACH et al.,1986). Observam-se diversas formas íngremes no leito maior de origem tecnogênica, que são formados por rejeitos de mineração.

Dados morfométricos relacionados com a BHF constam no Diagrama 2. Nota-se portanto um predomínio absoluto da faixa altimétrica de 100 à 200 m com 43,6 % da área da Bacia.As cotas distribuem-se irregularmente, sendo o de 498 m - o ponto mais alto (cabeceiras do rio Fiorita) e o de 78 m - o mais baixo (confluência com o rio Mãe Luzia) (Diagrama 2 e o Mapa Hipsométrico).



RELEVO:

MODELADOS: CATEGORIAS: MORFOLOGIA E FORMAÇÕES SUPERFICIAIS

MODELADOS DE ACUMULAÇÃO, CATEGORIA

FLUVIOLACUSTRE (Afl A):

Morfologia e formações superficiais: planícies e terraços fluviais e lacustres periodicamente inundados com declividade muito fraca (0 a 2°). Paleocanais em diferentes estágios de calmatagem. Cicatrizes de movimento de massa na margem dos rios.

MODELADOS DE ACUMULAÇÃO:

CATEGORIA COLÚVIO-ALUVIONAR (Aca):

Rampas colúvio-aluvionares. Marcas de paleodrenagem. Declividade muito fraca (0 a 2°). Localmente morfologia de movimentos de massa e sulcos, ravinas.

MODELADO DE APLANAMENTO:

CATEGORIA EXUMADO (Ad):

modelado aplanado retocado, por vezes degradado, desnudado. Presença generalizada de ressaltos topográficos, anfiteatros de erosão nas cabeceiras de arroios e rupturas de declive nas vertentes com inclinação de fraca (2-5°). Cornijas, lajedos, pequenas quedas de água são comuns.

MODELADO DE DISSECAÇÃO:

CATEGORIA MUITO FRACA (MFR):

modelado convexo-côncavo com aprofundamento dos vales entre 15 e 50 m e densidade de drenagem grosseira. A inclinação das vertentes é moderada (5 a 10°) e a presença de *dales* nas cabeceiras é comum.

CATEGORIA FRACA (Fr):

modelado convexo-côncavo com aprofundamento de vales entre 15 a 50 m densidade de drenagem média. A inclinação das vertentes é moderadamente forte (10-18°). São comuns as *dales* nas cabeceiras de drenagem, os lajedos e o modelado de erosão acelerada.

CATEGORIA MODERADAMENTE FRACA (Mdf):

modelado convexo-côncavo com aprofundamento de vales entre 15 a 50 m densidade de drenagem média. A inclinação das vertentes é forte (18-30°). São comuns os lajedos e o modelado de erosão acelerada.



Limites da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita

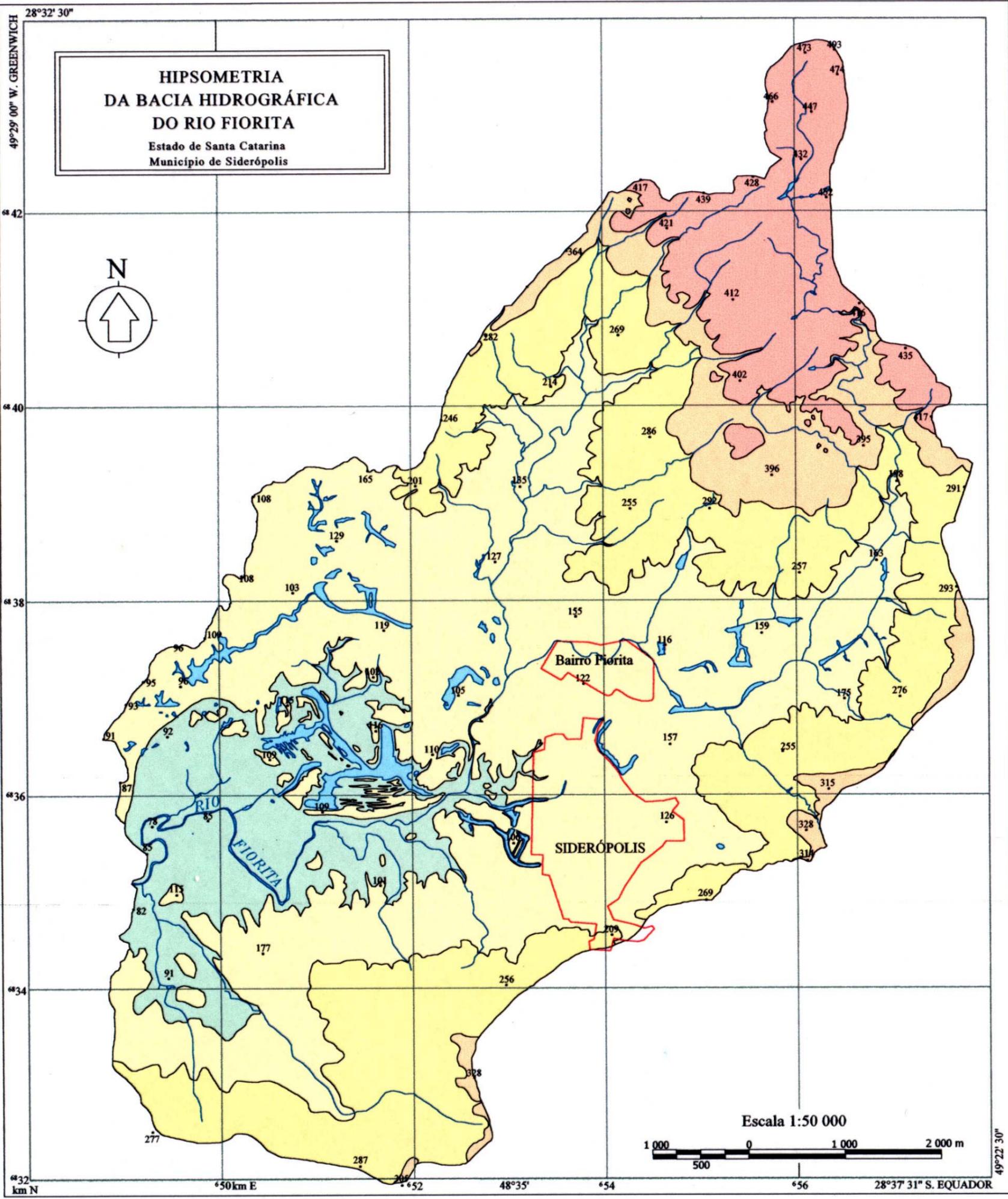


CIDADE

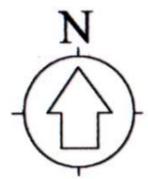
Figura 20 - Carta-Esquema de unidades morfológicas do relevo da na área da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita (Escala aproximada 1:200 000)

Fonte: IBGE, Projeto RADAMBRASIL. Mapa - Relevo. Escala 1: 1 000 000.

1986.



**HIPSOMETRIA
DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO FIORITA**
Estado de Santa Catarina
Município de Siderópolis



LEGENDA

Faixa Hipsométrica

<100 200 300 400 >400

Convenções geográficas

- rios
- lagos
- Bairro Fiorita
- limite da área urbana
- cotas altimétricas
- curvas de nível

Base Cartográfica Digital (1:20 000)
 "BASE Aerofotogrametria e Projetos S.A." - São Paulo - 1996
 Projeção Universal Transversa de Mercator
 Datum Vertical: RN2Q e RN1446-1 (IBGE)
 Datum Horizontal: Morro da Palha (IBGE)
 Elipsóide: SAD-69
 Levantamento Fotogramétrico 1:30 000 (JICA - 1996)

ASPECTOS FÍSICOS

Área : 57,4 km²
 Mesoregião : Bacia Carbonífera de Santa Catarina
 Microregião : AMREC - Associação dos Municípios da Região Carbonífera

Altitude da sede : 112,0 m
 Coord. geog. da sede: 28°36' S; 49°26' E
 Coordenadas UTM: 653500 m N; 6835500 m E
 Ponto mais alto : 493 m
 Ponto mais baixo: 78 m



UFSC - CENTRO TECNOLÓGICO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE FOTOGRAMETRIA, SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO

Projeto: PLANO SUL / CNPQ
 Org. e Ed.: Geógrafa EUGENIA KARNAUKHOVA
 Apoio: Eng. João Vicente H. G. K. Wanka
 Edição: maio 2000

FAIXA HIPSOMÉTRICA (m)	ÁREA OCUPADA (km ²)	%
0-100	7,22	12,8
100-200	26,00	43,6
200-300	15,16	26,3
300-400	4,15	7,3
400 <	5,38	9,5
<i>Total:</i>	<i>57,4</i>	<i>100,0</i>

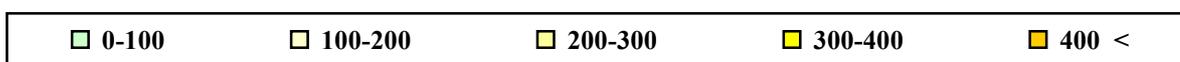
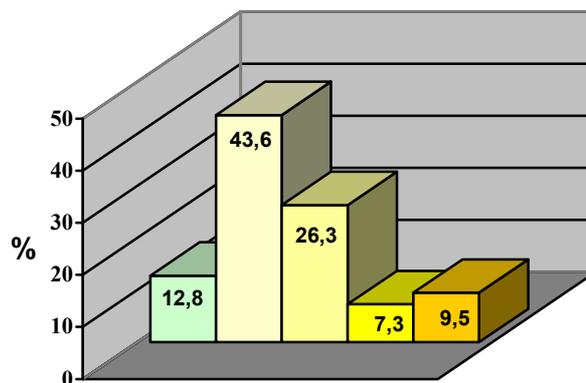
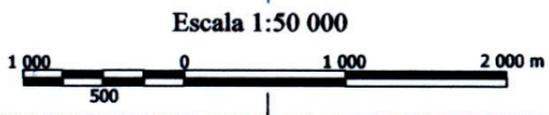
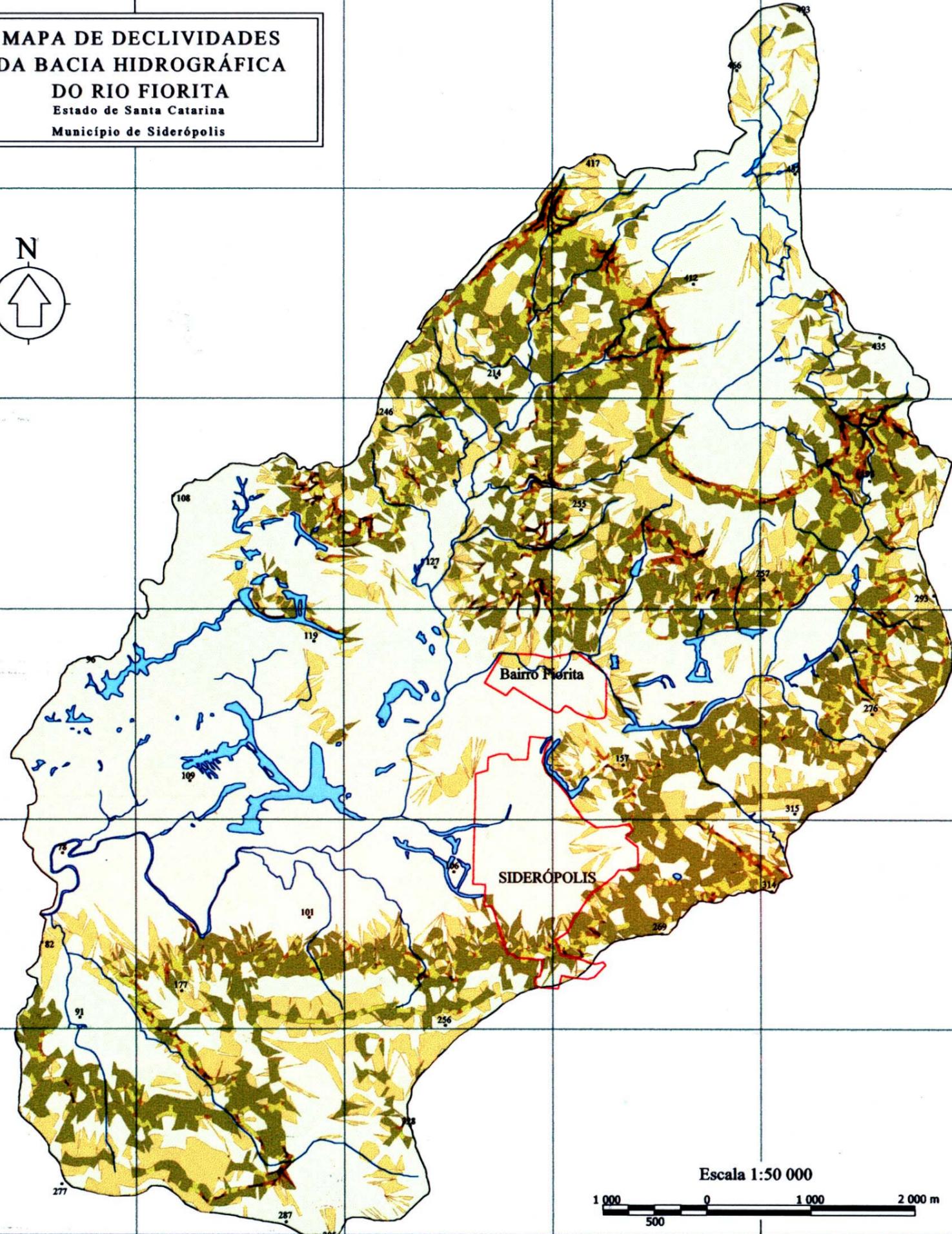
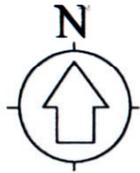


Diagrama 2 - Distribuição de Faixas Altimétricas na Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita (% da área total) (Levantamento planimétrico de 1996)

A divisória NE-SE-S tem as cotas até 200 m que vão gradualmente descendo na mesma direção. Enquanto as divisórias das direções NW-W-SW diminuem mais bruscamente até os 100 m de altitude na região de interflúvio entre o rio Kuntz e rio Mãe Luzia e posteriormente mantêm as cotas entre 80-102 m, na área da rampa colúvio-fluvial. O interflúvio entre o rio Fiorita e o rio Kuntz, seu principal afluente, atinge cotas de 433 m na parte mais alta e de 200 m na parte mais baixa.

As inclinações do terreno têm variações diversas oscilando essencialmente entorno de 5 à 10 % (64 % do território). As declividades mais acentuadas (acima de 30 % de declividade) constituem uma porção de 5 % da área da Bacia. As declividades superiores à 10 % marcam presença intrinsecamente nas encostas do vale fluvial, donde apresentam-se os interflúvios e os divisores principais com declividades inferiores à 10 %, com morfologias predominantemente planas (Mapa de Declividades e Diagrama 3).

**MAPA DE DECLIVIDADES
DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO FIORITA**
Estado de Santa Catarina
Município de Siderópolis



LEGENDA

Classe de Declividade (%):	Convenções Geográficas:
inferior à 5 %	157 cotas
5 % - 10 %	rios
10 % - 20 %	lagos
20 % - 30 %	limite da área urbana
30 % - 40 %	
superior à 40 %	

Base Cartográfica Digital (1:20 000)

"BASE Aerofotogrametria e Projetos S.A." - São Paulo - 1996
 Projeção Universal Transversa de Mercator
 Datum Vertical: RN2Q e RN1446-1 (IBGE)
 Datum Horizontal: Morro da Palha (IBGE)
 Elipsóide: SAD-69
 Levantamento Fotogramétrico 1:30 000 (JICA - 1996)

ASPECTOS FÍSICOS

Área : 57,4 km²
 Mesoregião : Bacia Carbonífera de Santa Catarina
 Microregião : AMREC - Associação dos Municípios da Região Carbonífera
 Altitude da sede : 112,0 m
 Coord. geog. da sede: 28°36' S; 49°26' E
 Coordenadas UTM: 653500 m N; 6835500 m E
 Ponto mais alto : 493 m
 Ponto mais baixo: 78 m

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



UFSC - CENTRO TECNOLÓGICO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE FOTOGRAMETRIA, SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO



Projeto: PLANO SUL / CNPQ
 Org. e Ed.: Geógrafa EUGENIA KARNAUKHOVA
 Apoio: Eng. João Vicente H. G. K. Wanka
 Edição: maio 2000

FAIXA DE DECLIVIDADE (%)	ÁREA OCUPADA (km ²)	%
< 5 %	22,5	39,3
5 - 10 %	14,5	25,3
10 - 20 %	4,8	8,4
20 - 30 %	12,5	21,9
30 - 40 %	2,0	3,49
40 < %	1,1	1,8
Total:	57,4	100,0

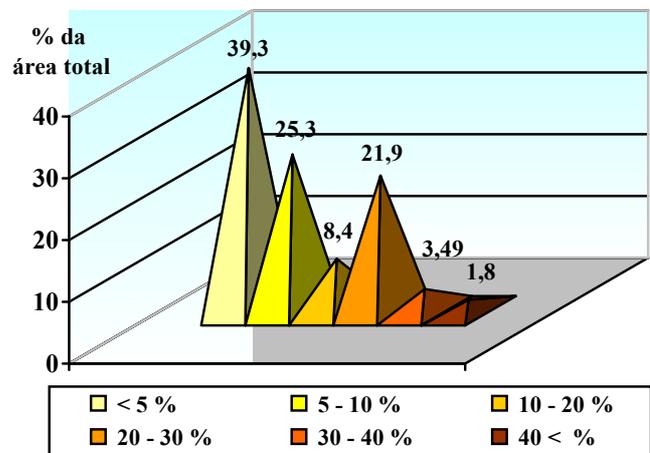


Diagrama 3 - Distribuição das Classes de Declividades (em %) na Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita (Levantamento Planimétrico de 1996)

Deste modo é possível diferenciar no âmbito geomorfológico três setores principais na BHF, que nitidamente se observam no modelo digital do terreno representado na Figura 21:

Setor C: corresponde à parte plana do curso inferior do rio; está compreendido entre as cotas 80-100 m; declividades até 5%; predominam as formas planas e de topos tabulares; intensidade de aprofundamento fraca; dissecação fraca (5-10 %) e muito fraca (2-5 %).

Setor B: corresponde a parte central da bacia; predominam terrenos entre 100-300 m; declividades entre 10-30 %; é área que apresenta o maior índice de influência antrópica (os centros urbanos e a mineração) com topos convexos e tabulares; intensidade de aprofundamento fraca com ocorrência até a média; dissecação: média (10-20 %).

Setor A: corresponde a parte mais alta da bacia com altitudes acima de 300 m, predominando as declividades acima de 20 %; intensidade de aprofundamento média (entre 250-750 m); dissecação forte (20-30 %).

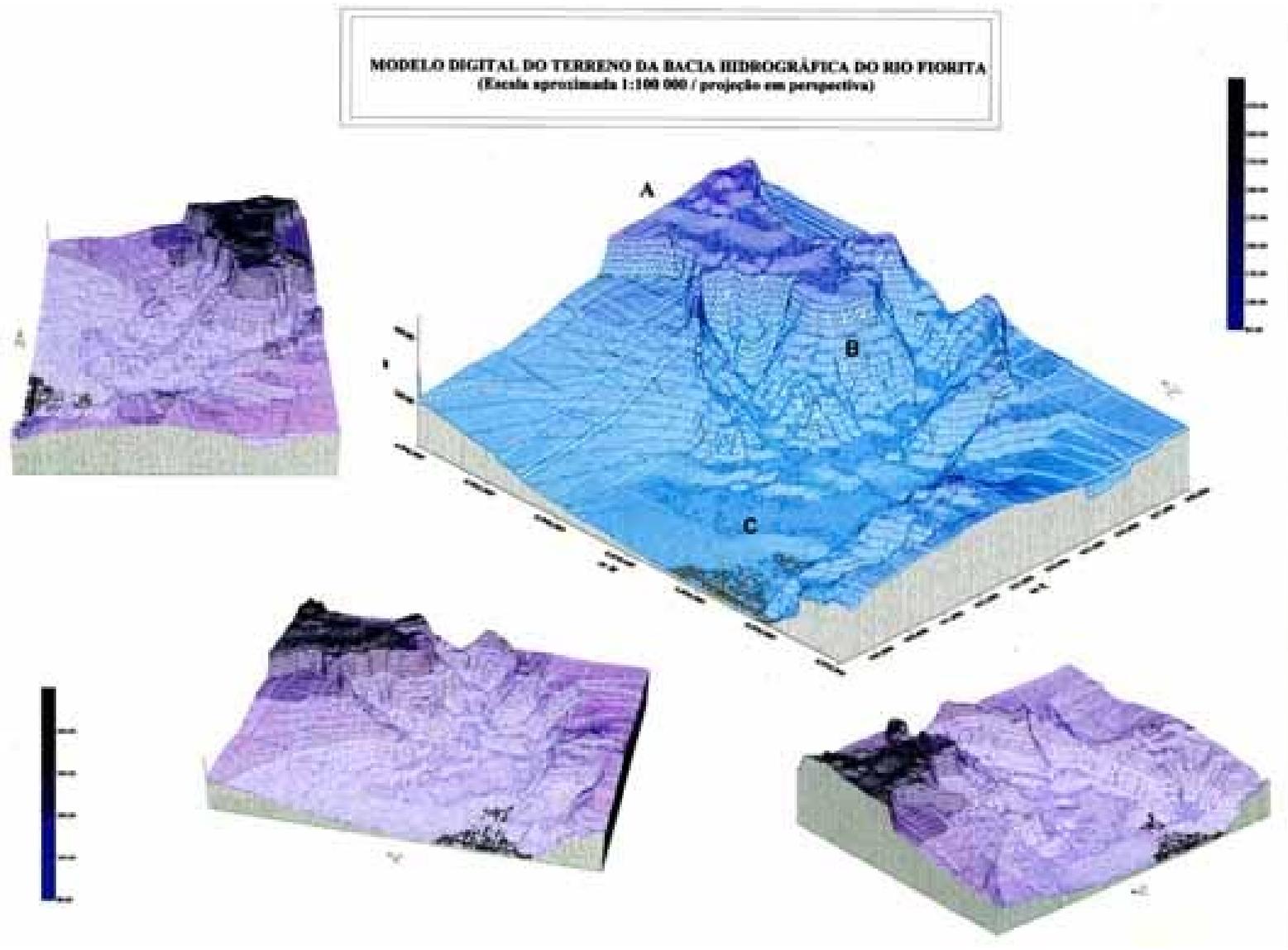


Figura 21 – Modelo Digital do Terreno – Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita

4.2.3 Hidrografia

A Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita é um dos afluentes da margem esquerda do rio Mãe Luzia que faz parte da Bacia Hidrográfica do Araranguá, Região Hidrográfica do Extremo Sul Catarinense, Bacia do Atlântico Sul (Trecho Sudeste), Sub-bacia 84 (segundo regionalização SDM, 1997).

A área total da BHF corresponde 57,4 km², sendo o perímetro igual a 38,73 km. O comprimento da Bacia (maior distância medida em linha reta entre a foz e determinado ponto situado ao longo do perímetro) é de 12,72 km e a sua largura é de 5,8 km, sendo a extensão do curso de água – 21 km.

A BHF dispõe de um volume de águas de cerca de 67 604 m³. O seu principal afluente é o rio Kuntz com uma área de drenagem de 270,0 ha e 23 776 m³ de volume de águas (SDM, 1997).

A forma do vale fluvial do curso principal: vale em "V" assimétrico (Figura 22). Padrão de drenagem - déndrica com controle estrutural. É uma bacia hidrográfica de 5ª ordem (segundo a classificação de Strahler) (Mapa Hidrográfico).

A avaliação da distribuição dos cursos de água de distinta ordem hierárquica permitiu a compilação dos dados no quadro a seguir:

Tabela 7 - Estrutura hidrográfica da Bacia do Rio Fiorita

Ordem do tributário (Seg. Strahler)	Nº total de tributários	Comprimento médio dos canais (m)	Extensão máxima do canal (m)	Extensão mínima do canal (m)	Extensão total dos canais (m)	%
1 ordem	422	279,83	2 461,11	11,39	83 092,46	48,91
2 ordem	119	468,69	2 781,53	15,98	52 898,65	31,14
3 ordem	25	868,84	2 998,35	43,85	17 911,31	10,54
4 ordem	6	541,14	919,47	97,9	8 017,43	4,72
5 ordem	1				7 976,68	4,70
Total:	573	-	-	-	169 896,53	100,00

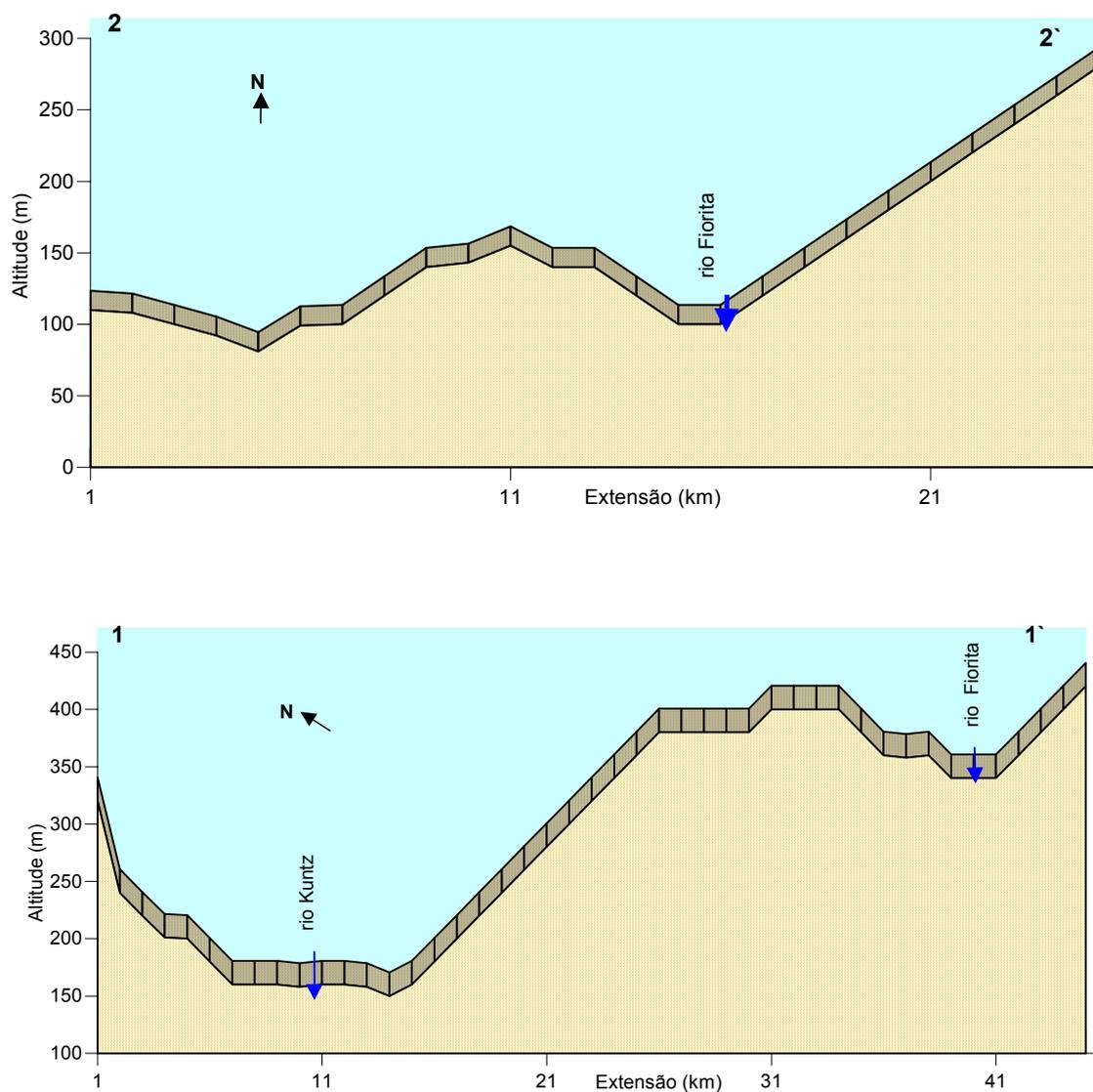


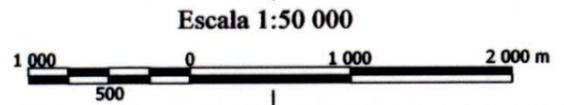
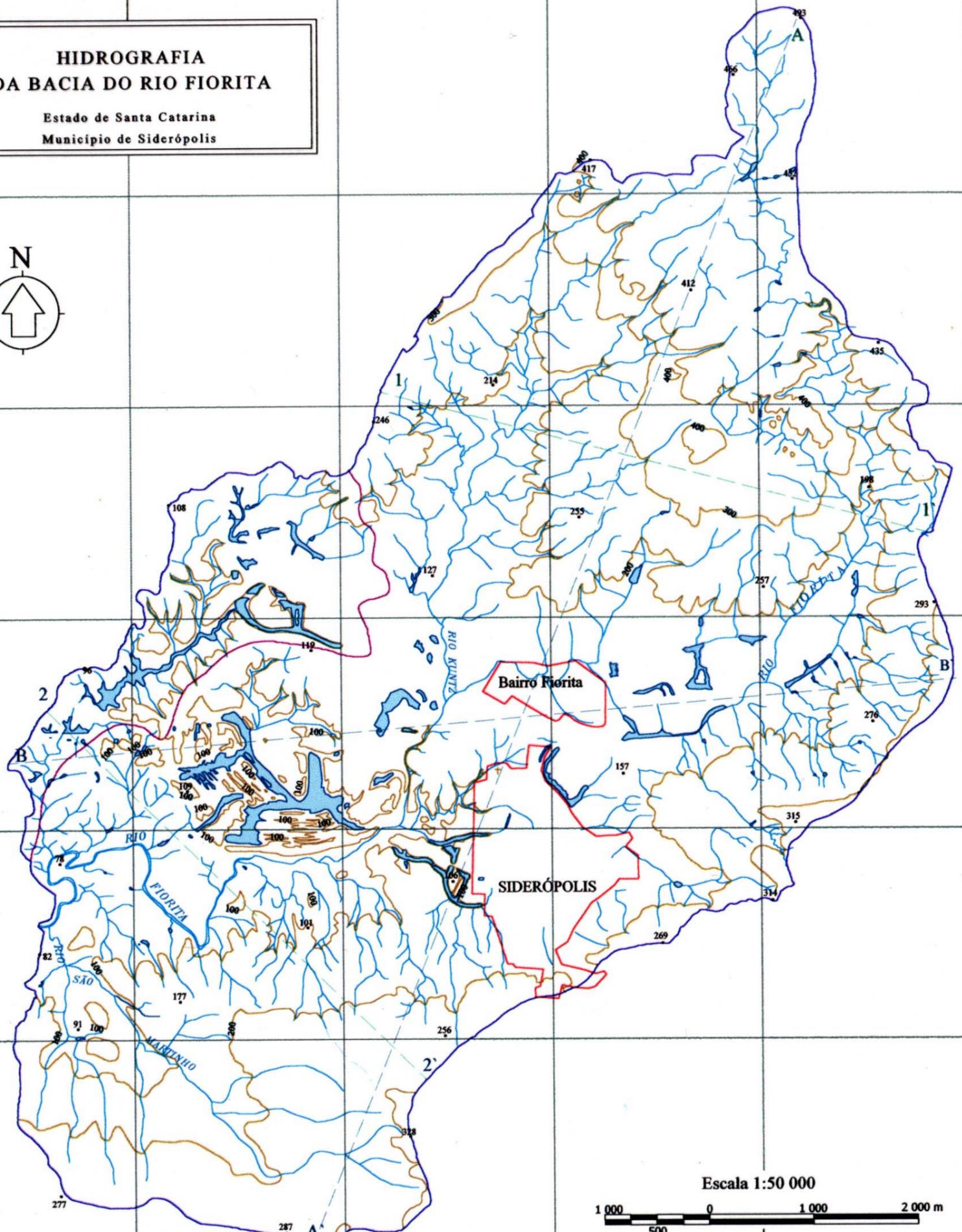
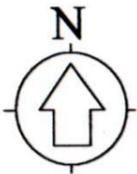
Figura 22 - Perfis Transversais do Vale do rio Fiorita

(1-1' próximo das cabeceiras;

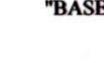
2 -2' próximo à foz – as linhas dos perfis estão traçadas no Mapa Hidrográfico)

HIDROGRAFIA DA BACIA DO RIO FIORITA

Estado de Santa Catarina
Município de Siderópolis



LEGENDA

-  rios
-  lagos
-  Bairro Fiorita
-  1 - 1' linha do perfil transversal
-  A - A' linha de maior comprimento da bacia (12,56 km)
-  B - B' linha de maior largura da bacia (9,03 km)
-  limite atual da área da bacia
-  limite da área da bacia hidrográfica segundo levantamento planimétrico de 1978
-  curvas de nível
-  157 cotas altimétricas

Base Cartográfica Digital (1:20 000)
"BASE Aerofotogrametria e Projetos S.A." - São Paulo - 1996
Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Vertical: RN2Q e RN1446-1 (IBGE)
Datum Horizontal: Morro da Palha (IBGE)
Elipsóide: SAD-69
Levantamento Fotogramétrico 1:30 000 (JICA - 1996)

ASPECTOS FÍSICOS

Área : 57,4 km²
Mesoregião : Bacia Carbonífera de Santa Catarina
Microregião : AMREC - Associação dos Municípios da Região Carbonífera
Altitude da sede : 112,0 m
Coord. geog. da sede: 28°36' S; 49°26' E
Coordenadas UTM: 653500 m N; 6835500 m E
Ponto mais alto : 493 m
Ponto mais baixo: 78 m

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



UFSC - CENTRO TECNOLÓGICO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE FOTOGRAMETRIA, SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO



Projeto: PLANO SUL / CNPQ
Org. e Ed.: Geógrafa EUGENIA KARNAUKHOVA
Apoio: Eng. João Vicente H. G. K. Wanka
Edição: maio 2000

A densidade de drenagem constitui 2,96 km/km², enquanto a densidade hidrográfica representa cerca de 10 canais fluviais por quilometro quadrado. A relação de bifurcação entre os canais varia entre 3,5 (entre a 1^a e 2^a ordem) e 4,7 (entre os da 2^a e 3^a), que mostram as tendências expressivas de dissecação acentuada e evidente controle geológico na morfologia e morfometria dos segmentos fluviais.

A análise dos perfis longitudinais (expressam a relação entre o seu comprimento e a sua altimetria, isto é o gradiente) dos seis tributários do rio Fiorita, cujas nascentes localizam-se em divisórias e/ou interflúvios opostos da bacia hidrográfica, permite observar a diversidade de características quanto ao equilíbrio dos canais, destacando-se três grupos distintos (Figura 23). O primeiro grupo constitui os perfis longitudinais dos afluentes de 1^a, 2^a e 3^a ordens da margem direita, com valores do gradiente entre 5 e 8 %, embora convexos ou retos (pela presença nítida da camada resistente da rocha ou da estrutura), apresentam maiores inclinações nos canais de ordens superiores, mostrando os canais de primeira ordem uma certa horizontalidade. O segundo grupo representa-se pelos afluentes de 1^a, 2^a e 3^a ordens da margem esquerda do rio Fiorita caracterizados pelos perfis mais acentuados, bastante irregulares, com porções convexas e côncavas, e onde o gradiente tem uma variação entre 3 a 10 %. As maiores inclinações nesses tributários situam-se nas áreas de segmentos dos canais de ordens inferiores. Esses dois grupos demonstram a predominância das morfologias dinâmicas e ausência de perfis tipicamente côncavos, considerados de equilíbrio. O terceiro grupo pouco expressivo em termos quantitativos apresentam alguns afluentes de 3^a ordem e os canais de 4^a e 5^a ordem do rio Fiorita, com gradientes de 0,2 a 2 % e cujos perfis longitudinais tendem a possuir uma concavidade expressiva. Nessas áreas ocorre o melhor equilíbrio entre o balanço da capacidade e da competência entre a quantidade e o calibre da carga transportada ao longo de todo a extensão do canal.

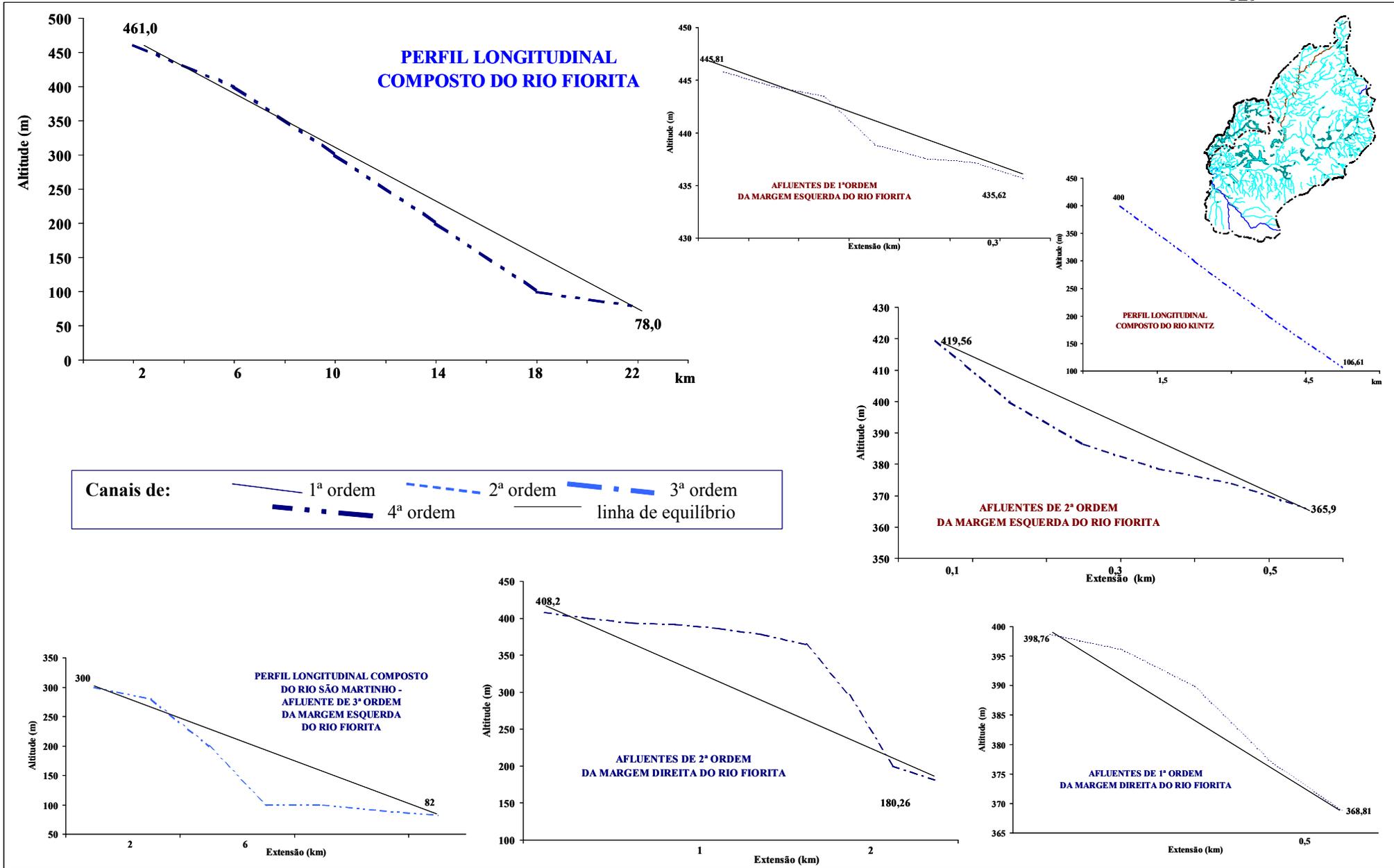


Figura 23 - Perfis Longitudinais dos tributários do Rio Fiorita

As características hidrográficas da Bacia do rio Fiorita integram-se no quadro geográfico regional.

O regime do rio obedece as tendências de regime pluvial oceânico de gênero subtropical (SANTOS, 1977), que caracteriza-se pela influência do mar e alimentação pluvial no fluxo de rio temperado de tipo oceânico. Sendo assim, são freqüentes as máximas ocasionais de vazão no inverno, quando se fazem muito freqüentes as instabilidades ocasionais pela passagem da frente polar sobre toda a área. As chuvas de verão são relativamente menos intensas e sensíveis às perdas. As vazões excepcionais que se têm verificado pertencem em geral à época de predominância das chuvas. Assim, segundo SDM (1997: 171) no período de 1980-95 foram observadas em agosto 1984 enchente parcial e em dezembro 1995 enchente com calamidade pública. Neste âmbito deve-se aludir às capacidades maiores ou menores de armazenamento das águas nos solos, aspecto este que está muito relacionado à cobertura vegetal protetora. Correlacionando esses dois fatores que vão criar condições para a alimentação fácil dos aquíferos, vem em pauta o aspecto negativo produto da ocupação humana, que rompe o equilíbrio mantido pela natureza.

O desmatamento está agravado drasticamente pela mineração, que acarretou a distribuição do quadro natural da vegetação e têm forçosamente trazido alterações no regime das fontes, na manutenção dos lençóis subterrâneos, com repercussão nas modificações que se possam depreender na bacia dos terrenos, predominando as camadas de arenitos fissurados, assim como espessos mantos de decomposição, que propicia o armazenamento das águas pluviais no subsolo, contudo contribuindo para as atenuações da vazante. O desflorestamento expôs à erosão intensa os trechos da bacia, condicionando assim o aumento de desgaste pela erosão normal. Entretanto, os arenitos e as rochas cristalinas não fornecem abundante quantidade de massas de desgaste nas condições naturais. O aumento de débito sólido arenoso e o assoreamento generalizado do Rio Fiorita é devido à poluição generalizada pela mineração e exposição dos estêreis à céu aberto freqüentemente junto ao curso das águas. Os problemas ambientais relacionados com a degradação da qualidade da água da BHF abordam-se no Capítulo a seguir.

Os mapeamentos históricos da BHF refletem que a área não possuía extensões consideráveis de lagos naturais. Contudo, os levantamentos topográficos posteriores ao ano de 1956 demonstram o aumento brusco das superfícies alagadas, assim como nas áreas de mineração de carvão (lagos de cava com águas ácidas), como também nas

áreas agrícolas, principalmente as adjacentes à mineração subterrânea, cujo surgimento atribui-se a necessidades de preservação dos recursos hídricos nas propriedades rurais particulares. Foi nos possível de identificar pelo levantamento sistemático de 1978 (IBGE) um total de 9 superfícies alagadas, dos quais 7 constam em áreas de mineração. No meio das formas atuais na formação de lagos torna-se quase impossível diferenciar os pequenos lagos de origem natural, sendo estes quase na totalidade absorvidos pela drenagem ácida e assoreamento nas áreas de mineração.

Atualmente (segundo levantamento topográfico da JICA de 1996) a BHF conta com um total de 83 lagos, entre grandes e pequenos, com uma superfície total de 1,06 km². O tamanho médio das superfícies alagadas corresponde à 0,013 km² e a área mínima corresponde à 24,3 m² (Diagrama 4).

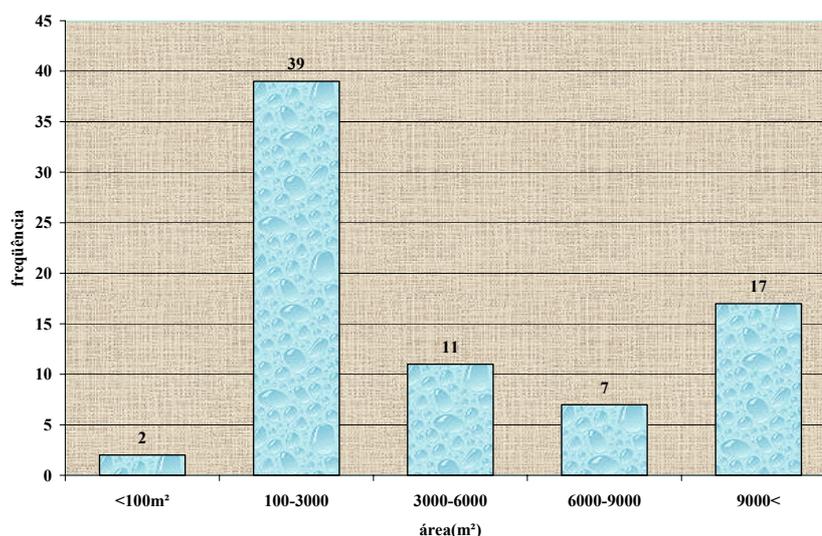


Diagrama 4 - Frequência de áreas dos reservatórios de água na Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita (m²)

Entre estes as maiores superfícies correspondem às bacias de decantação e os lagos de cava, onde o maior está situado à noroeste da área urbana (designado alegoricamente devido à sua configuração como "Dragão"), que ocupa uma cava de mineração à céu aberto e forma um espelho de água de 0,352 km². A hidrologia destes reservatórios, cujo tamanho médio oscila entorno de 0,0172 km², está ligada aos excessos de descargas pluviométricas e a interceptação dos lençóis friáticos ou aquíferos

locais, influenciados fortemente pelos depósitos de rejeitos da mineração e conseqüente há drenagem ácida.

Os lagos e/ou açudes criados nas áreas agrícolas situam-se em cavas artificiais normalmente dentro ou próximos dos cursos de água de 1ª ou 2ª ordem e em áreas da sede da propriedade, dispendo de superfícies menores que variam na ordem 0,0057 km². A quantidade desse tipo de reservatórios artificiais de água tende há aumentar induzida pelo escasseamento de recursos hídricos e o desaparecimento das fontes naturais de água nas áreas de mineração subterrânea (exemplo: Projeto do Rio Albina onde nos últimos anos foram criados açudes em todas as propriedades rurais, cujo objetivo é o de garantir a sua sustentabilidade, dado o avanço da mineração subterrânea em direção às nascentes).

O aumento tão expressivo das áreas ocupadas com águas superficiais numa região tão restrita representa uma tendência preocupante, que carece de estudos aprofundados quanto aos seus efeitos hidrológicos e climáticos regionais, como também as suas conseqüências socioeconômicas.

4.2.4 Clima

A Bacia Hidrográfica Fiorita pela sua posição físico-geográfica pertence à Região Sul do Brasil, que se caracteriza pela homogeneidade e a unidade de condições climáticas com domínio quase absoluto do clima Mesotérmico do tipo Temperado.

As características climáticas desta região se devem à ação simultânea e constante interação de fatores e processos meteorológicos de origem estática e dinâmica. A posição geográfica condicionada pela sua localização na zona temperada sublitoral lhe proporciona a existência de quatro estações. Com um total de insolação na ordem de 2000 - 2400 horas/ano (SC,1996).

A posição latitudinal e marítima da Região Sul determina uma intensa insolação e evaporação, além da forte concentração de núcleos de condensações que certamente contribuem para o acréscimo de chuvas em seu território, sempre que esta Região é atingida por frentes frias e outros importantes fenômenos de ascendência dinâmica do ar (*El Niño/ La Niña*) (NIMER, 1977).

Entre os principais fatores atmosféricos de formação do clima destacam-se as atividades anuais e sazonais dos principais *centros de ação* (NIMER, 1977):

- (a) o centros de alta sobre os oceanos (alta do Pacífico e alta do Atlântico) – que constituem as fontes das principais massas de ar tropical marítimas, sendo predominante a ação do anticiclone do Atlântico;
- (b) o anticiclone semifixo do Atlântico Sul que domina a região durante o ano condiciona a existência dominante dos ventos SE e NE, que são constituídos por massas de ar tropical marítima de temperaturas elevadas e amenas, com forte umidade;
- (c) as altas tropicais (representadas por pequenas dorsais, muito móveis, e que trazem as correntes perturbadas) e polar (conhecido por anticiclone polar marítimo da América do Sul que trazem as massas polares e as correntes perturbadas). Desta maneira, a Região Sul quanto à circulação atmosférica é caracterizada pela descontinuidade frontal, isto é, uma região de passagem da frente polar em frontogênese, o que a torna sujeita às sucessivas invasões de correntes perturbadas do Sul, que alcançam uma extraordinária regularidade bem notável na área de estudo;
- (d) o centro negativo localizado no interior do Continente Sul-americano, mais comumente sobre a região do Chaco, chamado Baixa do Chaco ou do Interior; tem origem termodinâmica, extremamente móvel, traz bom tempo durante o verão devido a baixa umidade, que adquire importância para a Região, somente no verão é pouco chuvoso ou “seco”;
- (e) a baixa do mar de Weddell e a alta dos Açores, que exercem influência indireta sobre a Região Sul (1º quando a atividade ciclônica aproxima-se do continente provoca alterações frontais generalizadas, que condiciona conseqüentemente a predominância na Região Sul os ventos NE do anticiclone do Atlântico Sul, que traz bom tempo e brusco aquecimento, constituindo o fenômeno denominado aquecimento pré-frontal; 2º possui estrutura e propriedades típicas das altas subtropicais, porém influi na circulação regional muito remota).

As principais massas do ar causadoras de quedas pluviométricas atuam mais ou menos de formas semelhantes sobre todo o território regional, que resulta numa distribuição espacial mais uniforme deste fenômeno durante o ano.

A extensão meridional da Serra Geral condiciona a formação de faixas microclimáticas de distribuição espacial aproximadamente paralela à linha do litoral,

obedecendo as regularidades gerais da diminuição gradual da umidade e da temperatura na direção litoral – Serra e em função das cotas absolutas do terreno.

A umidade relativa anual constitui 80-85 %, sendo a pluviosidade média na região de Siderópolis de 1400-1600 mm/ano (SC, 1996), distribuída em 100-130 dias chuvosos por ano. A distribuição das quedas pluviométricas de ano para ano não tem sido uniforme, sendo possível a ocorrência de anos pouco chuvosos ou “secos”, devido aos desvios pluviométricos notáveis em consequência de alternâncias na circulação atmosférica. Em função disso os excedentes hídricos anuais variam na ordem de 600-800 mm.

As temperaturas médias anuais oscilam entre 16-18° C, sendo a média de julho de 12-14° C, e a média de janeiro – 22-24° C (SC, 1986). O mês mais frio é Julho com possibilidades de gradientes térmicos diários inferiores a 10° C e ocorrências de noites frias (de 3-5 noites/ano) com temperaturas $\leq 0^{\circ}$ C, sendo possível a ocorrência de geadas.

Na área da BHF predomina o *Clima Mesotérmico Úmido com verão quente* (segundo a classificação de Köppen). Caracteriza-se o Inverno bastante sensível e pouco intenso, enquanto o Verão é quente com médias acima de 22° C. Esta estação torna a amplitude térmica anual da área muito importante.

As diferenciações microclimáticas na área de estudo são devidas aos efeitos de dissecação do relevo, do desflorestamento e do aumento do espelho de águas dos açudes e das lagoas ácidas, pela poluição generalizada da atmosfera devida a lavra de carvão à céu aberto.

4.2.5 Solos

Este ponto da caracterização ambiental foi compilado essencialmente a partir dos trabalhos de Oliveira (1992), Prado (1996), JICA (1996) e Ker et al. (1986). O trabalho dos Ker et al.(1996), realizado no âmbito do projeto RADAMBRASIL, foi de essencial importância para descrição de regularidades da formação e distribuição geográfica dos principais tipos de solo, considerando que disponibilizam a descrição de diversos pontos amostrais situados na área de estudo ou suas proximidades.

Os solos originais da região da BHF pertenciam (nos locais de lavra) e pertencem onde não foram afetadas pela mineração à unidade de mapeamento Treviso (SDM, 1997). Os solos são derivados nitidamente de rochas paleozóicas da Formação Rio Bonito compostas de arenitos finos a grosseiros, siltitos, folhelhos carbonosos e níveis de carvão.

Estão presentes intrinsecamente na área de estudo segundo o Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos: os Solos Podzólicos Vermelhos Escuros associados aos siltitos e arenitos, os Podzólicos Vermelho-Amarelos sobre arenitos; os Cambissolos Húmicos e Álicos sobre argilas, folhelhos e gnaisses, e os Gleis Húmicos e Gleis Pouco Húmicos sobre as argilas e aluviões associados aos terrenos baixos do vale e do leito maior dos cursos d'água, em áreas de drenagem deficiente e rampas aluviais.

Nas áreas bastante dissecadas predominam os Podzólicos Vermelho-Amarelos Latossólicos álicos de textura argilosa, aos quais se associam os Podzólicos Vermelho-Amarelos álicos de textura média/argilosa e em alguns casos Latossolos Vermelho-Amarelos (KER et al., 1986).

Tipologia

Latossolos Vermelho-Amarelos (PVL_a2 e PVL_a3)

Compreendem solos minerais não hidromórficos, que apresentam horizonte B latossólico, com teores de Fe₂O₃ inferiores a 9 %. Representam solos profundos bem drenados de textura argilosa, porosos e bastante permeáveis, tendo baixo gradiente textural e pouca diferenciação entre os horizontes (Figura 24).

Na área de estudo associam-se as litologias derivadas do basalto da Formação da Serra Geral (Juracretáceo) e recebem a contribuição de arenito da Formação Botucatu (Jurássico), ocorrendo em pequenas áreas de interflúvios e nas cabeceiras do rio Fiorita. Localizam-se em áreas de relevo ondulado, sendo o terceiro componente das unidades de mapeamento PVL_a2 e PVL_a3.

São solos ácidos de baixa fertilidade natural com baixos valores de soma e saturação de bases e álicos. Bastante susceptíveis à erosão quando são de textura média.

Esses solos são utilizados para culturas diversificadas nas pequenas propriedades, destacando-se o tabaco, o milho e o feijão. Apresentam-se como principais limitações para o uso agrícola a sua baixa fertilidade natural e o relevo em que se situam, exigindo práticas de calagem e adubação intensivas para além de requerer um controle efetivo da erosão.

Podzólico Vermelho-Escuro latossólico álico (PEL_a)

Compreendem os solos minerais não-hidromórficos com horizonte B textural de cores avermelhadas com tendência a tonalidade escura, usualmente de matiz mais vermelha que o 5YR e com valor inferior a 5, croma menor que 7 e teores de Fe₂O₃ inferiores a 15 %.

Os Podzólicos Vermelho-Escuros apresentam grande diversidade quanto à sua fertilidade. Quando se formam de materiais de origem relativamente ricos apresentam boa disponibilidade das bases podem ter caráter eutrófico, que se verifica comumente.

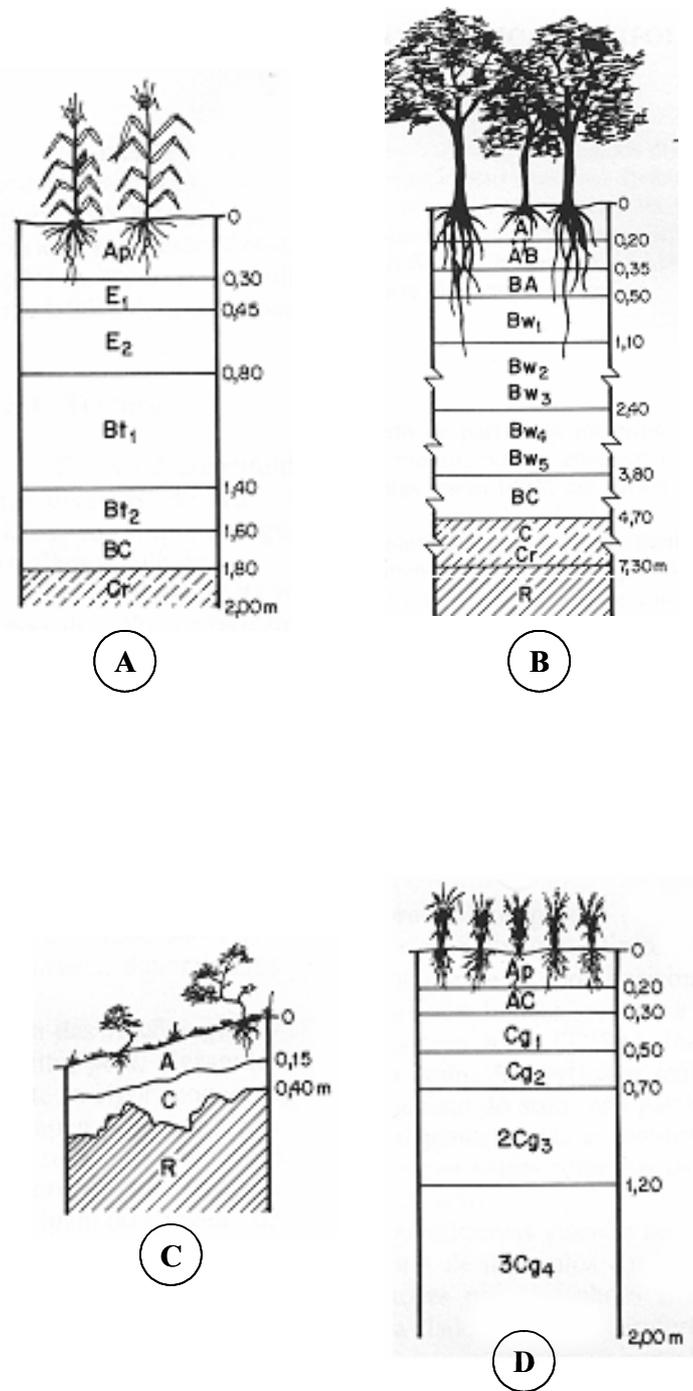
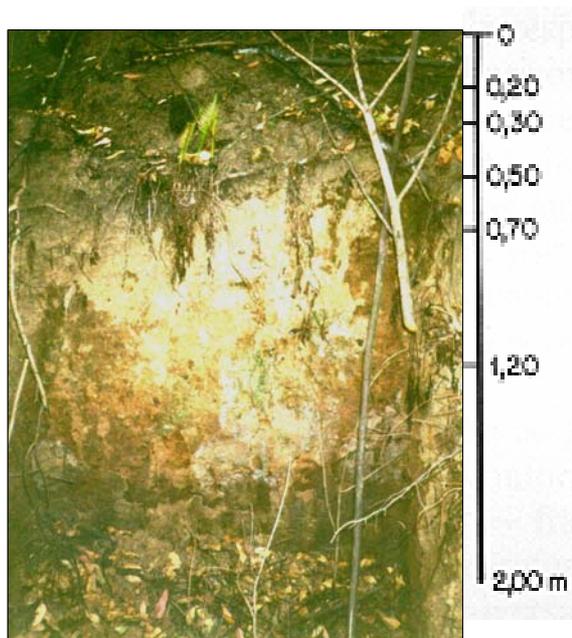
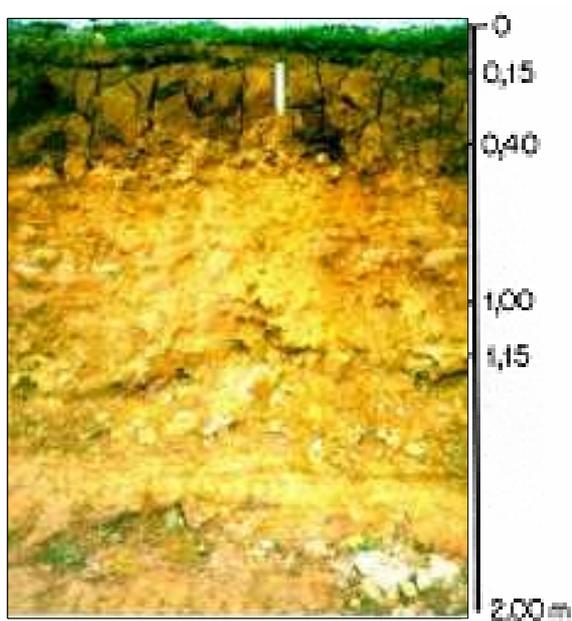


Figura 24 - Perfis hipotéticos dos solos ilustrando diferentes horizontes e camadas:
 A - Podzólico Vermelho-Amarelo; B - Latossolo; C - Gleí pouco Húmico; D - solo Litólico.

(Fonte: Oliveira(1992))



*Figura 25 - Cambissolo álico distrófico textura média cascalhenta,
margens do rio Kuntz (28°33'48''S e 49°26'02''E)*



*Figura 26 - Cambissolo álico eutrófico textura argilosa,
vale do rio Kuntz (28°39'47''S e 49°26'01''E)*

Encontram-se em áreas do relevo praticamente menos movimentado que o dos Podzólicos Vermelho-Amarelos, com os quais é comum encontrarem-se associados, que permite em muitas circunstâncias o emprego de máquinas agrícolas sem grandes restrições.

As limitações mais sérias são os declives nos terrenos mais acidentados e a deficiência de fertilidade nos solos distróficos e álicos. No entanto, respondem bem à aplicação de fertilizantes e corretivos. Os álicos não apresentam normalmente teores de alumínio notavelmente muito alto, sendo comum a necessidade de altas doses de calcário.

Podzólico Vermelho-Amarelo álico, distrófico e eutrófico (PVL_a 1,2,3; PV_a 4; PV_a13)

Compreende solos minerais não-hidromórficos com horizonte A ou E seguidos de horizonte B textural não plíntico, argila de atividade alta ou baixa, de cores vermelhas à amarelas e teores de $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 11 \%$, que apresenta distinta individualização de horizontes e os solos mais típicos dessa classe, como se mostra na Figura 24-A. Compreendem solos com grandes variações das características morfológicas e analíticas, porém com presença distintiva do horizonte B textural que diverge do A ou E, seja pela cor, ou pela diferença de textura e complementação marcante de estrutura em blocos, sendo a textura argilosa ou muito argilosa.

Alguns Podzólicos Vermelho-Amarelos apresentam apesar de argilosos a estrutura e cerosidade pouco desenvolvidos, chegando a constituir solos intermediários com os Cambissolos. São os Podzólicos Vermelho-Amarelos Câmbicos.

Do ponto de vista analítico os Podzólicos Vermelho-Amarelos tanto podem ser eutróficos como distróficos ou álicos. As possibilidades de combinações, considerando-se as características morfológicas e as analíticas, são grandes, permitindo ampla diversificação de modalidades de solos pertencentes a essa classe.

Os Podzólicos Vermelho-Amarelos constituem, a par dos Latossolos Vermelho-Amarelos, a classe de solos mais comum do Brasil, que lhes confere especial importância. Ocorrem na BHF em áreas expressivas nas condições de subdominância nas unidades de mapeamento PVL_a1, 2, 3 e a dominância das unidades PV_a4 e PV_a13, que são derivados de litologias dos Grupos Guatá e Passa-Dois.

Os distróficos e os álicos naturalmente apresentam restrições quanto à sua fertilidade, que pode estar acrescida de limitações devidas a outros fatores. Os álicos e os com argila de atividade alta requerem quantidades de corretivos relativamente grandes para eliminar a toxicidade do alumínio e suprir as plantas em cálcio e magnésio.

Os eutróficos desde que não abruptos apresentam como principal restrição as condições do relevo. Aliás, de maneira geral essa classe ocorre em relevo ondulado ou nos mais acidentados.

Habitualmente ocupam em relação aos Latossolos terrenos de relevos mais dissecados. Os inúmeros tipos de Podzólicos Vermelho-Amarelos identificados no Brasil apresentam certa ordenação na sua distribuição. Os eutróficos na sua maioria encontram-se relacionados principalmente com a origem do material e/ou com o clima mais seco. São geralmente utilizados para as culturas anuais com destaque para o milho e o tabaco.

Glei Húmico e Glei Pouco Húmico distróficos e eutróficos (HGPe)

São solos minerais hidromórficos com horizontes A ou H seguidos de horizonte glei, que começam a menos de 40 cm da superfície quando precedido pelo horizonte H; neste caso são solos minerais que possuem seção superficial de constituição orgânica, mas que não chegam a se caracterizar no entanto requerido pelos Solos Orgânicos.

São solos mal ou muito mal drenados com forte gleização e seqüência de horizontes normalmente A (ou Ag) - Cg ou A (ou Ag)-Big - Cg. Na escassa diferenciação de horizontes desses solos só tem realce a expressão do horizonte A dos Glei Húmicos.

São desenvolvidos em várzeas, áreas deprimidas, planícies aluvionais, vale dizer em locais de terras baixas vinculadas a excesso d'água, ou mesmo em bordas de chapadas em áreas de surgimento da água subterrânea. Devido à circunstância de terem origem em situações de aportes de coluviamento ou de aluvionamento e também devido ao microrelevo dos terrenos, logo esses solos não apresentam um padrão de distribuição uniforme das características morfológicas e analíticas ao longo do seu perfil, nem tão pouco horizontalmente.

Esses solos têm sérias limitações para o uso agrícola, devido à presença do lençol friático de pouca profundidade e com grande risco de inundações ou

alagamentos freqüentes. A drenagem é imprescindível para torná-los aptos para o maior número de culturas, pois nestas condições naturais são utilizadas quando possível apenas para o plantio de arroz, alguns pastos e para a olericultura. Nos solos freqüentemente inundados somente obras de grande porte como as barragens nos rios ou diques marginais (pôlderes) podem diminuir esses riscos. A drenagem com o nível de base elevado pode ser de difícil execução.

Uma vez drenados e corrigidas as deficiências químicas esses solos prestam-se principalmente para pastos, culturas anuais diversas, entre a cana-de-açúcar, a bananicultura e para a olericultura.

Cambissolo distrófico e eutrófico (CBHa1; Cd2)

Compreende solos minerais não hidromórficos com drenagem variando de acentuada até imperfeita, com horizonte A seguido de B incipiente, não plântico, de textura franco-arenosa ou mais fina. O horizonte A pode ser de qualquer tipo, excluído o chernozêmico quando a argila do Bi for de atividade alta.

São solos desde rasos a profundos, possuindo seqüência de horizonte A-Bi-C com diferenciação de horizontes usualmente modesta, muito variável (Figuras 25 e 26). O A pode ser fraco, moderado, chernozêmico, proeminente ou húmico.

A textura varia desde franco-arenosa até muito argilosa, sendo as texturas médias à argilosas mais encontradas. Os teores de silte são em geral relativamente elevados. A textura varia muito pouco ao longo do perfil exceto em alguns solos derivados de sedimentos aluviais.

Na área de estudo referem-se às litologias de siltitos e arenitos das Formações do Grupo Passa-Dois, que se referem ao período Permiano. Encontram-se associados ao Glei Pouco Húmico e Podzólico Vermelho-Amarelo. A produção agrícola nestes solos é bem diversificada, destacando-se as culturas de feijão, milho e tabaco.

Solos Litólicos distróficos e eutróficos (TRd1)

Esta classe compreende solos pouco desenvolvidos e rasos, que possuem o horizonte A diretamente assentado sobre rocha ou sobre um pequeno horizonte C geralmente com muito material de rocha em composição.

Desenvolvem-se sobre rochas efusivas ácidas da Formação da Serra Geral. Suas ocorrências englobam porções de relevo montanhoso, que aparecem usualmente associados com os Cambissolos e Podzólicos Vermelho-Amarelos.

A sua utilização é restringida pela pequena espessura da camada superficial e pela forma do relevo em grande parte da área, bem como pela pedregosidade e presença de afloramentos rochosos em porções muito dissecadas.

Apresentam-se em maior porção utilizados como pastos naturais de média e baixa qualidade e para a produção de culturas anuais principalmente nas pequenas propriedades rurais.

Distribuição Geográfica

As primeiras três classes de solos descritas revelam as suas características litológicas originais em função das rochas matrizes (Figura 27). Sua profundidade ou argilosidade dependem da litologia e da existência de elementos estruturais como zonas de falhas ou depressões. Normalmente os arenitos e folhelhos facilmente transformam-se em argilas. A última classe consiste em depósitos fluviais distribuídos ao longo dos cursos d'água, como também nas aplanções ativamente utilizadas pela agricultura.

Nas áreas abandonadas pela mineração a céu aberto o substrato pedológico é composto de folhelhos, siltitos, arenitos e argila, desprovido de estrutura, e sem textura e cor definíveis. A drenagem apresenta-se suficientemente boa, impossibilitando-se a mecanização pela presença de blocos de arenitos e folhelhos. A superfície de depósitos dos solos afetados é fortemente ondulada com ocorrências de declividades acentuadas e com a presença de forte erosão. As análises realizadas na área de Siderópolis apresentaram pH extremamente ácido; níveis de fósforo muito baixos; níveis de potássio altos; níveis de cálcio e magnésio médios e altos; de alumínio altos; de matéria orgânica muito baixos (CITADINI – ZANETTE, 1996). A acumulação crítica de metais pesados e pH extremamente ácido comprometem o seu potencial de uso. A vegetação que se estabeleceu espontaneamente nestas áreas é constituída basicamente por plantas pioneiras e rindeiras pouco exigentes em fertilidade do solo, que são resistentes às estiagens e com grande capacidade de competição e adaptação.

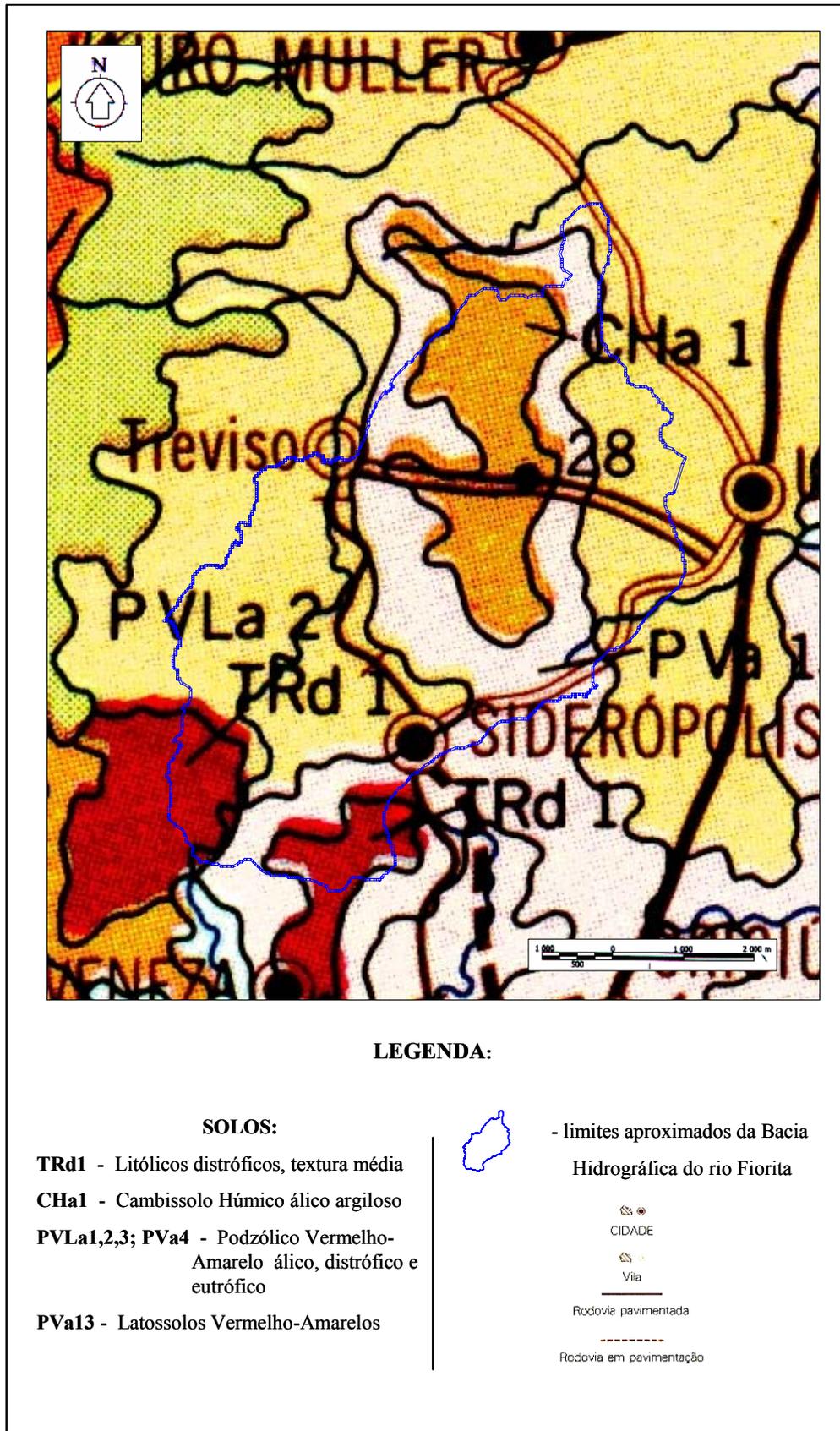


Figura 27 - Carta-Esquema da distribuição das unidades pedológicas na área da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita (Escala aproximada 1:200 000)

Fonte: IBGE, Projeto RADAMBRASIL. Mapa: Solos. Escala 1: 1 000 000. 1986.

Em 1996 o Projeto JICA desenvolveu uma experiência complexa de recuperação dos solos numa área de Siderópolis de 3,5 ha, procedendo o recobrimento dos estéreis com argilas¹¹ (Formação Palermo *in situ*) e o substrato pedológico removido anteriormente, que demonstram possibilidades de regeneração gradual e otimização da paisagem lunar.

Os Cambissolos (Ca e Ce) encontram-se em relevo forte ondulado e montanhoso; são de ocorrência significativa, estão mais restritos às zonas próximas às calhas de drenagem junto aos cursos de água bem como em zonas de relevo suave, ondulado e em áreas de afloramento de rochas basálticas (Cambissolos eutróficos). Os solos Glei Pouco Húmicos estão localmente presentes no setor C da BHF em zonas de relevo plano e mal drenados.

As classes de Podzólicos Vermelho-Escuros (PE) e Podzólicos Vermelho Amarelo (P.V.) são as mais expressivas e ocupam a maior parte da BHF.

4.2.6 Vegetação

A Bacia Hidrográfica do rio Fiorita apresenta um conjunto de condições físico-geográficas que permitiram o desenvolvimento da vegetação com características florísticas típicas. A sistemática ação dos primeiros colonos e seus descendentes procederam desmatamentos com fins agrícolas, que teve efeitos desoladores sobre a vegetação nativa, que não mais se apresentam atualmente em suas formações originais.

Com base na bibliografia disponível, que relata os estudos florísticos regionais e locais, foi possível extrapolar e descrever os grupos de vegetação que existiam na área de estudo.

A Floresta Ombrófila Densa de Formações essencialmente Sub-Montana e Montana cobriam a maior parte da área de estudo (SDM, 1997).

¹¹ Para remediação das terras poluídas são necessários dois tipos de solos: argilas ou solos argilosos para evitar o contato com os depósitos nocivos e isolar o solo superficial da poluição; sendo possível para o solo superficial a sua revegetação.

A Formação Sub-Montana desenvolvia-se em altitudes entre 80-400 m desde áreas planas no quaternário, até às áreas acidentadas no Pré-Cambriano e Permiano, até ao jurássico em solos profundos.

O extrato florestal que se desenvolvia de forma exuberante era constituído por árvores vigorosas (de 25-30 m), com largas folhas perenefoliadas, que resultava numa cobertura fechada, de aspectos densos, que se caracterizava pelo não predomínio da *Ocotea catharinensis* (canela-preta), *Aspidosperma olivaceum* (peroba-vermelha), *Talauma ovata* (baguaçu), *Sloanea guianensis* (laranjeira-do-mato), *Schizolobium parahyba* (guarapuvu) e *Didymopanax angustissimum* (pau-mandioca) (NETO et al., 1986).

O estrato de arboretas era bastante homogêneo e caracterizado pelas espécies: *Pera glabrata* (seca-legeiro), *Sorocea bonplandii* (carapicica), *Esenbeckia grandiflora* (cutia) e de *Euterpe edulis* (palmito), que muito contribuíam para o aspecto fisionômico desta floresta.

Uma particularidade desta floresta consistia no elevado epifitismo, principalmente de bromeliáceas dos gêneros *Vriesia* e *Tillandsia*, bem como as aráceas dos gêneros *Philodendron* e *Anthurium* (*ibidem*).

A Formação Montana: ocorria em áreas de 400 à 1000 m de altitude, recobrando terrenos de alta declividade, onde os solos variam entre os Podzólicos Vermelho-Amarelos e litólicos eutróficos e distróficos com afloramento de rochas. Esta formação florística, em função do perfil pedológico menos desenvolvido, apresentava-se mais rala composta por espécies a *Ocotea catharinensis* (canela-preta), *Alchomea sidifolia* (tanheiro), *Aspidosperma olivaceum* (peroba-vermelha) e *Talauma ovata* (baguaçu) (NETO et al., 1986).

As espécies arbustivas e arbóreas predominavam nas formações de áreas de influencia fluvial, isto é, sobre as pequenas planícies aluviais nas áreas alagadas e no primeiro terraço fluvial, estando presentes a taboa, aguapé, tiririca, gravatá, macegas e juncos. As espécies arbustivas e arbóreas agrupadas em pequenos capões e cordões que são o guaramirim, o cambuí e a figueira-de-mato. Nesta formação nota-se uma gradativa diminuição de palmito, bem como de epifitas e lianas.

Do que resta da floresta em locais de difícil acesso os colonos, madeireiros e mineradores passaram a extrair apenas as árvores de maior valor comercial, que

desfigurou a unidade florística e posteriormente eliminou-a em competição com a agricultura extensiva e a mineração de carvão.

As áreas residuais da Floresta Ombrófila Densa sob ação antrópica representam-se por áreas de Vegetação Secundária em diversos estágios de desenvolvimento, como a capoeirinha, capoeira e capoeirão, e de uma reduzida agricultura cíclica em rotação com a pecuária ocorrente nas áreas mais planas.

A análise das imagens Landsat-TM de 1996 e os trabalhos de campo realizados na área de estudo confirmam a presença de áreas de vegetação nativa remanescente, que é formada pela vegetação secundária em diversos estágios de regeneração e com eucaliptos disseminados em locais associados às áreas da mineração (LOCH N., 2000).

Cobertura Vegetal Atual

A Vegetação Secundária segundo a classificação fisionômico-ecológica distingue cinco fases sucessionais¹², onde ocupa parte do território de forma dispersa, que está associada essencialmente às divisórias de águas e aos mananciais. Foram feitas tentativas do seu manejo adequado dentro do Programa de Reabilitação das áreas de mineração. A consideração do estágio da sucessão da vegetação secundária tem um significado importantíssimo na realização da avaliação ambiental da área de estudo, já que reflete a dependência direta do tipo, da intensidade e do tempo do uso do solo (ou do seu abandono), na sua inter-relação com as propriedades naturais do geossistema. A sucessão natural é um processo lento, que pode levar até 100 anos (ou mais) para atingir o estágio da floresta secundária (LOCH N., 2000).

¹² As características destas fases e as suas particularidades florísticas estão amplamente discriminados nos trabalhos como de KLEIN (1978) e VELOSO et al. (1991), sendo discriminados sucessivamente: 1-vegetação primitiva; 2 – Capoeirinha ou vassoral; 3 – capoeira rala; 4 – capoeira; 5 – capoeirão.

Considerando os estudos mais recentes realizados na área de estudo com auxílio de técnicas de sensoriamento remoto, podemos avaliar a distribuição espacial dos agrupamentos vegetais, os seguintes (LOCH N., 2000):

1. *Vegetação Nativa Secundária*

- 1.1. Capoeirão (estágio avançado)
- 1.2. Capoeirão
- 1.3. Capoeira
- 1.4. Capoeirinha
- 1.5. Aglomerados de árvores
- 1.6. Capoeira Rala e vegetação herbácea

2. *Floresta Plantada*

- 2.1. Eucalipto
- 2.2. Eucalipto jovem e de porte médio
- 2.3. Eucalipto com corte raso em alguns casos com rebrota
- 2.4. Eucalipto e vegetação nativa
- 2.5. Eucalipto e vegetação nativa, ralos

3. *Vegetação em Áreas da Mineração*

- 3.1. Plantações de eucalipto e/ou bracatinga
- 3.2. Diversos estágios de regeneração espontânea (vegetação pioneira) e eucalipto jovem
- 3.3. Eucalipto sobre estéril
- 3.4. Vegetação herbácea remanescente com poucas árvores esparsas
- 3.5. Capoeira
- 3.6. Capoeira rala com eucalipto
- 3.7. Capoeirinha

As plantações agrícolas de banana e os pastos são compostas por espécies *graminosas, perenes, rizomatosas*, tanto nativas (grama-forquilha e grama-jesuíta) quanto exóticas, que ocupam uma significativa área.

O processo de mineração à céu aberto condiciona a remoção generalizada da vegetação. A paisagem resultante deste tipo de exploração é constituída por montes de estéreis, quase sempre cônicos, constituídos essencialmente por folhelhos, siltitos e arenitos. As depressões resultantes do processo da lavra à céu aberto transformam-se

em lagos pequenos e médios alimentados pelo lençol freático e escoamento superficial.

Os estudos realizados por pesquisadores da FUCRI/UNESC constataram o desenvolvimento da flora adaptada às condições de depósitos de rejeitos, resultantes da lavra e beneficiamento (misturas de solo, com fragmentos de rochas sedimentares – folhelhos, siltitos, arenitos e carvão), e de solos de baixa fertilidade, altamente ácidos e de baixa capacidade de retenção de água. Em locais onde devido a alteração do método da lavra foi depositada argila sobre os estéreis, observa-se o desenvolvimento de vegetação espontânea.

As espécies encontradas nestes meios (predominantemente herbáceas e algumas arbustivas e arbóreas) compreendem as comunidades de vegetação secundária seguinte: herbáceas: *samambaias*, *capim cola-de-burro*, *capim-dos-pampas* e *marcela*; arbustivas – *cambará-cheiroso*, *chirca-mata-olho* e *assapeixe*; arbóreas – *grandiúva*, *quaresmeira* e *maricá*. Os reflorestamentos visam atender a recuperação das áreas sob rejeitos de carvão, suprir as necessidades em madeira para as propriedades rurais, sendo o *Eucalyptus* e mais raramente o *Pinus* as principais espécies (CITADINI-ZANETTE, 1982).

Nas áreas circundantes foram plantadas sobre os depósitos dos solos anteriormente removidos e recolocados sobre rejeitos através da hidrossemeadura (03.1981 – área abandonada da C. Próspera de 11,3 ha) *Eucalyptus viminalis* La BILL (eucalipto), *Igrtaceae Eragrostis curirela* (SHVAD) NEES (capim-chorão) e *Paspalum notatum* FL. var. *saurae* PARODI (pensacola), Craminae e em alguns casos *Acacia melarhssi* WILLD, alterando parcialmente a paisagem “lunar” da área. (Figura 30c) (Foram testadas no total 12 espécies arbóreo-arbustivas e 5 espécies herbáceas) (JICA,1996).

O revestimento vegetal espontâneo das áreas “lunares” considera-se como extremamente benéfico para o ecossistema da BHF e forma os pressupostos para a diminuição de impactos ambientais negativos da mineração. Foram constatadas pela Citadini-Zanette (1982) diversas espécies vegetais na BHF, sendo estas 97 espécies pertencentes a 31 famílias botânicas (CITADINI-ZANETTE e BOFF, 1992). Segundo estes pesquisadores as espécies mais freqüentes foram *Pityrogramma calomelanas* e *Pteridium aquilinum* (PTERUDACEAE), presentes em todas as estações de coleta seguidas pela *Trema micrantha* (ULMACEAE), *Andropogon bicorns* e *Cortadeira seloana* (GRAMINEAE), presentes em 67 % das áreas de coleta. Sublinha-se a

predominância da vegetação herbácea terrícola. Das 97 espécies encontradas 65 são ervas terrícolas, 17 arbustivas, 6 lianas e 9 arbóreas (*ibidem*).

Os relatórios do Projeto JICA (1996) constata com objetivos de ensaios de reflorestamento e reconstrução vegetal as seguintes condições das paisagem nas áreas mineradas do rio Fiorita:

- (1) as depressões abandonadas de minas e a vegetação arbustiva em segundo estágio de sucessão;
- (2) as áreas de depósitos estéreis das minas abertas; cobertas por finas camadas de argila com plantações de *Eucalyptus*, apresentando vegetação sub-arbustiva de regeneração natural;
- (3) os solos argilosos não minerados, provavelmente sobre plantação antiga;
- (4) os solos argilosos não perturbados com floresta secundária bem preservada;
- (5) as áreas de mineração estéreis.

As análises da diversidade florística e a sua interdependência com os solos ou os substratos de regeneração confirmaram a efetividade de reabilitação das áreas de mineração pelo recobrimento dos solos e a revegetação segundo os critérios seguintes (JICA, 1998): adaptabilidade ao ambiente (especialmente a tolerância a acidez); disponibilidade de plantas; o efeito sobre o ambiente, incluindo a habilidade de prevenção da erosão, inundações, deslizamentos; a correspondência com os propósitos de uso das terras; o valor econômico e a importância ecológica.

Segundo estes critérios foram escolhidas as seguintes espécies para o “Projeto Itanema”*: *Eucalyptus* (*Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus viminalis*, *Eucalyptus citriodora*) e *Pinus* (*Pinus taeda*, *Pinus eliotis*), plantas de família Leguminosae como a *Mimosa scabrella* (*Bracatinga*), *Luga sessilis* (*Luga macaco*), *Luga marginata* (*Luga feijão*).

A Figura 28 apresenta os agrupamentos típicos de vegetação amplamente distribuídos na área de estudo.

* Área de revegetação Santana (Siderópolis) pelo DALBO e a Companhia privada MINA PORTÃO ITANEMA.

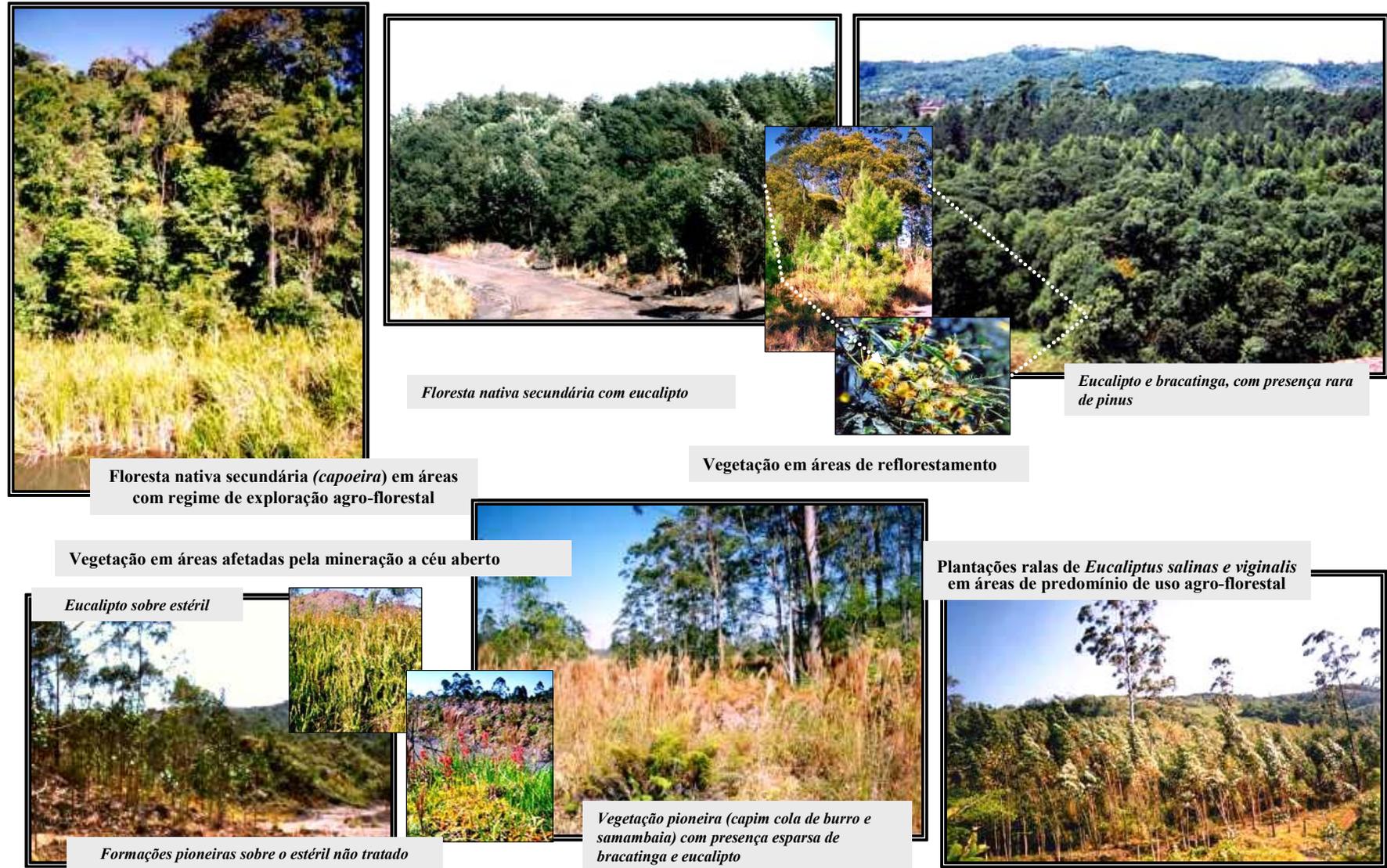


Figura 28 - Os principais agrupamentos de vegetação na bacia Hidrográfica do rio Fiorita (fotografias tiradas 21-23/12/1999)

4.3 TIPOLOGIA E TAXONOMIA DAS PAISAGENS NATURAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FIORITA. MAPA DAS UNIDADES DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FIORITA.

A diferenciação taxonômica da paisagem apresenta-se como um sistema complexo de unidades naturais espacialmente limitadas, formadas durante o desenvolvimento evolutivo e em constante transformação sob a influência dos fatores naturais e antrópicos. A estrutura espacial-temporal do território, assim formada, e as propriedades gerais e regionais das unidades diferenciadas representam-se de modo sistemático nos mapas das unidades da paisagem.

A diferenciação das unidades da paisagem está principalmente vinculada aos fatores geológico-geomorfológicos. Como foi visto a área de estudo faz parte de uma complexa zona geográfica situada nos contatos da Serra Geral e da Bacia Sedimentar do Paraná e representa paisagem temperada úmida, onde a Floresta Ombrófila e os solos Podzólicos Vermelho Escuro e Vermelho-Amarelos constituem a variante zonal. A litologia constitui um elemento diferenciador importante. Distinguem-se três unidades litológicas, que formam o tecido fundamental das variações geoambientais: *Formação Rio Bonito, Formação Palermo e Formação Serra Geral*. As outras unidades litológicas importantes, quanto a sua presença e a escala geográfica do nosso estudo, são: a Formação Serra Alta e a Formação Irati. Cada uma das cinco unidades litológicas determina as condicionantes nos padrões de drenagem; na composição mineralógica dos solos; nas condições de alimentação e no *habitat* da biota. *A litologia determina a diferenciação da primeira unidade taxonômica das localidades (land system – sistema terrestre)*.

A segunda unidade taxonômica – sub-localidade (*land sub-system*) caracteriza-se pelo complexo das mesoformas do relevo: vales, vertentes em patamares, interflúvios, etc. As mesmas determinam um balanço similar da distribuição do calor e da umidade, de condições mesoclimáticas similares, processos genéricos de formação de solos, uma certa homogeneidade florística e um padrão similar de uso do solo.

A terceira unidade taxonômica definida como o agrupamento de comarcas (*land association*) tem caráter de diferenciação convencional e corresponde à uma parte do complexo de mesoformas do relevo. Desta forma, os vales são divididos em baixo e médio; vertentes - em patamares alto, médio e baixo, etc. Estas unidades representam a

unidade básica da cartografia nesta pesquisa e se diferenciam pela tipologia e intensidade de processos geomorfológicos.

No âmbito da continuação da pesquisa ambiental na BHF com fins da gestão ambiental recomenda-se o aprofundamento da diferenciação das unidades das paisagens até a comarca (*land unit*) e fâceis (*land facet*).

A diferenciação e distribuição espacial das unidades da paisagem refletem-se num mapa . A concepção deste modelo cartográfico procede em diversas etapas vistas no Capítulo 3. As técnicas de geoprocessamento e os trabalhos de campo permitiram a formação da hipótese, a percepção das regularidades e a diferenciação final das unidades da paisagem local. O Mapa das Unidades Físico-Geográficas da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita 1:20 000 (Mapa apresenta-se neste volume como uma variante na escala 1:50 000) constitui a base para os inventário e diagnóstico geoambiental, como também representa a estrutura hierárquica das unidades morfológicas da área de estudo.

Os objetos de representação, nesse caso, constituem as unidades de classificação geossistêmica ao nível de localidades, de sub-localidades e de associações de comarcas. O referido Mapa refletindo a estrutura da paisagem da BHF, a interligação e a interdependência dos componentes naturais e das suas particularidades morfogenéticas, revela as regularidades mais importantes da diferenciação ambiental, o que o torna indispensável para a avaliação complexa das condições e dos recursos ambientais quanto a fundamentação dos projetos de desenvolvimento e do planejamento regional.

As unidades geossistêmicas da paisagem, apesar dos critérios geológico-geomorfológicos de diferenciação, não são apenas unidades morfoestruturais, pois testemunham com precisão as formas de manifestações no comportamento dos componentes naturais multivariados e predeterminam os principais tipos de uso possível e existente do solo.

Tabela 8 - Unidades da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita

LOCALIDADE E SUB-LOCALIDADE	COMARCAS E AGRUPAMENTOS DE COMARCAS
<p>FORMAÇÃO RIO BONITO</p> <p>Vale Baixo</p> <p>Vale Médio</p> <p>Vertente</p> <p>Interflúvio</p>	<p><i>Vale baixo</i> com areias, cascalhos e argilas, sobre arenitos finos e muitos finos e folhelhos carbonosos, desenvolvendo localmente leitos de carvão, relevo pouco inclinado (0-5%), altitude de até 100 m; solos Glei Pouco Húmicos e solos Podzólicos Vermelho-Amarelos álico; deposição aluvial e coluvial; processos oriundos do movimento subsuperficial da água, corrosão, deslizamento, desmoronamento.</p> <p><i>Vale Médio</i> com areias, cascalhos e argilas, sobre arenitos finos e muitos finos e leitos de argelitos e folhelhos carbonosos, desenvolvendo localmente leitos de carvão, declividade baixa (5-10%), solos Podzólicos Vermelho-Amarelos álico, com cotas entre 90 - 100 m; ; deposição aluvial e coluvial; processos oriundos do movimento subsuperficial da água.</p> <p><i>Vertente em Patamar Médio</i> sobre arenitos finos e muitos finos e leitos de argelitos e folhelhos carbonosos, desenvolvendo localmente leitos de carvão; 200-300 m; declividade média de >20 %; solo Podzólico Vermelho - Amarelo álico, distrófico e eutrófico e Cambissolo distrófico e eutrófico; reposição de material pelos movimentos coletivos e escoamento superficial; transporte de material; reptação; ação subsuperficial da água.</p> <p><i>Vertente em Patamar Baixo</i> ; 100-200 m; declividade - 5-20%; sobre arenitos finos e muitos finos e leitos de argelitos e folhelhos carbonosos, desenvolvendo localmente leitos de carvão; solo Podzólico Vermelho - Amarelo álico, distrófico e eutrófico e Cambissolo distrófico e eutrófico; deposição aluvial e coluvial, processo resultantes do movimento subsuperficial da água.</p> <p><i>Interflúvio em patamar baixo</i> sobre arenitos e siltitos; declividade baixa (5-10%) - altitude de 200-300 m, solo Podzólico Vermelho - Amarelo álico; processos pedogenéticos associados com o movimento vertical da água superficial; eluviação mecânica e química pelo movimento lateral da água subsuperficial.</p>
<p>FORMAÇÃO PALERMO</p> <p>Vale Baixo</p> <p>Vale Médio</p> <p>Vertente</p> <p>Interflúvio</p>	<p><i>Vale baixo</i> com areias, cascalhos e argilas, sobre siltitos argilosos cinza-claro e escuros, relevo pouco inclinado (0-5%), altitude de até 100 m; solos Glei Pouco Húmicos e solos Podzólicos Vermelho-Amarelos álico; deposição aluvial e coluvial; processos oriundos do movimento subsuperficial da água, corrosão, deslizamento, desmoronamento.</p> <p><i>Vale Médio</i> com areias, cascalhos e argilas, sobre siltitos argilosos cinza-claro e escuros, declividade baixa (5-10%), solos Podzólicos Vermelho-Amarelos álico, com cotas entre 90 - 100 m; ; deposição aluvial e coluvial; processos oriundos do movimento subsuperficial da água.</p> <p><i>Vertente em Patamar Alto</i>; 300-400 m; declividade alta - 20-30%; , sobre siltitos argilosos cinza-claro e escuros com intercalações de finas lâminas leitos e camadas de arenitos finos e médios; solo Podzólico Vermelho - Amarelo álico, distrófico e eutrófico e Cambissolo distrófico e eutrófico; transporte de material pelos movimentos coletivos do solo; formação de terracetes; ação da água superficial e subsuperficial.</p> <p><i>Vertente em Patamar Médio</i> sobre siltitos argilosos cinza-claro e escuros com intercalações de finas lâminas leitos e camadas de arenitos finos e médios; 200-300 m; declividade média de >20 %; solo Podzólico Vermelho - Amarelo álico, distrófico e eutrófico e Cambissolo distrófico e eutrófico; transporte de material pelos movimentos coletivos do solo; localmente reposição do material; ação subsuperficial da água.</p> <p><i>Vertente em Patamar Baixo</i> ; 100-200 m; declividade - 5-20%; , sobre siltitos argilosos cinza-claro e escuros; solo Podzólico Vermelho - Amarelo álico, distrófico e eutrófico e Cambissolo distrófico e eutrófico; reposição de material pelos movimentos coletivos e escoamento superficial; transporte de material; ação superficial da água.</p> <p><i>Interflúvio em patamar alto</i>, entre 300-400 m ou >400 m de altitude, sobre siltitos argilosos cinza-claro e escuros com intercalações de finas lâminas leitos e camadas de arenitos finos e médios; declividade média (até 10%) com solos Podzólico Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho Escuro e Latossolos; processos pedogenéticos associados com movimento vertical da água superficial; eluviação mecânica e química pelo movimento lateral da água subsuperficial.</p> <p><i>Interflúvio em patamar baixo</i> sobre siltitos argilosos cinza-claro e escuros com intercalações de finas lâminas leitos e camadas de arenitos finos e médios; declividade baixa (5-10%) - altitude de 200-300m, solo Podzólico Vermelho - Amarelo álico; processos pedogenéticos associados com movimento vertical da água superficial.</p>

<p>FORMAÇÃO IRATI</p> <p>Vertente</p> <p>Interflúvio</p>	<p><i>Vertente em Patamar Alto</i>; 300-400 m; declividade alta - 20-30%; sobre schistos pretos, espesso e largamente persistente e folhelhos pretos pirobituminosos com lentes de calcário; solo Podzólico Vermelho - Amarelo álico, distrófico e eutrófico e Cambissolo distrófico e eutrófico; transporte de material pelos movimentos coletivos do solo; formação de terracetes; ação da água superficial e subsuperficial.</p> <p><i>Vertente em Patamar Médio</i> sobre schistos pretos, espesso e largamente persistente e folhelhos pretos pirobituminosos com lentes de calcário; 200-300 m; declividade média de >20 %; solo Podzólico Vermelho - Amarelo álico, distrófico e eutrófico e Cambissolo distrófico e eutrófico; transporte de material pelos movimentos coletivos do solo; formação de terracetes; ação da água superficial e subsuperficial.</p> <p><i>Vertente em Patamar Baixo</i> sobre schistos pretos, espessos e largamente persistentes e folhelhos pretos pirobituminosos com lentes de calcário; 100-200 m; declividade - 5-20%; solo Podzólico Vermelho - Amarelo álico, distrófico e eutrófico e Cambissolo distrófico e eutrófico; movimentos coletivos e escoamento superficial; transporte de material; ação superficial da água.</p> <p><i>Interflúvio em patamar alto</i>, entre 300-400 m ou >400 m de altitude, esculpido em schistos pretos, espessos e largamente persistentes e folhelhos pretos pirobituminosos com lentes de calcário e intercalados com argelitos pretos e cinza chumbo; declividade média (até 10%) com solos Podzólico Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho Escuro e Latossolos; processos pedogenéticos associados com movimento vertical da água superficial; eluviação mecânica e química pelo movimento lateral da água subsuperficial.</p> <p><i>Interflúvio em patamar baixo</i> esculpido em schistos pretos, espessos e largamente persistentes e folhelhos pretos pirobituminosos com lentes de calcário e intercalados com argelitos pretos e cinza chumbo; declividade baixa (5-10%) - altitude de 200-300 m solo Podzólico Vermelho - Amarelo álico, distrófico e eutrófico e Cambissolo distrófico e eutrófico, solos litólicos distrófico; processos pedogenéticos associados com movimento vertical da água superficial.</p>
<p>FORMAÇÃO SERRA GERAL</p> <p>Vertente</p> <p>Interflúvio</p> <p>Cuesta</p>	<p>Vertente em Patamar Baixo ; 100-200 m; declividade - 5-20%; sobre espessa seqüência de vulcanitos eminentemente basálticos; solo Podzólico Vermelho - Amarelo álico, distrófico e eutrófico e Cambissolo distrófico e eutrófico; movimentos coletivos e escoamento superficial; transporte de material; ação superficial da água.</p> <p>Interflúvio em patamar baixo esculpido em espessa seqüência de vulcanitos eminentemente basálticos e corpos e sills de diabásio; declividade baixa (5-10%) - altitude de 200-300 m, solo Podzólico Vermelho - Amarelo álico, distrófico e eutrófico e Cambissolo distrófico e eutrófico; processos pedogenéticos associados com movimento vertical da água superficial; eluviação mecânica e química pelo movimento lateral da água subsuperficial.</p> <p>Cuesta- topo esculpida em espessa seqüência de vulcanitos eminentemente basálticos e corpos e sills de diabásio e corpos de arenitos eólicos ocorrentes, declividade baixa (5-10%), altitudes entre 300-400 m e >400 m; solos - solo Podzólico Vermelho-Amarelo latossólico álico, distrófico e eutrófico e Latossolos .</p> <p>Cuesta-front esculpida em espessa seqüência de vulcanitos eminentemente basálticos e corpos e sills de diabásio e corpos de arenitos eólicos ocorrentes, declividade média (10-20%), Latossolos Vermelho-Amarelos; desmoronamentos, deslizamentos, intemperismo químico e mecânico</p>
<p>FORMAÇÃO SERRA ALTA</p> <p>Interflúvio</p> <p>Cuesta</p>	<p>Interflúvio em patamar baixo sobre arenitos e siltitos; declividade baixa (10 - 20%) - altitude de 200-300 m, solo Podzólico Vermelho-Amarelo latossólico álico, distrófico e eutrófico; processos pedogenéticos associados com movimento vertical da água superficial; eluviação mecânica e química pelo movimento lateral da água subsuperficial</p> <p>Cuesta- topo esculpida em vulcanitos basálticos, declividade baixa (5-10%), altitudes entre 300-400 m e >400 m; solos - Latossolos Vermelho-Amarelos .</p>

Estas unidades dispõem de atributos estruturais, funcionais e de uma dinâmica evolutiva próprios e são necessariamente o resultado da integridade sistêmica geoambiental. O sistema de unidades de paisagens assim diferenciadas na BHF consta na Tabela 8.

A estrutura da paisagem da área de estudo caracteriza-se por uma diversidade bastante heterogênea dos componentes do sistema, cuja análise percentual consta no Diagrama 5.

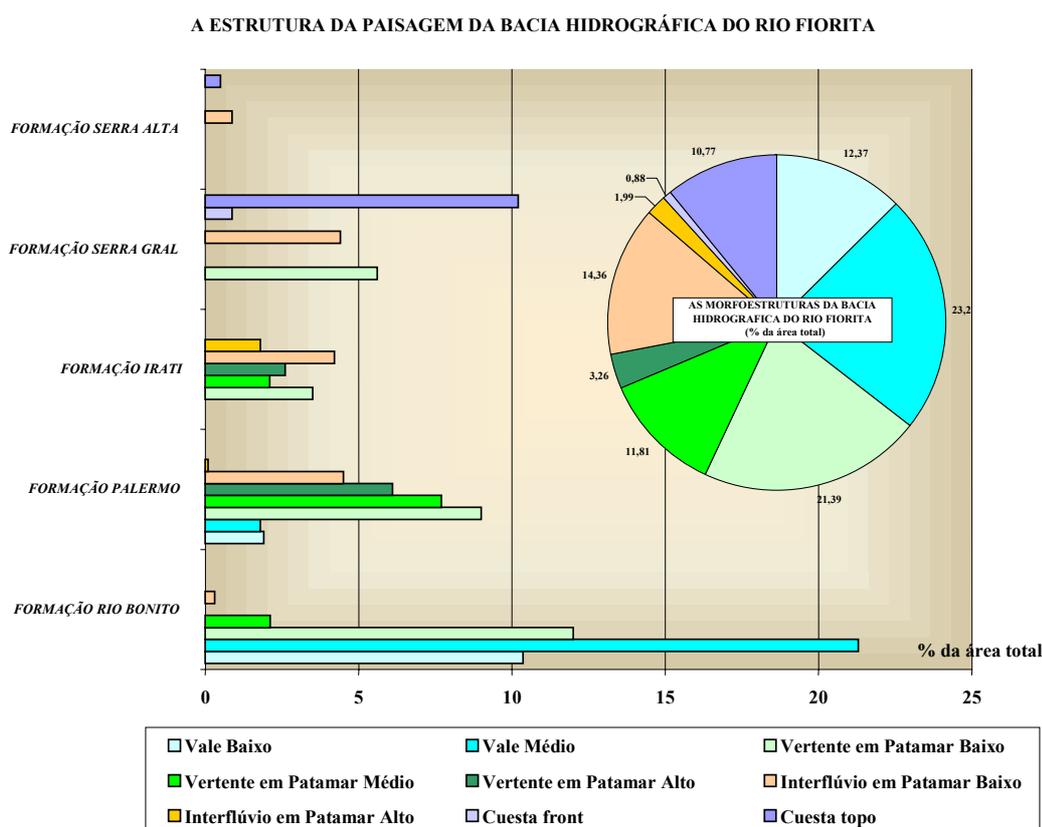


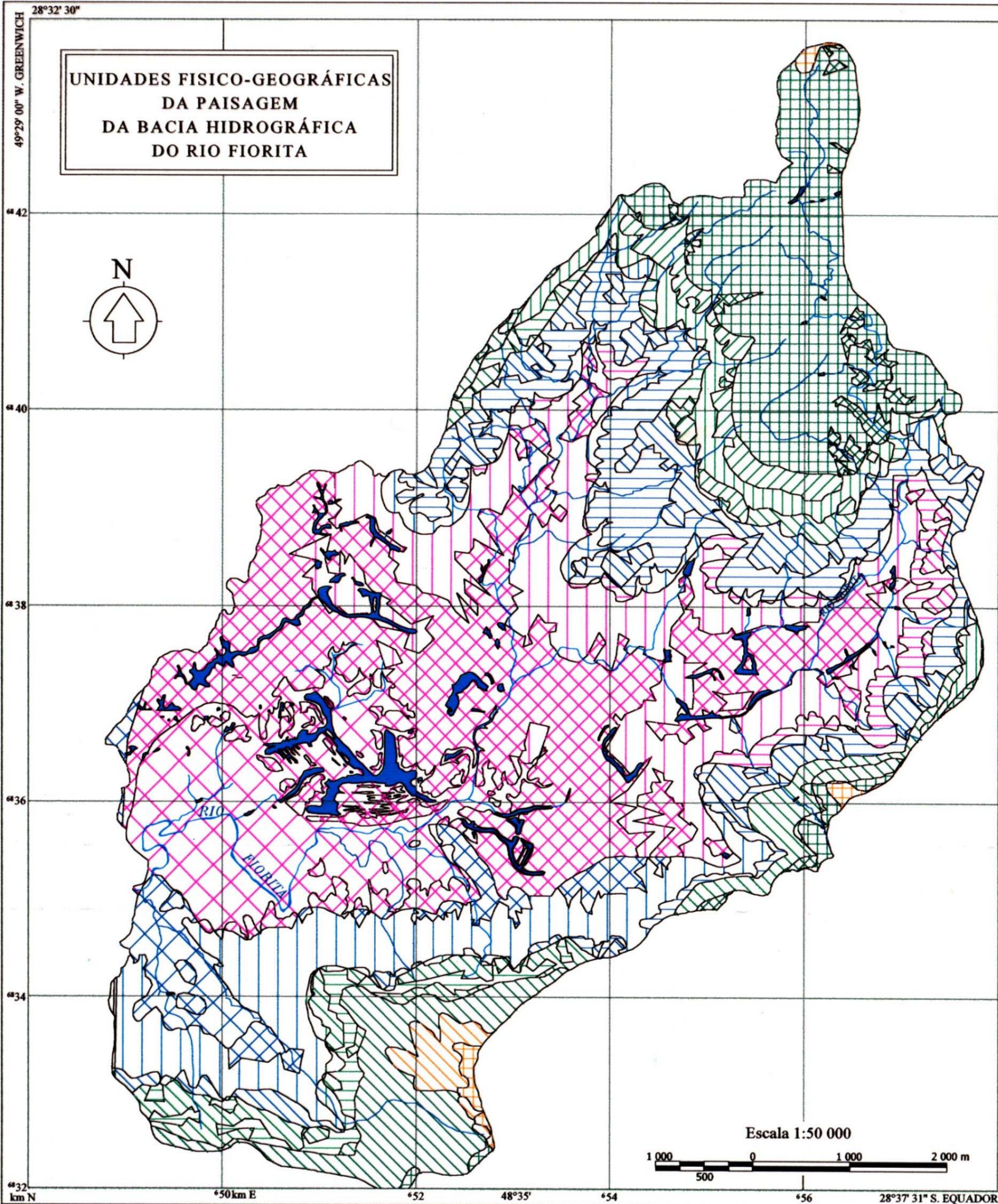
Diagrama 5 - A Estrutura da Paisagem da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita

Assim, a maior representação tem as localidades formadas sobre as estruturas das Formações Rio Bonito, Palermo e Serra Geral, que geneticamente configuram a tipologia da paisagem regional. As localidades mais representadas são de Vale Médio e Baixo com 23,2 % e 12,4 %, respectivamente, Vertentes em Patamar Baixo e Médio com 21,4 % e 11,8 %, Interflúvios em Patamar Baixo com 14,4 % e Cuesta Topo com 10,8 %.

A particularidade geral da estrutura da paisagem da BHF consiste na revelação bastante clara das diferenciações tipológicas. Cada um dos tipos e sub-tipos morfoestruturais têm uma quantidade característica de classes e subclasses de unidades elementares, que completam a complexidade do geossistema e criam diferentes tipos de estabilidade morfodinâmica natural. Os geossistemas naturais são vistos pelos homens como um recurso para o desenvolvimento. No seu lugar surgem as fácies e comarcas tecnogênicas. Definidas pelo "conjunto dos fatores de gênese artificial e como conjunto de fácies tecnogênicas submetidas à um ciclo tecnológico como um fator ambiental técnico-econômico, que gera um efeito comum através da diferenciação orográfica da mesma", respectivamente (MIRSAEV et al., 1988:23)¹³.

¹³ O autor distingue também, as fácies e as comarcas submetidas à ação tecnogênica, isto é, as que encontram-se submetidas na sua evolução funcional às atividades humanas. As definições semelhantes foram encontradas nos trabalhos de Sherbs (1987), Pozdneva (1990) citados por Petrov (1992).

**UNIDADES FISICO-GEOGRÁFICAS
DA PAISAGEM
DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO FIORITA**



LEGENDA

LOCALIDADES E SUB-LOCALIDADES

- vale baixo
- vale médio
- vertente em patamar baixo
- vertente em patamar médio
- vertente em patamar alto
- interflúvio em patamar baixo
- interflúvio em patamar alto
- cuesta front
- cuesta topo

LITOLOGIA

- Formação Rio Bonito
- Formação Irati
- Formação Palermo
- Formação Serra Geral
- Formação Serra Alta
- rios
- lagos

Base Cartográfica Digital (1:20 000)

"BASE Aerofotogrametria e Projetos S.A." - São Paulo - 1996

Projeção Universal Transversa de Mercator

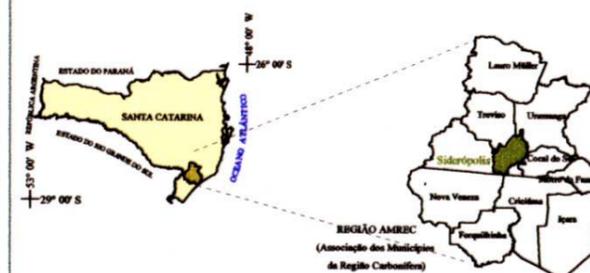
Datum Vertical: RN2Q e RN1446-1 (IBGE)

Datum Horizontal: Morro da Palha (IBGE)

Elipsóide: SAD-69

Levantamento Fotogramétrico 1:30 000 (JICA - 1996)

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



Escala 1:50 000



UFSC - CENTRO TECNOLÓGICO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE FOTOGRAMETRIA,
SENSORIAAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO

Projeto: PLANO SUL / CNPQ
Org. e Ed.: Geógrafa EUGENIA KARNAUKHOVA
Apoio: Eng. João Vicente H. G. K. Wanka
Edição: maio 2000

As fácies naturais sofrem uma influência muito forte da ação antrópica. A atividade econômica transforma a flora e a fauna, os solos, o regime hídrico, etc. Na exploração agrícola os microcontornos das fácies são normalmente desconsideradas e criam-se lavouras de grandes superfícies. Mesmo assim, ainda não é possível aniquilar as diferenciações das áreas com distintas localizações. Estas diferenciações revelam-se primeiramente na distinta produtividade das culturas em diferentes áreas da mesma plantação. Sendo que sempre existem vínculos entre as unidades elementares secundárias e as unidades originais da paisagem e estas ligações devem ser consideradas na atividade econômica.

As comarcas constituem o objeto de exploração mais complexo do que as fácies. A distribuição dos domínios agrícolas é condicionada primeiramente pelo caráter das comarcas. O seu litogênese é considerado como fator geotécnico na construção civil e das infra-estruturas, etc. A comarca é também mais resistente e estável à ação antrópica, sendo que a retirada dos solos e da vegetação, ou a sua substituição não podem modificar a base geológica desta ou doutra comarca. Por exemplo um terraço fluvial onde se ergue uma cidade. Apesar disso, o homem é capaz de criar e transformar as associações de comarcas, sobretudo quando há atividade de mineração à céu aberto ou com a urbanização. No âmbito dos trabalhos práticos deve-se em primeiro lugar diferenciar e analisar as unidades homogêneas (pelas condições naturais e ecológicas) das paisagens. A definição exata do seu taxôn (fácie ou comarca) pode ser desconsiderada na primeira fase dos trabalhos (RODRIGUES et al., 1995; PETROV, 1994).

A compreensão destas regularidades é essencial quanto a análise da compatibilidade ambiental dos principais tipos de uso do solo, cuja distribuição, como é visto no capítulo a seguir, encontra-se em dependência direta com recursos e potencial natural das unidades da paisagem.

5 A INTENSIDADE DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA DAS PAISAGENS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FIORITA.

5.1 OS PRINCIPAIS TIPOS DE USO DO SOLO E O SEU IMPACTO AMBIENTAL.

Considerações Gerais

A realização de estudos sistêmicos de análise ambiental, considerando as transformações possíveis em função dos projetos de uso do solo nas suas diversas categorias, é uma medida preliminar face a política de ordenamento territorial harmoniosa.

As transformações locais decididas isoladamente causam rupturas e desintegrações no sistema territorial. A incapacidade da ação ordenadora ao nível municipal induz necessariamente à ocorrência de ações deslocadas à níveis inferiores mais desagregados. Num território bem configurado as novas estruturas alcançam-se mais facilmente através de processos de reconversão sem necessidade de investimentos para a sua renovação. O aproveitamento das formas preexistentes por adaptação está associado ao processo de evolução gradual, em que cada estado do sistema tem suas origens no estado anterior. Nestes casos os investimentos têm uma maior distribuição no território e no tempo, isto é, permitem atingir com os custos mínimos o máximo de resultados. Por outro lado, o desconhecimento das estruturas anteriores reduz a visão do conjunto (do geossistema) à visão dum componente só (o solo) e induz por consequência aos investimentos elevados e concentrados no tempo e no território.

A ausência do planejamento adequado e cientificamente fundamentado no conhecimento profundo das tendências de evolução das unidades de gestão provoca, via regra, distúrbios estruturais normalmente acompanhados pelos riscos ambientais eminentes. Assim, os sistemas agro-florestais e silvo-pastoris que foram sujeitos à sobre-exploração e induzidos aos estados de desequilíbrio por esgotamento do solo dão origem aos *incultos* - solos que estão sem utilização, porém em condições de terem uma auto-regeneração com espécies florestais espontâneas. A intrusão no território de áreas inutilizadas e que obstruem a integração espacial das atividades dão

origens as *terras degradadas e vazios*. São: as explorações minerais abandonadas; vazios industriais e urbanos; zonas devastadas por fatores poluentes, etc. Esta classe de unidades destitui-se pelas influências ambientais negativas e pela perda total da paisagem, e apresentam riscos sérios sob os pontos de vista social e ecológico e não atingem uma recuperação natural em tempo aceitável. A sua recuperação passa necessariamente por uma profunda renovação estrutural, que implica investimentos importantes na reestruturação de uma nova paisagem. Neste trabalho em função da escala e metodologia adotada os referidos tipos de unidades de uso não se diferenciam dos usos que as originaram, sendo analisado o potencial do seu impacto ambiental dentro das classes principais discriminadas.

5.1.1 A evolução histórico-geográfica da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita no contexto regional

Os habitantes endógenos da região estão representados pelos grupos de Tupis Guaranis, Tapuias, Aimorés e Choklens, que formavam uma rede dispersa de pequenos povoados. Baldessar (1991) estima no início do século para a região sul de Santa Catarina uma população de 226 índios, relatando também a existência em 1879 de um povoado indígena (*maloca*) na área das cabeceiras do rio Desterro, que tem um divisor NE comum com o rio Fiorita, e dentro da área dos lotes rurais adquiridos pelos seus avós - uns dos primeiros colonos vindos da Itália. Não se sabe ao certo o destino que teve este povoado indígena depois de se sentir ameaçado pelas atividades de exploração dos colonos vindos da Europa, contudo os primeiros anos de convivência eram pacíficos. No local da maloca até hoje se encontram artefatos do artesanato indígena (BALDESSAR, 1991).

Embora explorada por agentes diversos durante os séculos anteriores, inclusive os bandeirantes, iniciou-se a sua ocupação efetiva na primeira metade do Século XIX.

A localidade de Nova Belluno, que com a instalação da Companhia Siderúrgica Nacional mudou a sua designação para a de cidade de Siderópolis foi estabelecida em 1891 por emigrantes italianos, que faziam parte de uma das três principais linhas de expansão colonial originadas em Urussanga desde 1878. O núcleo colonial de Nova Belluno surge como um dos principais núcleos da Colônia Nova Veneza, que

compreendia um território de 30 mil ha vendidos pelo Governo da União à Companhia Metropolitana por intermédio da empresa Ângelo Fiorita & Cia com objetivo de implantação da colônia agrícola¹⁴. Os primeiros colonos marcaram a sua presença na área em junho de 1891 com cerca de 200 emigrantes italianos, sendo atribuída a data de fundação da Colônia ao mês de outubro de mesmo ano, marcado com a chegada de aproximadamente 1 380 emigrantes.

As terras eram medidas na linha de frente, constituídas por picadas abertas a foice e facão de tal maneira que os troncos mais grossos não eram abatidos. Os "agrimensores" chefiados pelo Desembargador Joaquim Vieira Ferreira mediam 275 metros de frente para os lotes de 30 ha e 550 metros para os lotes de 60 ha. Cada lote tinha uma picada lateral de 50 metros e cada colono era informado que poderia aprofundar-se 1 100 m floresta a dentro a partir da linha da frente, onde as terras já pertenciam a outros colonos (BALDESSAR, 1991). A maioria dos lotes rurais variavam entre os 20 e 30 ha. A Nova Veneza foi criada como colônia modelo da Companhia Metropolitana, que proveu uma rede de vias de comunicação, ligando todos os lotes com os núcleos e estes com as colônias vizinhas. Contudo, as dificuldades da colonização nos primeiros anos eram enormes, ligados sobretudo as questões de saneamento, alimentação e assistência médica, trabalhos pesados e instrução (DALL' ALBA, 1983).

Desde a data da sua fundação o território da Colônia foi marcado por uma série de acontecimentos históricos que determinaram os eixos da sua evolução no contexto socioeconômico regional (Tabela 9).

Durante décadas a atividade econômica predominante foi constituída pela agricultura e pecuária de subsistência, ambas caracterizadas pela predominância de técnicas extensivas, caráter local de consumo e desflorestamento intensivo.

¹⁴ O território da referida colônia está distribuído hoje entre a área total dos municípios de Siderópolis e Treviso e parte dos municípios de Urussanga, Criciúma e Nova Veneza.

Tabela 9 - Evolução histórica da exploração e colonização da área da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita no contexto regional.

PERÍODO/ DATA	FATO HISTÓRICO
Até os meados do sec. XIX	- povoada por grupos populacionais nativos de origens Tupis, Guaranis, Tapuias, Aimorés, Xoklens ou Choclens e explorada pelos bandeirantes e tropeiros.
1827	- Os primeiros indícios do carvão foram encontrados pelos tropeiros do Planalto Serrano (Lauro Müller).
Janeiro 1891	- Início da implantação da colônia de Nova Veneza: - medições de lotes, abertura de estradas e construção das primeiras edificações.
Julho 1891 -1893	- Início da colonização através da imigração italiana. Faz parte da Colônia Nova Veneza, foi explorada em função do contrato do Governo da União pela empresa Ângela Fiorita & Cia (imigrantes do Norte da Itália, das regiões de Belluna, Trensa, Ferrara e Bérghama). Na Localidade de Nova Veneza fixaram-se cerca de 200 imigrantes.
Setembro 1891	- fechamento do perímetro da Colônia contornando os cursos de água explorados.
28 Outubro 1891	- Data Oficial da fundação da Colônia de Nova Veneza.
21 Abril 1893	- Inauguração da Colônia.
1894	- Surge a primeira empresa interessada na exploração do carvão em Siderópolis - Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) do Rio de Janeiro, ocasião em que a Companhia Metropolitana expressa a desmotivação pela imigração, com relação as potencialidades de exploração do carvão.
1900	- Iniciou-se o processo de desintegração dos Municípios, a região integra-se ao Município de Urussanga.
1913	- Descobrimto do carvão em Criciúma - Instalação da CSN em Novo Belluno e o início da urbanização induzida pela atividade da mineração; atribuição ao povoado de nome de Siderópolis.
01/07/1913	- designa-se distrito de Siderópolis pertencente ao município de Urussanga - Lei Municipal N°.60; instalado em 23/08/1913

1917-1922	- Instalação na região das primeiras empresas carboníferas: Companhia Brasil Araranguá (CBCA), Companhia Carbonífera Urussanga (CCU), Sociedade Carbonífera Próspera Ltda. (SCP), Companhia Nacional de Mineração Barro Branco (CNMBB) e outras de menor porte.
1919	- Chegada do ramal da ferrovia Teresa Cristina
Década 1940	- Início da exploração mineira efetiva.
1943	- Início das pesquisas e prospeção do carvão mineral no Bairro Industrial - Rio Fiorita.
1945	- Desapropriação das terras em Siderópolis e Treviso da Companhia Metropolitana (fundada de base da Ângela Fiorita & Cia. Em 29/09/1890 é responsável pela introdução dos imigrantes e em 1936 esta foi a maior proprietária das reservas de carvão no Estado, porém nunca as explorou), a favor da CSN pelos Decretos N° 14 258 de 13/12/43 e N° 18 992 de 25/06/45, contava-se 8 minas superficiais e uma subterrânea. - Início da extração do carvão em Siderópolis pela CSN (superfície 4 133 km ²);
1950	- A região Sul de SC consolida-se como um pólo econômico de produção extrativa de carvão e passa a ser denominada de "Bacia Carbonífera de Santa Catarina".
1955-1959	- Extração de carvão pela Companhia Treviso S.A.
19/12/1958	- Desintegrou-se o Município de Siderópolis de Urussanga - Lei Municipal N° 380; instalado em 13/01/1959;
1968	- CSN arrendou as suas terras à Companhia Carbonífera Próspera.
início dos anos 70	- início da crise econômica e da regressão da exploração do carvão; implantação das indústrias de cerâmica, do vestuário e de plásticos em Siderópolis com desenvolvimento de infraestruturas.
25.09.1980	- Decreto N° 85.206 de 25/09/80 do Governo Federal reconhecendo a Bacia Carbonífera Catarinense como a 14ª Área Crítica Nacional para Efeitos de Controle da Poluição e Conservação da Qualidade Ambiental

1982	- O início da preocupação com a preservação da integridade ambiental marcado pela Portaria Interministerial N°917/82 de 06.07.82 do Governo Federal, assinada pelos ministros das Minas e Energia, Interior e Indústria e Comércio, onde estabeleceu-se um prazo para as empresas mineradoras de carvão apresentarem aos órgãos estaduais de controle ambiental e à SEMA projetos e cronogramas para a implantação dos sistemas necessários ao controle da poluição e impactos gerados por suas atividades.
20.09.1983	- Implantação do projeto "Recuperação Piloto de Área Minerada a Céu Aberto" na Região de Siderópolis (área minerada com Morion pela CSN com uma superfície de 10,7 ha).
1988	- reunião realizada entre a FATMA/ SEMA/ SEPLAN/ EMPRESAS MINERADORAS onde foi aprovados o projeto conceptual (PROSUL - programa de Recuperação e Proteção Ambiental da região Sul) e os respectivos cronogramas de execução para tratamento de efluentes e resíduos sólidos
1990 - 1991	- CSN adquiriu a Companhia Carbonífera Próspera.
1996	- Início da crise econômica na mineração, cessamento parcial, paralisação das atividades da CSN e venda de algumas áreas para as outras empresas mineradoras, que assumiram o compromisso da recuperação ambiental.
Outubro 1996	- Privatização da CSN e da Companhia Carbonífera Próspera, designados a partir das respectivas Superintendências gerais do Projeto SC e Carbonífera Nova Próspera Ltda.
até Outubro de 1999	- Somente a Carbonífera Belluno Ltda. opera com duas minas à céu aberto e uma mina subterrânea.
1999 - ...	- Revitalização das atividades de mineração; reaproveitamento das covas abandonadas; Implantação do programa de gestão ambiental em áreas da mineração subterrânea(Projeto Rio Albina) e de reposição florestal em áreas de influência...

Fontes: SDM (1997), VOLPATO (1989), KELM (1999), ESC (1990), BALDESSAR (1991) SEPLAN(1990).

A situação socioeconômica da região, até então isolada dos centros coloniais maiores, começa a evoluir em 1913 com o descobrimento do carvão em Criciúma e conseqüente com a chegada em 1919 do ramal do caminho do ferro. O interesse da Companhia Metropolitana pela exploração do carvão reduziu o fluxo dos colonos para a região. Contudo, a mineração efetiva na área de Siderópolis iniciou-se somente a partir de 1943 exatamente no Bairro do Rio Fiorita (BORTOLOTTI (1992) apud KELM (1999)). Começa assim uma nova etapa de desenvolvimento socioeconômico marcada pelos avanços e retrocessos e quando a degradação ambiental manifesta-se criticamente

A mina à céu aberto explorada pela Companhia Próspera em Siderópolis (1968 - 1988) era a maior do Brasil. A cobertura chegava a atingir 35 m de espessura. Uma escavadeira elétrica - "MARION", tipo *drag line*, com uma caçamba de 35 jardas¹⁵ cúbicas realizava desmonte do *arrburden*. A referida escavadeira tinha capacidade de movimentar 5 milhões de m³ de rocha por mês. A mina foi equipada com um pré-lavador dotado de britadores, peneiras vibratórias e jig. A capacidade de pré-lavagem constituía 250 ton./h, sendo a produção mensal de carvão prelavado de cerca de 15 000 ton. (ABREU, 1973: 370).

A indústria carbonífera teve a sua expansão progressiva até a crise energética dos anos 60-70, quando iniciam-se tentativas de diversificação industrial e o desenvolvimento de infraestruturas.

A extração carbonífera estimulou a urbanização da região, que significou a expansão do setor terciário e a polarização de Criciúma. A indústria cerâmica tornou-se a mais significativa do Estado, desenvolvendo-se rapidamente com recursos próprios e matéria-prima local. O surto de urbanização, nos anos 50 e 60, serviu de estímulo para o ramo (GEAG/SC, 1980).

As indústrias de cerâmica, do vestuário e de plásticos obtiveram o papel expressivo no desenvolvimento regional e na evolução da área urbana de Siderópolis (SDM, 1997). Contudo, a diversificação econômica não resolveu os problemas sociais derivados da crise e da degradação ambiental progressiva e os conflitos de posse das terras gerados pela mineração, expansão da área urbana, e trouxe como conseqüência a diminuição de terras agrícolas.

¹⁵ 1 jarda cúbica corresponde à 0,765 m³

A situação atual do setor de mineração é caracterizada pelas tendências de revitalização gradual, porém continua arrastando diversos problemas sociais e ambientais vinculados a este tipo de atividade antrópica.

A última década do século XX foi marcada pela crescente preocupação ambiental e a aplicação do Programas de Reabilitação Ambiental das áreas de mineração e as tendências conservacionistas quanto a gestão das propriedades rurais.

Desde os anos 50 a área de estudo pertence a então designada Bacia Carbonífera Catarinense, que pelo Decreto N° 85.206 de 25/09/80 do Governo Federal foi reconhecida como *a 14ª Área Crítica Nacional para Efeitos de Controle da Poluição e Conservação da Qualidade Ambiental*.

5.1.2 Aspectos determinantes da atual posição econômica geográfica.

O município de Siderópolis a qual pertence a BHF faz parte da microregião AMREC (Associação dos Municípios da Região Carbonífera), que situa-se no centro da mesoregião designada Sul Catarinense localizada entre o Litoral Atlântico e a Serra do Rio Rastro.

A microregião é servida pela rodovia federal BR-101 (direção N/S) numa extensão de 36 km e pelas rodovias estaduais: SC- 438; 444; 445; 446 e 447. Também dispõe de um Aeroporto regional - **Dionício Freitas** em Forquilha (SDM, 1997). O pólo econômico da microregião AMREC é a cidade de Criciúma, que também é o maior centro urbano no litoral atlântico entre as cidades de Porto Alegre e Florianópolis. A cidade de Siderópolis foi caracterizada por SDM (1997: 43) como o centro urbano de segundo nível hierárquico¹⁶ e classificado como o menor centro, cuja população corresponde a 8 801 habitantes (censo de 1991). Situada a 112,00 metros de altitude (segunda cidade de cota elevada da microregião) e ocupa uma área superior a 330 ha, com uma densidade populacional de 45 hab./ha (dados de 1991). Deve-se sublinhar que a população urbana constitui 65,81 % da população total do município de Siderópolis, sendo a taxa geométrica média de crescimento populacional nitidamente proporcional entre as áreas urbana e rural (correspondentemente 2,73 contra (-) 2,22 %).

A cidade de Siderópolis é fortemente polarizada por Criciúma da qual distancia-se em 12 km. O traçado irregular da malha urbana de Siderópolis e as suas tendências de expansão para as áreas abandonadas da mineração dificultam a integração harmoniosa da região na rede de infraestruturas regionais, que constitui uma das principais preocupações do Poder Público Municipal.

Como tendência geral da microregião AMREC 67,5 % dos imóveis rurais possuíam até 20 há (*ibidem*).

A atividade de mineração caracteriza-se nos últimos anos pelo pequeno aumento da produtividade. As empresas mineradoras que atualmente operam na área da BHF retratam-se na Tabela 10.

¹⁶ Na escala de 1 à 7, onde 7 corresponde ao mais alto nível hierárquico atribuído a cidade de Criciúma.

A reativação das atividades extrativas remexeu com os velhos conflitos de uso do solo essencialmente dentro do triângulo: uso urbano - mineração - uso agrícola.

Tabela 10 - As principais mineradoras na área da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita.

Nº	OPERADORA	MINA	CAPACIDADE (ton./h)
1	COCALIT (Coque Catarinense LTDA)	SIDERÓPOLIS	70+50
2	CARBONÍFERA BELLUNO LTDA	RIO FIORITA, BELLUNO, CAMPO MALHA I E MALHA II	90
3	CCU & Rio Deserto	TREVISO	250
4	CARBONÍFERA TREVISO S.A	-	<i>abandonada (77 ha)</i>
5	CARBONÍFERA METROPOLITANA S.A.	-	<i>abandonada (6 ha)</i>
6	CSN (Companha Siderúrgica Nacional)	-	<i>abandonada (775,4 ha)</i>

Fonte de dados: JICA (1997: sec. II, p. 7/24)

5.1.3 Avaliação geral do quadro geográfico do uso do solo. Mapa de uso do solo da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita.

Embora em última instância o ordenamento do território, compreendido como um arranjo espacial dos componentes do geossistema, tenda para uma arrumação estável, a estrutura espacial dos usos nunca é verdadeiramente acabada e/ou definitiva. A evolução temporal de usos do solo realça a necessidade da análise regressiva e a importância de monitoramento das transformações contemporâneas.

As melhores estruturas regionais na área de estudo têm como fundamento um uso "natural" florestal ou agrícola e nesse meio estão localmente contidas as unidades de usos de maior impacto ambiental e menos flexíveis às mudanças estruturais.

Podemos afirmar que a diferenciação das unidades de usos observada à escala regional, considerando a dimensão temporal do sistema, partiu de um único compartimento com um uso sustentado, ou pelo menos integrado no geossistema natural, no interior do qual se destacam gradualmente as unidades agrícolas, urbanas, industriais e da mineração. As alterações no mosaico regional resultam sempre de uma difusão de atividades que ao implantarem-se alteram a estrutura funcional do território. A expansão de uma atividade pode verificar-se pelo alargamento regular ou irregular da mancha, que a unidade de uso ocupa à custa de espaço envolvente.

As mudanças de uso do solo, por si próprios, não constituem impactos ambientais. Contudo, os efeitos das alterações ocorridas criam os impactos ambientais. Os impactos significantes de uso do solo ocorrem onde gera um conflito entre os limites admissíveis e substanciais das classes do uso existentes e/ou introduzidos. A avaliação e revisão dos impactos dos usos em potencial é uma tarefa baseada na análise de conflitos físicos diretos e latentes entre os usos.

Os impactos ambientais de um único tipo de uso do solo são amplamente proporcionais ao tamanho da área que o mesmo ocupa e variam em função de diversos fatores ligados sobretudo a sua natureza e intensidade:

- o caráter das condições e dos recursos naturais;
- o caráter do ambiente diretamente e indiretamente afetado pela atividade humana;
- o caráter do ambiente humano em que a atividade se realiza;
- a natureza da operação;
- a extensão e efetividade de ações orientadas a minimização e remediação dos impactos ambientais.

Embora uma única atividade antrópica cria o seu próprio grau de impactos ambientais, uma combinação e concentração regional de usos do solo produz problemas de *impactos cumulativos* (CGER, 1999). *A problemática ambiental gerada por um número de minas de carvão na BHF só pode ser solucionada considerando adequadamente os efeitos combinados da mineração junto com as outras atividades como a agricultura e a urbanização.* Por exemplo, a retirada de águas subterrâneas em uma única mina tem o potencial de criar um cone fundo de depressão no aquífero local. Com o passar de tempo o cone se expande e pode unir-se aos outros criados por minas vizinhas, que pode baixar o nível freático regional, que por sua vez resultará em baixas sazonais nas áreas de fluxos fluviais a uma distância considerável das áreas mineradas. Outros usos regionais das águas subterrâneas como a agricultura e a urbanização, contribuem para efeitos cumulativos no nível das águas, mas nenhuma delas é completamente responsável por esse impacto. Semelhantemente, a drenagem potencialmente contaminada, os resíduos sólidos e as lagoas ácidas de uma única mina podem não ser suficientes para baixar a qualidade de água até aos níveis de concentrações de risco. Mas, quando são combinadas com as descargas das minas vizinhas e outras fontes de contaminação, como o escoamento urbano, industrial e agrícola os efeitos cumulativos tem o potencial de produzir níveis altos de poluição.

Na ótica da visão sistêmica a compreensão e a avaliação do potencial de efeitos cumulativos (no espaço e no tempo) na produção de impactos ambientais em geossistemas regionais deve ser considerado com prioridade quanto ao ordenamento territorial e a gestão municipal, visto que alguns dos usos não produzem os efeitos ambientais imediatos. O esquema dos fluxos potenciais de impactos ambientais cumulativos na bacia hidrográfica do rio Fiorita em função dos principais tipos de uso do solo apresentam-se na Figura 29.

Os fluxos complexos de energia e matéria resultantes de distintos tipos de uso do solo contribuem para a acumulação de cargas negativas entre os elementos naturais e sociais do geossistema, rompendo os vínculos de equilíbrio, que desencadeia o surgimento de fenômenos e processos classificados como impactos ambientais. É notável, entretanto, a importância de avaliar toda a complexidade de vínculos funcionais que podem contribuir para a instabilidade e possível degradação de um ou vários componentes do geossistema, quando a avaliação do impacto ambiental das atividades antrópicas no contexto regional e local.

O desenvolvimento histórico da ocupação e uso do solo na área da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita em função dos fatores acima abordados percorreu as fases comum de evolução. Numa primeira fase quando surge e se densifica o povoamento numa região, verifica-se geralmente um aumento do número de unidades de uso do solo. As unidades florestais sofrem transformações para o uso agrícola e, de ambos, destacam-se parcelas transformadas para os usos urbano e industrial (essencialmente a cerâmica e a mineração). Numa fase seguinte quando se esgotam os meios de base iniciam-se um processo de agregação de compartimentos diminuindo gradativamente a diferenciação espacial do mosaico dos usos.

Os estudos recentes demonstram (LOCH N., 2000; SDM, 1997) que a expansão urbana ocupou menos áreas agrícolas que a mineração a céu aberto, sendo expressiva a tendência de ocupação e expansão urbana na direção das áreas abandonadas pela mineração nos primeiros anos. A urbanização e a mineração encontram-se, deste modo, num confronto aberto com a exploração agrícola, que se reflete na evolução histórico-geográfica do uso/cobertura do solo. Os dados sobre a evolução das áreas ocupadas por cinco principais tipos de uso do solo característicos para a área de estudo relevantes a três épocas distintas, definidas pela Loch N.(2000) e expressas no Diagrama 6, dizem respeito à uma parte cento-sul da BHF, exatamente 22,06 km² (dos 57,4 km² da área total da BHF).

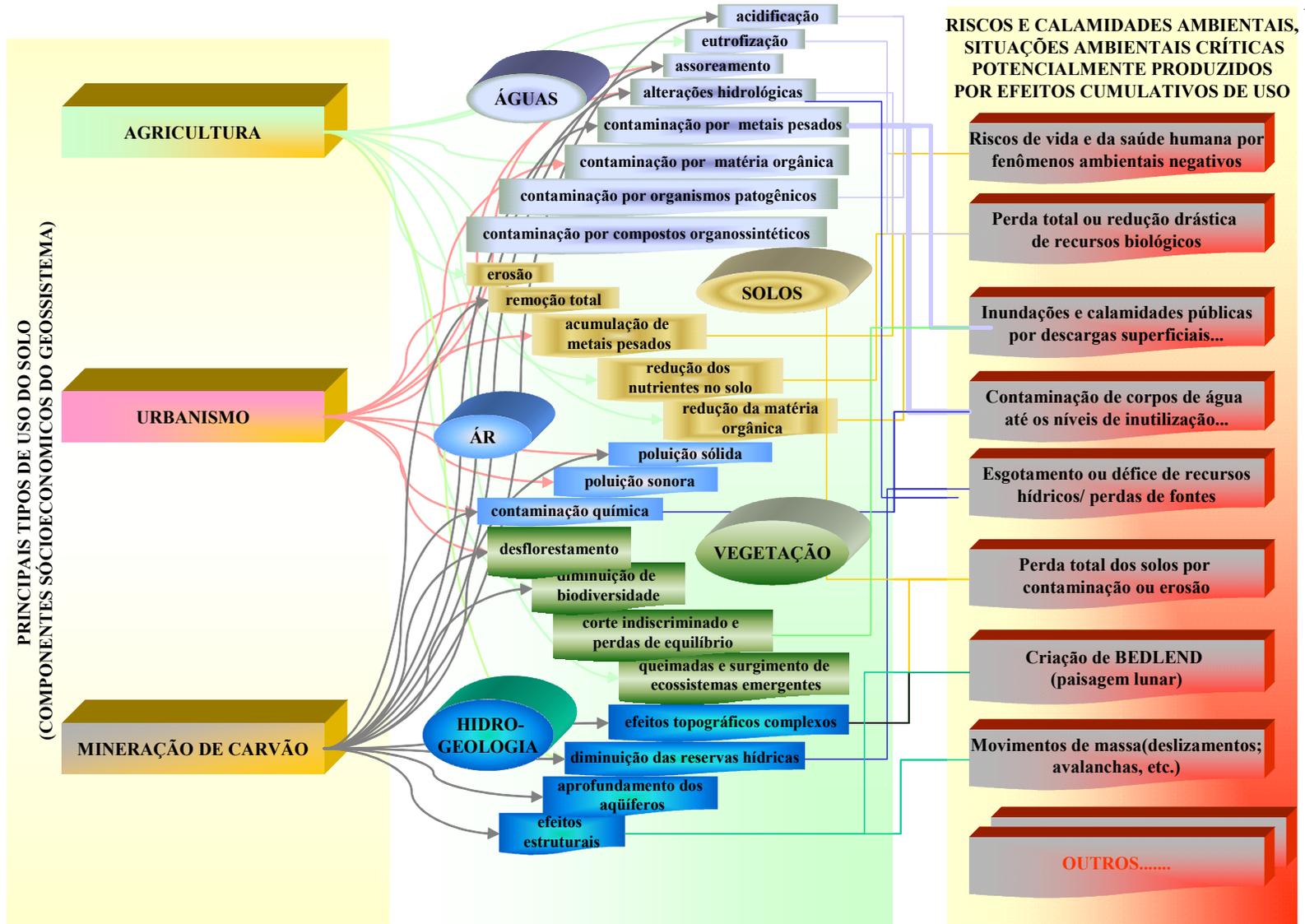
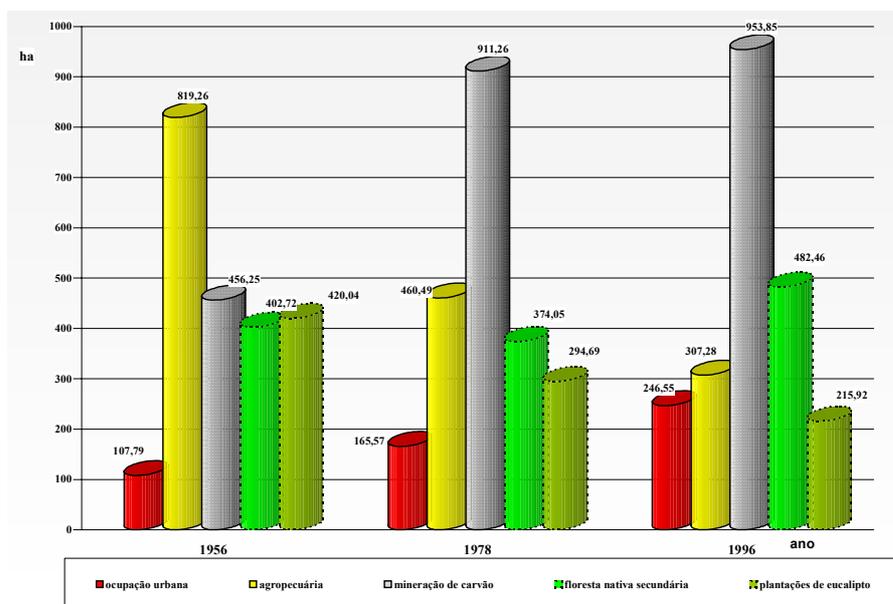


Figura 29 - Estruturação de efeitos cumulativos de impactos dos principais tipos de uso do solo

Contudo, a referida área concentra a totalidade das áreas de mineração e a urbana e portanto reflete com veracidade as tendências da evolução territorial destes principais tipos de uso do solo. Enquanto a evolução das áreas relacionadas com a ocupação pela agricultura, plantações de eucaliptos e floresta nativa secundária apesar de não apresentarem dados relevantes a totalidade dessas na BHF, refletem as tendências gerais da sua evolução. Desta maneira a mineração duplicou a área ocupada entre os anos 1956 e 1978 passando de 456 ha para 911 ha, tendo o aumento posterior sido pouco significativo. Enquanto o crescimento urbano é notório a sua progressão sem ressaltos de 3 % em cada período (LOCH N., 2000). É importante observar que a redução das áreas agrícolas e da floresta é diretamente proporcional a transgressão das áreas de mineração e urbana.

As tendências das transformações ambientais e de uso do solo refletem a expansão geográfica de um complexo conflito socioeconômico na Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita (Diagrama 6), que se alastra desde as questões de posse de terras até a problemática da saúde e questões de subsistência econômica dos seus habitantes e que é alvo de esforços de mediação e gestão da FATMA e da Prefeitura de Siderópolis.

Diagrama 6 - Evolução Histórica do Uso e Ocupação do Solo na Área Centro-Sul da Bacia



Hidrográfica do rio Fiorita no Período de 1956 à 1996

(Fonte de dados Loch N.(2000))

O Mapa de Uso do Solo da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita (1996) reflete as tendências atuais de uso e ocupação antrópica na área de estudo e revela as seguintes informações relevantes (Mapa de Uso/Cobertura do Solo):

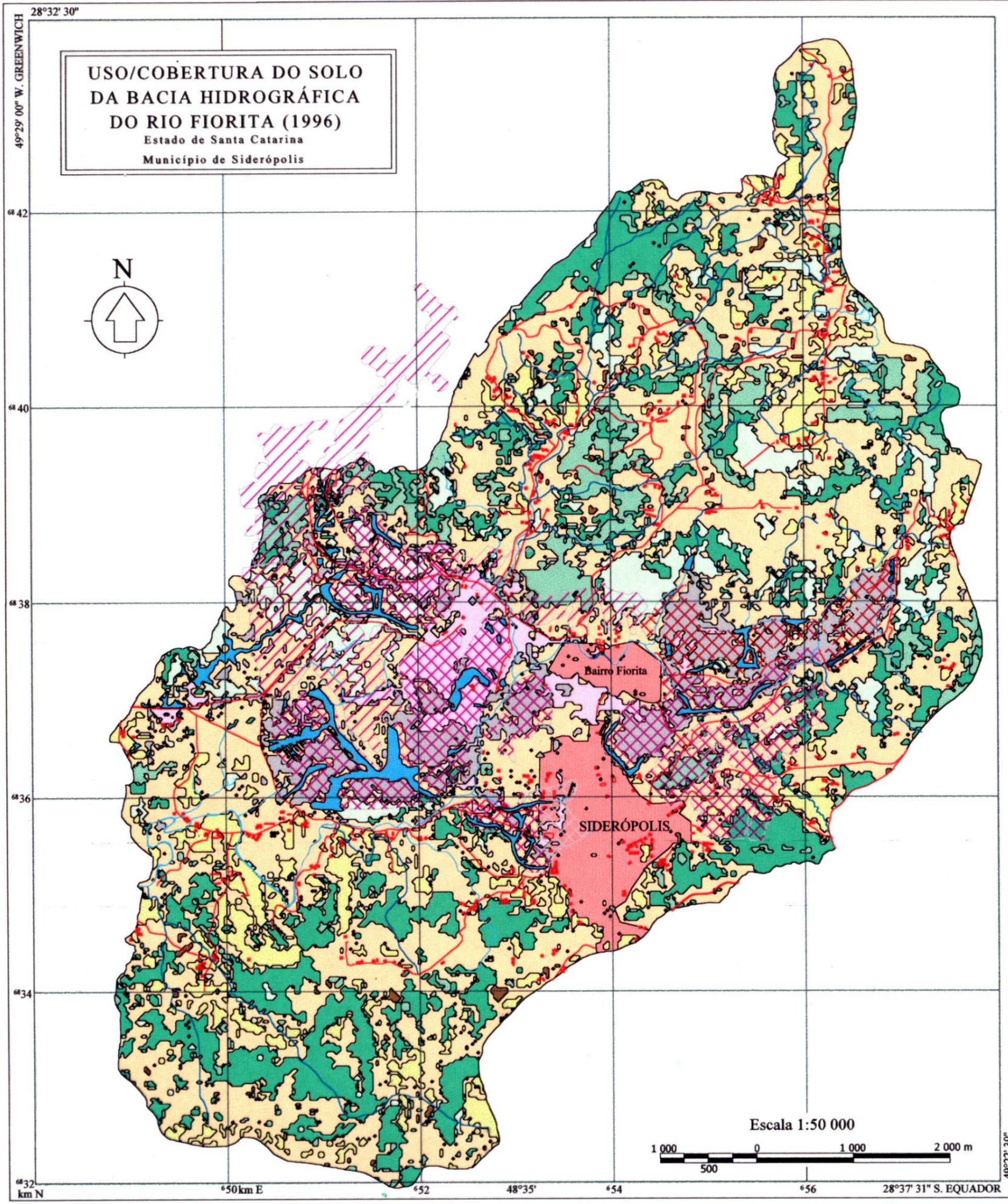
Tabela 11 - Estrutura e distribuição territorial de uso/cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do rio Fiorita.

USO/COBERTURA DO SOLO	Nº DE ÁREAS	ÁREA MAIOR (km ²)	ÁREA MENOR ¹⁷ (km ²)	ÁREA MÉDIA (km ²)	ÁREA MAIS FREQUENTE (km ²)	SUPERFÍCIE TOTAL OCUPADA (km ²)	%
ESTÉRIL	-	-	-	-	-	7,94	13,83
REJEITO	-	-	-	-	-	2,85	4,97
SOLO EXPOSTO	84	0,021	0,00045	0,001	0,001	0,26	0,46
MINERAÇÃO	13	-	-	-	-	9,1	15,85
URBANO	2	-	-	-	-	2,56	4,46
AGRÍCOLA	-	0,35	0,00045	0,03	0,001	9,54	16,62
PASTAGEM	335	0,29	0,00045	0,02	0,001	5,03	8,76
VEGETAÇÃO NATIVA	117	1,31	0,00045	0,03	0,02-0,03	10,15	17,68
EUCALIPTO	418	1,84	0,00045	0,02	0,00045	6,16	10,73
VEGETAÇÃO NATIVA E EUCALIPTO	662	0,02	0,00045	0,014	0,00045	3,81	6,64
TOTAL:						57,4	100,00

Observa-se, portanto, que os principais tipos de uso do solo historicamente formados na Bacia Hidrográfica do rio Fiorita preservam as tendências gerais da sua expansão territorial, resultando, assim, um conjunto extenso de fenômenos de interação que condicionam, por sua vez, a situação ambiental crítica.

O Diagrama 6 mostra a estrutura de uso do solo na BHF, onde predominam, essencialmente os seguintes usos: a mineração e as coberturas do solo derivadas (estéril, rejeito, etc.) com cerca de 35 %, seguidos da cobertura florestal com 35 % e da agricultura com 25 %, e, por último, da ocupação urbana com pouco menos de 5 % da área total da bacia.

¹⁷ O tamanho da menor área possível de ser distinguida é condicionado pela resolução espacial da imagem Landsat utilizada na confecção do mapa de uso do solo, onde o tamanho do pixel corresponde à uma área de 450,0 m²



LEGENDA

-  área urbana
-  uso agrícola
-  pastagem
-  floresta nativa secundária
-  formações florestais mistas: vegetação nativa /eucalipto
-  eucalipto
-  mineração de carvão
-  subsolo
-  céu aberto
-  depósitos de esteril
-  depósitos de rejeito
-  solo exposto/afloramentos rochosos
-  Bairro Fiorita
-  limite da área urbana
-  infraestruturas rurais e as estradas
-  rios
-  lagos

Base Cartográfica Digital (1:20 000)
 "BASE Aerofotogrametria e Projetos S.A." - São Paulo - 1996
 Projeção Universal Transversa de Mercator
 Datum Vertical: RN2Q e RN1446-1 (IBGE)
 Datum Horizontal: Morro da Palha (IBGE)
 Elipsóide: SAD-69
 Levantamento Fotogramétrico 1:30 000 (JICA - 1996)
 Fonte de dados : Classificação digital da imagem LANDSAT 5 - TM de 1996 - R. LOCH (2000)
 Arquivo digital "Áreas de Mineração" 1: 10 000 - KELM (1999)

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



UFSC - CENTRO TECNOLÓGICO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE FOTOGRAMETRIA, SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO

Projeto: PLANO SUL / CNPQ
 Org. e Ed.: Geógrafa EUGENIA KARNAUKHOVA
 Apoio: Eng. João Vicente H. G. K. Wanka
 Edição: maio 2000

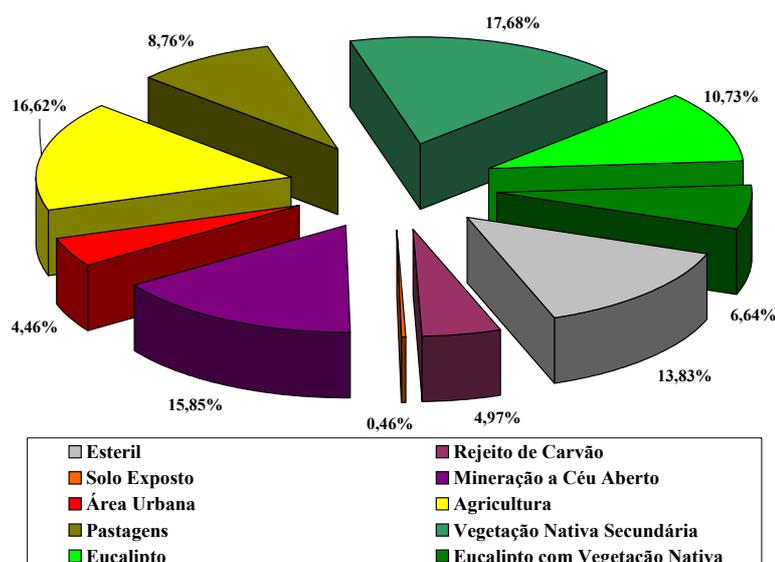


Diagrama 7 - Uso e Cobertura do solo na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita

A distribuição geográfica dos referidos tipos de uso do solo e a sua especificidade e regularidades espaciais observados, tal como outros aspectos com relação aos impactos ambientais, analisam-se no parágrafo a seguir.

5.1.4 Os Principais Tipos de Uso do Solo e a sua Problemática Ambiental.

5.1.4.1 Agricultura

É o tipo mais antigo de exploração e uso do solo na área de estudo, e é o fator essencial primário de desflorestamento desde o fim do século passado até os anos 40 do século XX. A agricultura é considerada um tipo de exploração antroponatural, isto é, um uso com dependência estreita com as propriedades e estruturas do sistema natural. O uso agrícola mantém-se à custa do funcionamento normal das atividades de cultivo.

Gradualmente criadas e melhoradas pelo trabalho ao longo dos tempos as terras agrícolas são indiscutivelmente um recurso patrimonial da humanidade e, por princípio, não devem ser utilizados para outros fins sem razões suficientes (FAO (1976) apud PARDAL (1988)).

Os efeitos da agricultura, diretos e indiretos, sobre o ambiente relacionam-se diretamente com a escala em que ela é empreendida (Figura 30). Dois aspectos fundamentais devem ser considerados: primeiro, a intensidade e o grau da alteração provocada ao solo e à vegetação preexistentes; segundo, a área em que se deu a alteração.

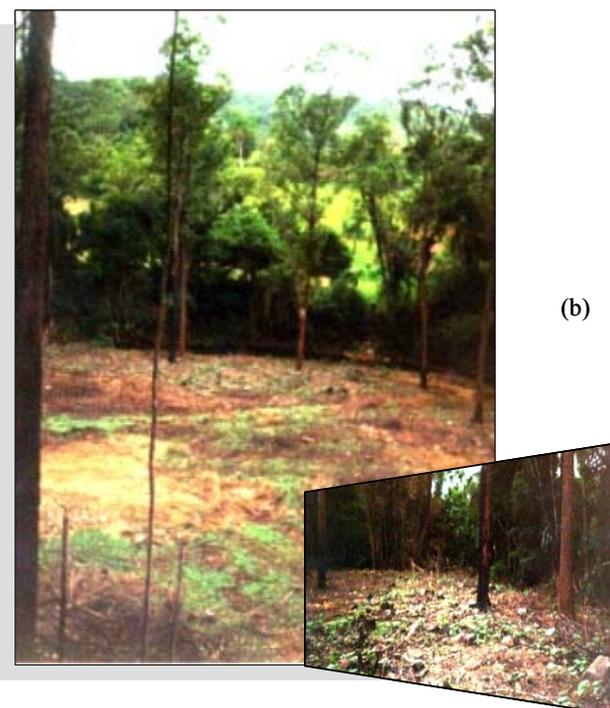
As economias pré-agrícolas (caça e coleta) permitiam manter somente as populações reduzidas e o impacto global sobre o ambiente era negligenciado. As primitivas formas agrícolas e do pastoreio, sobretudo nas áreas florestais, provocaram mudanças mais extensas, com as matas desbastadas ou cortadas para a formação de pastos e áreas de cultivo.

As colônias fundadas em Santa Catarina no fim do século XIX criaram uma paisagem rural que tornou-se tradicional. As novas gerações mantiveram na maioria dos casos os lotes com as dimensões iniciais (20-30 ha) - em função das condições ambientais que permitem a rotação das terras. A área da BHF é caracterizada pelo predomínio de propriedades agrícolas até 50 ha, em média os imóveis rurais possuem entre 12 a 20 ha. No contexto municipal sublinha-se que 88 % dos proprietários são minifúndios, que concentram um total de 60 % das terras agrícolas (SEPLAN, 1990). As dimensões das propriedades, inicialmente de 30 ha, alteraram-se em virtude das sucessões hereditárias e transações entre os moradores do lugar. Predominam os lotes em torno de 20 ha, havendo alguns que diminuem até 10 ha, e outros que somam dois ou mais lotes primitivos, alcançando 60 a 90 ha (as vezes em parcelas descontínuas).

A paisagem rural da BHF reflete o estabelecimento rural disperso de densidade média (Figura 31). As casas dispõem-se frontalmente à estrada, que usualmente está traçada ao longo do rio principal, no fundo do vale fluvial, ou subindo os interflúvios, mantendo-se as habitações afastadas umas das outras de 100 a 500 metros (distância condicionada por diversos fatores, principalmente a existência de córregos ou fontes que evitam o uso doméstico da água do rio principal. Os lotes são demarcados de frente para o rio (inicialmente com 300 m em geral) e os fundos em direção ao divisor de águas. As áreas aplanadas de reduzida extensão suportam os pastos. As pocilgas ficam nas imediações da casa e os terrenos das culturas concentram-se em geral nas encostas menos íngremes dos vales e nos interflúvios.



(a) - O uso agrícola em áreas de interflúvios em patamar (200-300/300-400 m) com declividade de até 10 % (morro Albina - plantações de banana e tabaco)



(b) - A queimada recente da mata ciliar nas margens do curso médio do rio Kuntz (21/12/1999)

(c) - A paisagem agro-pastoril no vale baixo do rio Fiorita



Figura 30 - Panorama da paisagem rural na área de estudo

A paisagem mostra também a diversidade da economia agrícola com as plantações destinadas às lavouras temporárias e permanentes de culturas comerciais e de subsistência, dos pastos e plantações silvícolas de monocultura.

As estatísticas municipais apresentam como tendência ocupacional dos estabelecimentos rurais seguintes índices: 13,25 % - lavouras temporárias; 6,21 % - permanentes; 1,5 % - pastos naturais; 30 % - pastos plantados; 10 % - floresta plantada; 15 % - floresta nativa secundária; 24 % - terras produtivas inutilizadas ou em repouso e 15 % de terras improdutivas (SEPLAN, 1990). A mesma fonte revela o aumento das áreas das pastagens plantadas, que indica o interesse no desenvolvimento da bovinicultura. As lavouras temporárias tem diminuído as áreas ocupadas, dando lugar às plantações permanentes de monoculturas arbóreas (*Eucaliptos*), que tem aumentado principalmente em áreas recuperadas de depósitos de rejeitos e estéreis da mineração.

O crescimento da cidade de Siderópolis e do Bairro Fiorita, induzidos pelo desenvolvimento da indústria de mineração, aumentaram a demanda dos produtos alimentares, que teve efeitos diretos sobre a estrutura agrária da área rural vizinha. Diversos produtos de consumo familiar encontraram mercado o que permitiu a atividade agrícola em área reduzida, cuja renda somada a de outras atividades ficou suficiente para “dispensar” mudança de técnica. A estrutura agrária alterou-se quanto às dimensões da propriedade, ao trabalho da terra e ao ritmo das atividades agrícolas, mas permaneceu fiel à tradição quanto às culturas, à comercialização das safras, às técnicas agrícolas.

Os minifúndios entorno das cidades são caracterizados pela realização das atividades fora da propriedade (essencialmente na mineração e setor terciário), a fim de complementarem a renda insuficiente da terra. A população rural que na primeira metade de século XX reagia com a emigração contra a subdivisão da propriedade demonstra nas últimas décadas a tendência de procurar a aproximação à cidade. A paisagem que decorre dos minifúndios nas áreas rururbanas diferencia-se somente pela densidade da área habitacional, que denuncia a existência de pequenas glebas.

As principais culturas agrícolas exploradas segundo a ordem de importância são (SEPLAN, 1990): a banana, o milho e a mandioca, o alho, o amendoim, a uva e cebola, a batata, o feijão e o tabaco (maior consumidor de agrotóxicos).

O gado é raro e poucos o possuem, concentrado apenas nos pequenos pastos do fundo do vale. A criação de pequena porte é constituída por aves e suínos.

As áreas agrícolas e de pastagens encontram-se intrínsecas com as áreas florestais, distribuídas essencialmente em dois setores localizados no Sul e no Norte da área de estudo.

A área sul corresponde ao morro Albina e caracteriza-se pela predominância das áreas de pastagens intercaladas com expressivas áreas florestais, plantações de banana, cana de açúcar e as plantações de culturas anuais de rotação. É a área com maiores extensões, que ocupa cerca de 180 ha, e onde se encontram 90 áreas de pastagens, sendo que a maior área de pastagem ocupa cerca de 29 ha e a menor é de 0,1 ha.

O setor norte corresponde às encostas do alto vale do rio Fiorita e do rio Kuntz com uma superfície de cerca de 160 ha, que abrange na ordem de 277 áreas de pastagens, dos quais os tamanhos oscilam na ordem de 0,5 ha, sendo a maior área de 24 ha.

Observa-se a presença de pequenas áreas de pastagens disseminadas nos arredores da área urbana (cerca de 18 áreas num total de 24 ha).

As condições iniciais de loteamento e as capacidades econômicas reduzidas (ou as vezes precárias) dos seus proprietários predeterminaram o caráter do impacto ambiental desencadeado pela exploração agrícola extensiva, vinculada nas primeiras décadas ao desflorestamento contínuo e aos fenômenos ecológicos negativos a este associados.

O fato das propriedades rurais "fatiarem" a Bacia Hidrográfica do rio Fiorita acompanhando o perfil transversal do vale pressupõe que as mesmas formam um sistema de exploração territorial contínuo, em que compartilham os recursos e bens naturais e sociais comum, assim como os cursos comuns de água e as matas ciliares que os acompanham. O mesmo fato realça também a importância da visão integradora das propriedades vizinhas no âmbito do gerenciamento ambiental e o papel indispensável do Cadastro Técnico Multifinalitário quanto a disponibilidade de informações, considerando as propriedades como a unidade básica da gestão.

A mudança das condições físicas do ambiente, intensificando a erosão e reduzindo as áreas com declive apropriado para as plantações, resulta no aumento da área mínima, em que o agricultor pratica a rotação de terras sem quebra do seu nível social e econômico (PELUSO, 1978). A maioria das propriedades rurais caracteriza-se pelo: uso intensivo do solo e do seu conseqüente esgotamento e exposição à erosão; pelo abandono das áreas outrora produtivas e a poluição do lençol frático; pelo empobrecimento por descapitalização e intensificação do êxodo rural. Entre outros

problemas causados pelo uso intensivo do solo constam: o desmatamento; as queimadas (Figura 30b) e o uso excessivo de fertilizantes e defensivos agrícolas, que contribuem de maneira expressiva para a degradação do solo; a erosão e o assoreamento dos rios a poluição do lençol freático.

A degradação dos solos e o desmatamento são os tipos principais de danos ambientais, provocados pela atividade agrícola e pastoril e constituem um problema gravíssimo, já que os custos da sua recuperação são muito elevados e por isso são quase nunca realizados, pois devem ser substituídos com medidas preventivas.

Geralmente o abandono das áreas da agricultura não causa uma degradação ambiental, quando é seguido de um processo de regeneração florestal ou reconversão para uso silvícola por meio da qual adquire uma estabilidade funcional. No caso de abandono pela degradação dos recursos as unidades agrícolas transformam-se em classe de solos degradados desprovidos de utilidade socioeconômica. O seu aproveitamento (ou então a sua reintegração territorial no geossistema) exige um investimento adicional de recuperação. Quando a estrutura agrária é de minifúndio com um povoamento relativamente denso, provido de benfeitorias, infra-estruturas e outros melhoramentos que envolvem as construções definitivas, o eventual abandono da atividade agrícola exige uma reconversão do uso com ações adaptativas das estruturas locais. Este é bem o cenário tendencial que se observa nas áreas de mineração subterrânea da BHF (exemplo a mineração na região da sub-bacia do rio Albina). A atenuação dos riscos ambientais e impactos estruturais, assim como a diminuição dos gastos adicionais com a reconversão de usos passa necessariamente por uma previsão minuciosa dos impactos, pelas medidas compensatórias preventivas no âmbito da conservação dos recursos da produção agrícola (água, solos, etc.), pela criação de um seguro social. Caso contrário gera-se um foco de degradação, que perturba a estabilidade e o equilíbrio do sistema territorial. Do que mais explorado foi o solo e mais benfeitoria tecnologicamente sofisticada recebeu, logo mais difícil será a sua reconversão.

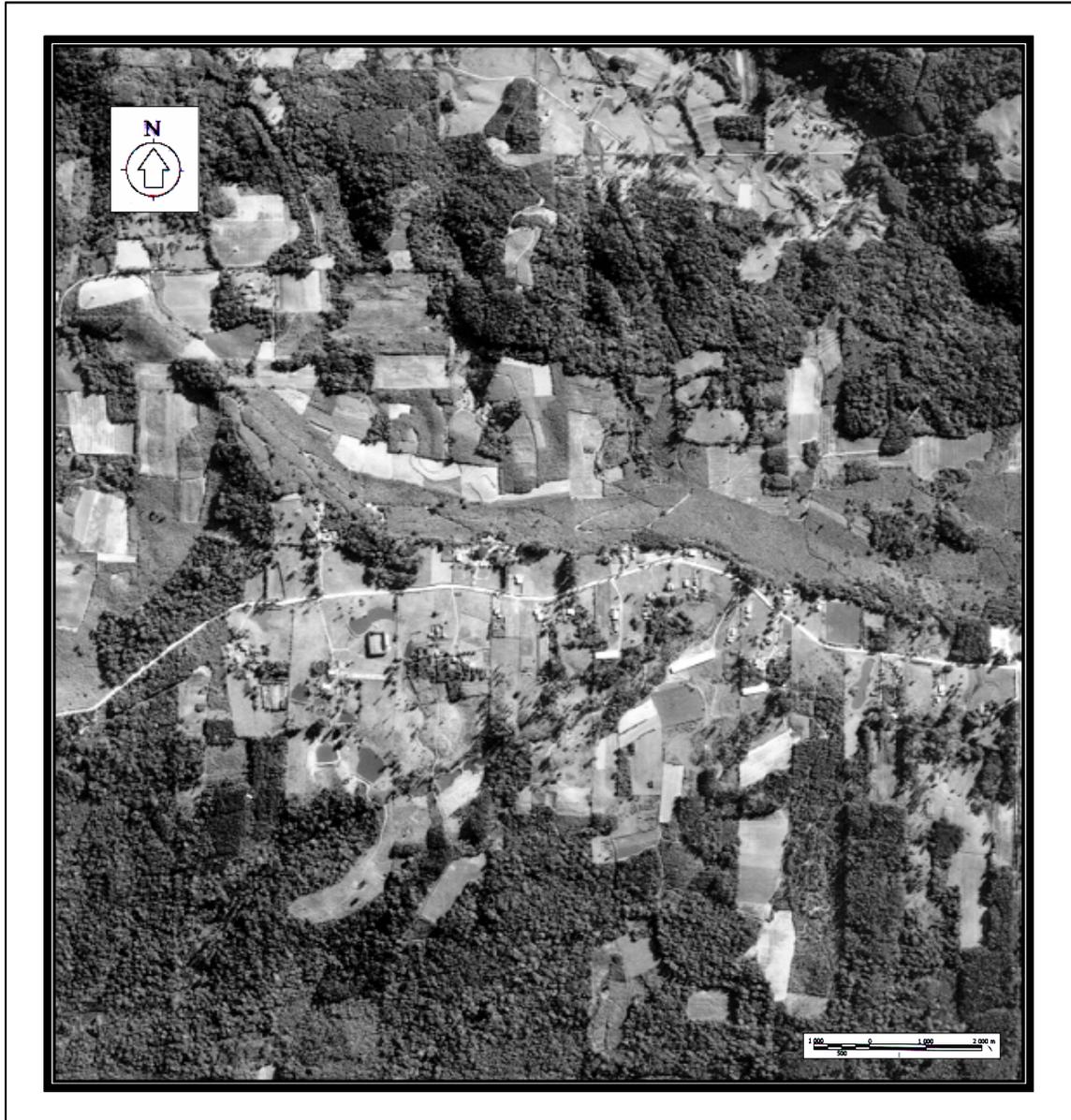


Figura 31 – Carácter típico da paisagem agro-florestal na Bacia Hidrográfica do rio Fiorita (nos arredores do Bairro Fiorita, levantamento fotogramétrico na escala nominal 1:30 000 - 1996/JICA)

5.1.4.2 Uso florestal

A Lei N° 4.711 de 15/09/65, instituindo o novo Código Florestal, definiu as florestas e as demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, como bens de interesse comum a todos os habitantes do país, exercendo-se os direitos de propriedade com as limitações que a legislação em geral e o Código estabelecem (CUSTÓDIO, 1991).

A floresta é um ecossistema que caracteriza-se pelo auge de diversidade e complexidade biológica e a capacidade de auto-recuperação, podendo prescindir de investimentos sociais.

As florestas desempenham diversas funções no quadro econômico. Existem florestas sanitárias entorno das cidades, florestas protetoras, as que protegem os solos, os campos e as águas geralmente situadas junto as margens dos rios, lagos, reservatórios e canais; hortas florestais, onde a extração de madeira é proibida, sendo permitido apenas o corte sanitário. Pelo modo e pelos objetivos de utilização, as florestas dividem-se nos seguintes grupos funcionais:

1. as florestas das regiões pouco florestais - as florestas protetoras dos corpos de água e dos solos, etc.;
2. as florestas das regiões de denso povoamento com exploração limitada reservadas à conservação da qualidade ambiental;
3. as florestas das regiões de exploração que dividem-se em exploráveis e preservadas.

As florestas do ponto de vista do planejamento físico devem-se diferenciar em dois tipos essenciais: as de uso múltiplo e as de produção de madeira. Consideram-se ainda os casos em que a floresta é de proteção em situações edafo-ecológicas críticas e os sistemas de regime silvopastoril.

Os sub-sistemas florestais da BHF carecem de classificação e zoneamento criterioso com fins de racionalização da sua gestão. Apesar de se distinguirem pela legislação ambiental os sub-sistemas florestais de proteção dos corpos de água (mata ciliar), assim como os agrupamentos florestais de interflúvios (que estão em vários locais ocupados por plantações de eucalipto com fins econômicos e/ou banana (Figura

30a) estão ausentes ou são alvos de expansão do uso agropecuário. Nota-se, também, a ausência de faixas e áreas verdes ao redor das zonas industriais e das áreas urbanas.

A floresta do ponto de vista do ordenamento do território proporcionam: amenização dos efeitos climáticos negativos; regularização do escoamento fluvial (*runoff*) e a redução de riscos de inundações e de movimentos de massa¹⁸; a proteção e o desenvolvimento do perfil do solo; o meio de suporte da vida selvagem; criam paisagens de elevado valor econômico e de alta qualidade e ambientes excelentes para as atividades recreativas. Uma unidade de uso florestal (no caso da floresta de usos múltiplos, áreas de proteção, floresta nativa) exige uma determinada extensão para atingir uma escala que permite-lhe manter-se em auto-equilíbrio e garanta-lhe a viabilidade ecológica¹⁹. Neste contexto as unidades de floresta nativa secundária da BHF estão desprovidas das características de estabilidade ecológica e de recursos de auto-suficiência, encontrando-se em dependência proporcional para com as outras unidades de uso do solo.

Observa-se a ausência das unidades florestais de uso público. A necessidade presente de proporcionar as populações urbanas ambientes naturais de recreio é um dos importantes argumentos para a criação de parques e reflorestamentos intensivos (principalmente onde a urbanização se expande para as áreas de mineração). Com relação a exploração florestal de *uso múltiplo*²⁰ coloca-se o problema de como conjugar a conservação de um sistema natural com o direito dos proprietários e da população em geral usufruir diretamente dele sem degradá-lo ou destruí-lo completamente.

Neste caso é muito importante compreender até que ponto a utilização pública tem um efeito desgastante sobre a floresta, e que os sistemas florestais tem uma capacidade de suporte reduzida. Contudo, algumas mudanças estruturais das unidades florestais nas zonas rururbanas (as que compreendem as plantações e infra-estruturas ordenadas) fazem-se possível o seu uso intensivo, mas dando uma ênfase particular à componente recreativa.

¹⁸A interceptação pela cobertura vegetal varia consideravelmente entre as áreas sob ecossistemas similares. Os dados indicam a variabilidade da interceptação nas florestas tropicais naturais situadas nas diversas posições geográficas e sob estágios sucessórios diferenciados. Assim, os estudos realizados no Brasil indicam que as florestas úmidas secundárias (para a região do Rio de Janeiro - a precipitação anual média é de 2 300 mm) tem capacidade de interceptar 17 à 24 % de quedas pluviométricas, enquanto as florestas subtropicais (a precipitação é de 1 950 mm) interceptam na ordem de 66 % (Netto, 1994).

¹⁹ Os estudos realizados no sul da Europa, por exemplo, indicam como tamanho adequado 300 ha.

²⁰ Entende-se por *uso múltiplo* uma combinação equilibrada de usos diversos dos recursos que levem em conta as necessidades a longo prazo das gerações futuras em recursos renováveis e não renováveis, incluindo e não limitando a gama de usos (recreação, extração de madeira e dos minérios, usufruir da vida selvagem e dos peixes, valores cênicos, científicos e histórico-naturais) e proporcionando uma administração coordenada e harmoniosa dos vários recursos sem prejuízo permanente da produtividade da terra e da qualidade do ambiente, tendo em consideração os valores relativos dos recursos e não necessariamente a combinação de usos que darão o maior retorno econômico ou a maior produtividade da unidade de uso (CGER, 1999:GLOSSARY)

As unidades de uso agro-florestal adjacentes e/ou envolvidas numa área urbana não são sustentáveis com as suas estruturas tradicionais. É necessário proceder a reconversão de uso que integre os respectivos espaços de forma estável no sistema metropolitano.

O reflorestamento como uma das atividades de estabilização funcional das paisagens degradadas pela mineração e sobre-exploração agrícola e como forma econômica de reconversão do uso do solo continua sendo um dos assuntos mais polêmicos, visto freqüentemente como uma *panacéia* e disseminando as ilusões quanto as suas potencialidades reais. Quanto ao potencial socioeconômico e a funcionalidade territorial e ecológica das áreas reflorestadas devem ser considerados os aspectos seguintes:

- a. o número de espécies utilizadas no reflorestamento;
- b. a correlação entre as essências nativas e essências exóticas;
- c. a proporcionalidade funcional entre o desmatamento e o reflorestamento;
- d. o equilíbrio ecológico do sistema florestal criado e o seu gradual enriquecimento.

Qualquer reflorestamento feito com uma espécie única em termos ecológicos representa uma monocultura arbórea, independentemente de ser uma espécie exótica ou nativa (HESS, 1980). As monoculturas não dispõem de potencial de sustentar um ecossistema durante um longo tempo.

O reflorestamento ecológico consiste na preservação dos agrupamentos florestais nativos e especialmente na introdução das espécies produtoras de frutos e alimentos que permitem manter a biocenose durante o maior tempo possível. Este é um tipo de reflorestamento mais fácil de ser aplicado às pequenas propriedades.

Por outro lado apesar da consciência geral de que a melhor espécie para o reflorestamento é aquela que foi derrubada (ou então a nativa da região), atualmente o reflorestamento com espécies exóticas apresenta-se como um processo mais produtivo e mais fácil devido a disponibilidade de pesquisas sobre o assunto no Brasil e no mundo inteiro. O reflorestamento com as espécies nativas ainda é um assunto que exige pesquisas, porém detém um grande potencial econômico e sobretudo do ponto de vista da preservação da integridade ecológica das paisagens.

Um outro aspecto amplamente debatido neste âmbito é a proporcionalidade funcional entre o desmatamento realizado e o reflorestamento em curso. Na maioria dos casos e particularmente nas áreas de mineração a céu aberto derrubam-se os

agrupamentos florísticos heterogêneos para implantarem-se florestas homogêneas. O que em termos ecológicos representa uma degradação brusca da biodiversidade e portanto do equilíbrio e da estabilidade. O plantio desordenado de árvores exóticas com ou sem incentivos fiscais em áreas indiscriminadas eliminando as condições de vida de outras espécies vegetais e animais em geral, proporciona desequilíbrios ecológicos e não oferece a proteção adequada aos solos, sendo que em alguns casos as monoculturas florestais esgotam unilateralmente os solos e reduzem significativamente a sua produtividade (HESS, 1980). Pois os reflorestamentos com monoculturas só se justificam economicamente e do ponto de vista ambiental em áreas da mineração ou em ambientes críticos onde a introdução de policulturas é condicionada pela presença dos fatores negativos.

Praticamente a totalidade das áreas ocupadas com o reflorestamento na BHF tem como fim o aproveitamento econômico e não o restabelecimento efetivo da integridade ecológica. O replantio com espécies exóticas garante o retorno econômico, porém prejudica as condições pedológicas da área e não fornece as condições para o desenvolvimento de substratos das essências vegetais nativas.

A racionalidade ambiental dos reflorestamentos com espécies exóticas em áreas agrícolas está comprometida pela sua finalidade econômica em função da qual as comarcas físico-geográficas de áreas reflorestadas raramente atingem a estabilidade ecológica, quando sofrem cortes periodicamente.

Sabe-se, que a maioria das matas e bosques que restam na região em questão já foram exauridos de árvores e espécies de maior valor econômico. As capoeiras e capoeirões que representam as etapas iniciais do restabelecimento da cobertura florestal, são potencialmente pobres em espécies florestais de grande valor e para chegarem à comunidade-climose (estágio de maturidade) vão demorar séculos (HESS, 1980). Neste contexto, o enriquecimento dos agrupamentos florestais secundários ou de monoculturas com espécies nativas é um instrumento importantíssimo de viabilização dos sistemas florestais.

Contudo, existem sinais que o reflorestamento estimulou a migração de espécies silvestres, inclusive muitos insetos e pássaros e entre a vegetação rasteira, vários mamíferos de pequeno porte. Lentamente o solo responderá às mudanças na vegetação e no microclima, dando início a sua laboriosa escalada para a fertilidade.

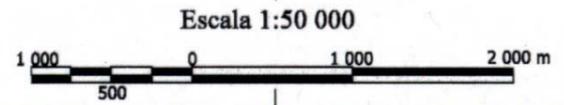
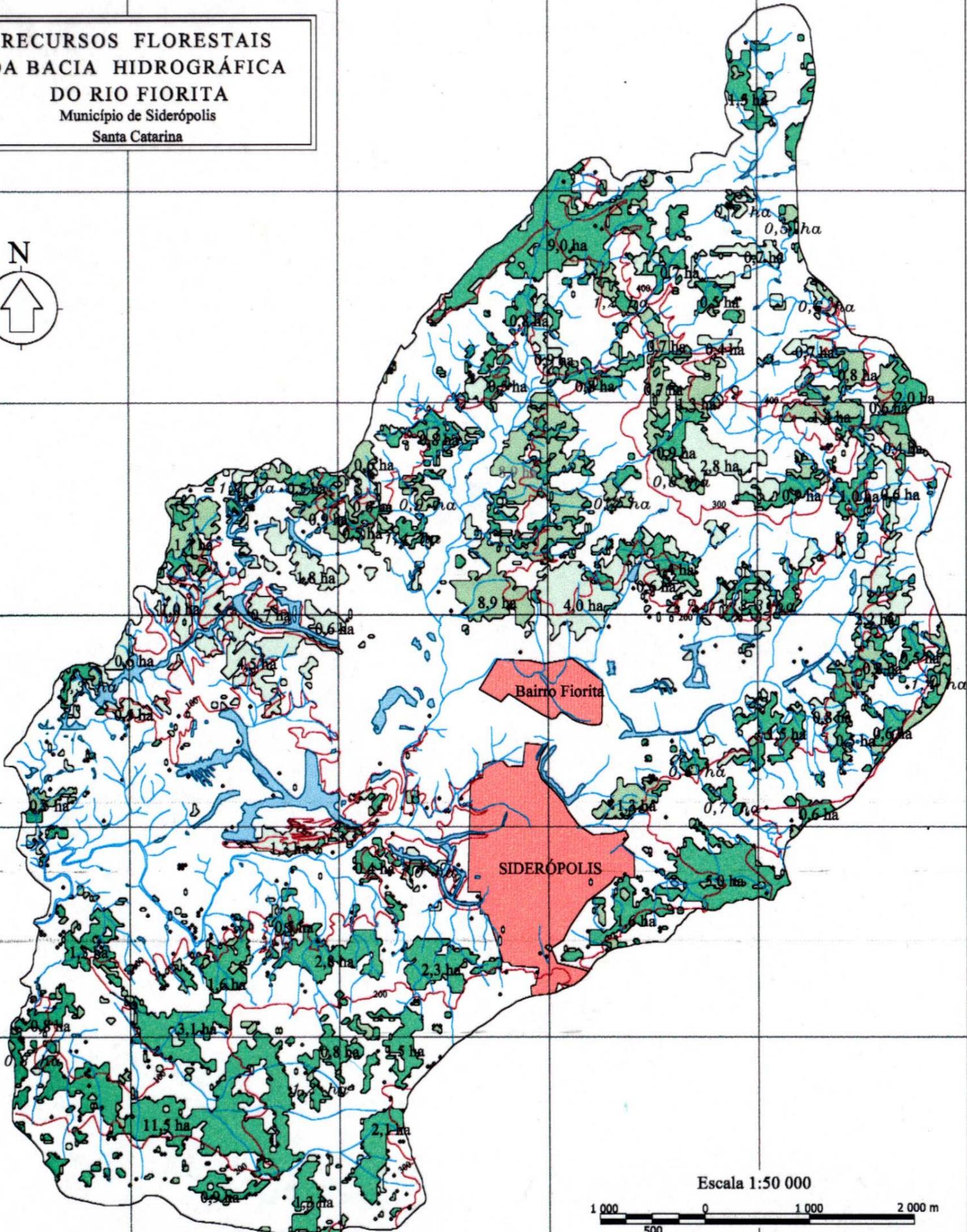
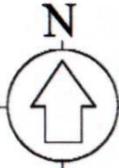
Os estudos florísticos analisados anteriormente (veja § 4.2.6) e as observações de campo demonstram uma redução drástica da biodiversidade original e conseqüente

o empobrecimento em espécies nativas, como também a sua substituição pelas espécies exóticas principalmente nas áreas abandonadas de mineração e de reflorestamentos com fins silvícolas. Durante as pesquisas realizadas junto as instituições regionais de investigação científica não foi possível identificar a existência de estudos especializados relacionados com a avaliação dos impactos das atividades antrópicas sobre a fauna e a flora (no contexto mais abrangente), como também a ausência de estudos pedológicos da área da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita, exceto os relacionados com o restabelecimento da cobertura vegetal na área do projeto JICA.

As áreas de eucalipto e as de eucalipto com vegetação nativa distribuem-se entre duas áreas que abarcam correspondentemente as encostas S-SE e à N-NE das áreas da mineração (Mapa de Recursos Florestais).

A primeira região caracteriza-se pela presença de pequenas plantações de eucaliptos intercalados entre as pastagens e as áreas agrícolas, onde em média as áreas não ultrapassam os 0,5 ha e a área maior constitui 2,3 ha.

**RECURSOS FLORESTAIS
DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO FIORITA**
Município de Siderópolis
Santa Catarina



LEGENDA

- VEGETAÇÃO :**
- Eucalipto
 - Vegetação nativa secundária (capoeirinha, capoeira e raramente capoeirão)
 - Formações florestais mistas: floresta nativa/eucalipto

- ÁREAS :**
- áreas de até 0,004 ha (o menor tamanho distinguível devido a resolução espacial da imagem Landsat)
 - áreas de até 0,01 ha
 - áreas de até 0,02 ha
 - áreas de até 0,04 ha
 - áreas de até 0,06 ha
 - áreas de até 0,08 ha
 - 0,5 ha
 - 0,1 ha
 - áreas de até 0,5 ha

- Convenções Geográficas :**
- curvas de nível
 - rios
 - Bairro Fiorita
 - limite da área urbana
 - lagos
 - 1,7 ha área total do agrupamento florestal
 - 0,9 ha área total do conjunto de agrupamentos

Base Cartográfica Digital (1:20 000)
 "BASE Aerofotogrametria e Projetos S.A." - São Paulo - 1996
 Projeção Universal Transversa de Mercator
 Datum Vertical: RN2Q e RN1446-1 (IBGE)
 Datum Horizontal: Morro da Palha (IBGE)
 Elipsóide: SAD-69
 Levantamento Fotogramétrico 1:30 000 (JICA - 1996)
 Fonte de dados temáticos: Classificação digital da imagem
 LANDSAT 5 - TM (1996) - R. LOCH (2000)



UFSC - CENTRO TECNOLÓGICO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
 EM ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE FOTOGRAMETRIA,
 SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO

Projeto: PLANO SUL / CNPQ
 Org. e Ed.: Geógrafa EUGENIA KARNAUKHOVA
 Apoio: Eng. João Vicente H. G. K. Wanka
 Edição: maio 2000

As maiores áreas de plantações de eucalipto e associados à essas áreas de eucalipto com vegetação nativa secundária correspondem aos fundos de vales e aos interflúvios ao N-NE das áreas da mineração, sendo a maior área observada de 9 ha.

A distribuição da vegetação nativa secundária tem caracter remanescente e ocupa um total de 102 ha. Os maiores agrupamentos florestais associados aos interflúvios entre os tributários de 1ª e 2ª ordem e caracterizados pela maior estabilidade ecológica localizam-se nas encostas S-SE do morro Albina (a maior área é de 13 ha). O gerenciamento desses espaços florestais adquire maior importância em virtude da expansão da mineração no subsolo em direção às encostas do morro.

É importante sublinhar que as cabeceiras do rio Fiorita apresentavam-se na data do levantamento (1996) quase desprovidas de cobertura florestal. A maior área observada no divisor nordeste ocupa cerca de 9 ha. As pequenas áreas remanescentes de vegetação secundária estão espalhadas pelas encostas íngremes dos divisores nordeste e noroeste da Bacia, com tamanho médio de até 0,2 ha.

Representam uma especial importância as áreas de vegetação nativa nos divisores leste da Bacia, sendo estas as únicas áreas florestais nos arredores da área urbana e como as áreas que são constantemente agredidas pelo avanço da urbanização.

Nota-se que a distribuição das áreas florestais na BHF caracteriza-se pela dispersão e baixa densidade, ausência de contiguidade e de conglomerados com extensões suficientes para garantir a estabilidade ecológica. A ausência da cobertura florestal em áreas consideradas de preservação permanente (interflúvios, fundos de vales - mata ciliar, encosta íngremes, etc.) é característica geral da área de estudo e deve representar uma das principais preocupações, quanto as medidas corretivas no âmbito da gestão ambiental.

5.1.4.3 Uso urbano-industrial.

A primeira característica da área urbana é a de alta intensidade de mudança, também é evidente a respeito do geossistema por ela produzidos.

O desenvolvimento da área urbana, como já foi mencionado, foi fortemente influenciado nos primeiros anos pela atividade de mineração, avançando para às áreas

agrícolas e florestais e posteriormente tendo-se expandido para os terrenos abandonados pela mineração.

Uma unidade de uso urbano define-se fisicamente "pela concentração de edificações (construções habitadas) associada à necessidade, dentro de limites de viabilidade, de infraestruturas básicas e equipamentos sociais" (PARDAL, 1988:156).

O panorama geral da distribuição dos usos do solo em toda a área da BHF revela uma fragmentação e dispersão dos usos agrícola e florestal nas faixas periféricas essencialmente N-NE e S-SE. A mancha urbana se enquadra na parte central da área de estudo e tende a expandir-se muito para além do espaço edificado, englobando as áreas abandonadas de mineração (insustentáveis para as atividades agrícolas) a N-NW e para as encostas Sul das divisórias da BHF.

A conjuntura do mercado imobiliário sem planejamento de uso e o ordenamento sucessivo dos espaços a transformar de modo a otimizar a estrutura e equipamentos, os serviços urbanos geram uma dispersão da área urbana de Siderópolis que é contrária à natureza polarizadora e concentradora do fenômeno urbano. Os vazios urbanos embora tenham ocupações diversas, por sinal, não estão integrados na estrutura, a não ser pela área bruta que está aderente ao sistema. As unidades de uso urbano da BHF caracterizam-se, assim, pela baixa compactidade, que é peculiar às áreas metropolitanas recentes, onde o crescimento é desordenado. Os vazios que permanecem nas zonas centrais devem-se à indisponibilidade desses solos para serem construídos em função dos fatores diversos, que prevalecem face às problemáticas da administração pública. O atraso nas transformações funcionais e o crescimento descontínuo das estruturas físicas comprometem a qualidade ambiental da área urbana, e representam umas das causas da degradação ambiental.

A cidade de Siderópolis situa-se a 112,00 m de altitude pouco abaixo da afluência do rio Kuntz e está cercada ao sul e ao leste por uma seqüência de morros. O traçado da sua malha apresenta-se muito irregular. A cidade ocupa áreas agrícolas de aptidão da classe 3, isto é, restritas para as culturas anuais, regulares para a fruticultura, boas para pastagens e reflorestamentos. Siderópolis, segundo SDM (1997), caracteriza-se por uma situação urbanística e ambiental crítica, onde a expansão urbana depara-se com várias limitações devidas à transposição das áreas degradadas pela mineração a céu aberto com áreas em condições geotécnicas mais propícias a ocupação urbana. As encostas íngremes ao sul e à leste do perímetro urbano limitam a

sua expansão nestas direções apesar das tendências nítidas de expansão nestas direções acompanharem o traçado da SC-445.

O Bairro Fiorita, criado como uma sede industrial, freqüentemente de um modo errôneo é considerado como uma parte da área urbana, porém não detém nem características urbanas nem é abrangido pelo desenvolvimento da área urbana. Este povoamento cercado por áreas marcadas pela mineração a céu aberto enfrenta enormes problemas ambientais e de qualidade de vida (Figura 32).

Muito embora a área urbana ocupar uma reduzida percentagem da Bacia de Drenagem (5 %) as alterações no regime do rio Fiorita são suficientemente intensas para abranger amplos espaços. Isto se deve também a localização da área urbana no centro e na parte superior da bacia (vale médio e vertentes em patamar), que permite as enchentes e a poluição da água nas áreas jusantes. O comportamento dos córregos existentes dentro da área edificada foi profundamente conturbado, sem ser compensado pela instalação de redes de drenagem e de esgoto, sendo a deterioração da qualidade da água é praticamente inevitável. A cidade de Siderópolis apresenta problemas graves vinculados a falta de saneamento básico (cerca de 19 % dos domicílios não são atendidos pelo CASAN (SDM,1997))

A transformação do uso agro-florestal em uso urbano dá origem a um processo que só muito excepcionalmente admite reversibilidade e as reconversões no contexto do próprio uso urbano, envolvendo sempre elevados investimentos. Por essa razão é preocupante a dispersão dos bairros (que podem ser comparados com tentáculos) urbanos dentro da área da BHF, porque tem o efeito de enfraquecer a capacidade da região para formar estruturas urbanas bem dimensionadas localmente e tende a degradar e esgotar alguns recursos naturais fundamentais. Assim por exemplo ao sul, entre SC-445 e o ramal da ferrovia, surgiu recentemente nos limites do perímetro urbano o maior (coincidente com as divisas municipais de Criciúma e Cocal do Sul) bairro designado Vila São Jorge, que ocupou as encostas, que possuíam várias nascentes.

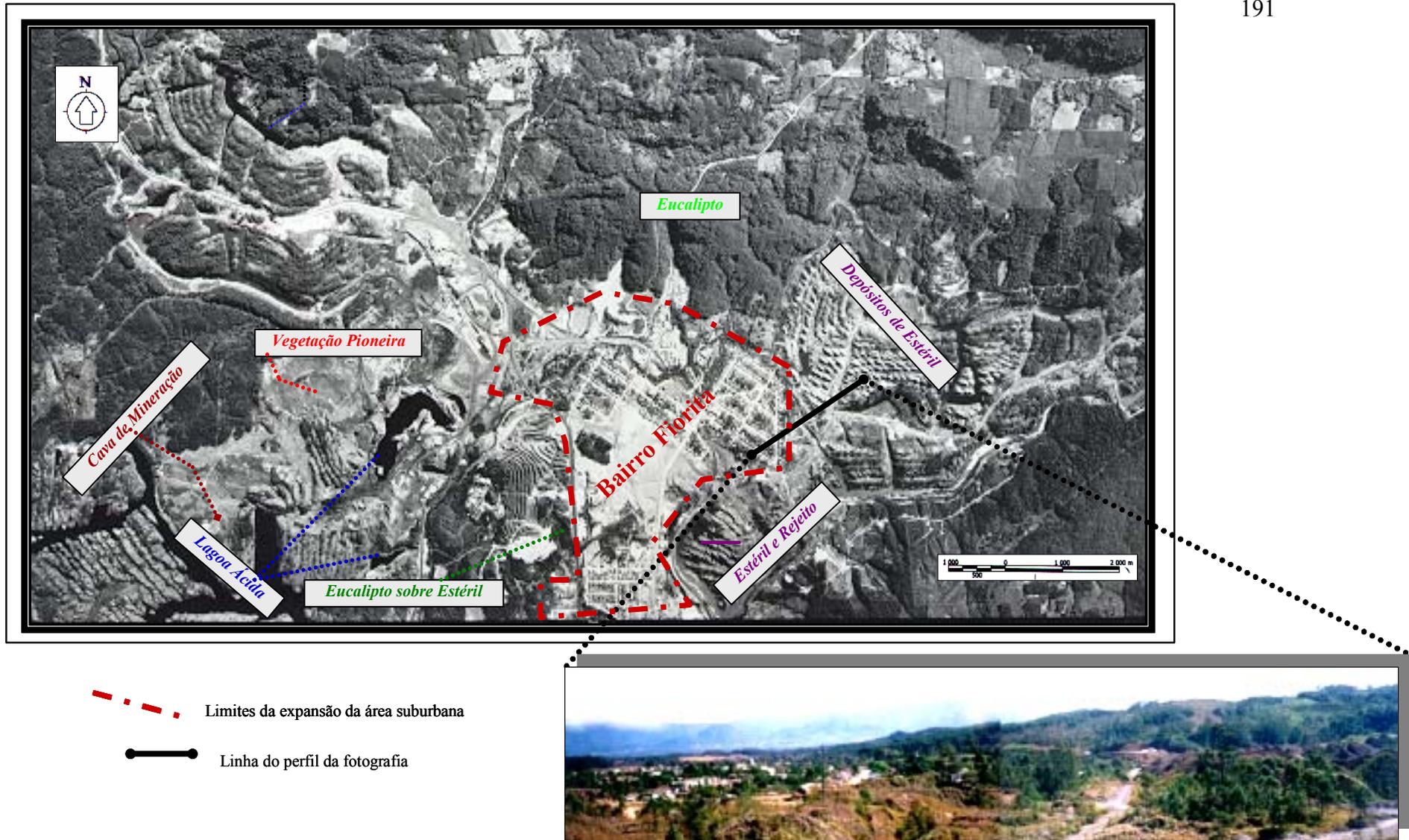


Figura 32 - Figura 32. A localização do Bairro Fiorita entre as áreas abandonadas pela mineração a céu aberto compromete a recuperação espontânea da paisagem e agrava a tensão ambiental na área (levantamento fotogramétrico na escala nominal 1:30 000 - JICA(1996)).

O crescimento urbano (2,72% por ano) acentua a necessidade de se conservarem os recursos florestais ordenados para o uso múltiplo. No caso da cidade de Siderópolis e no contexto da lógica do planejamento urbanístico nas áreas de mineração deveria existir um programa de ampliação e proteção dos recursos florestais ao redor da área urbana, o que não acontece mesmo com os espaços agrícolas, que tem uma relação freqüentemente conflituosa com o meio urbano. As áreas de produção agrícola exigem assim como as unidades industriais uma segregação física maior por motivos de segurança ambiental. Um dos problemas ambientais gravíssimos é a poluição no baixo vale do rio Fiorita causada pela área urbana, que não dispõe de rede e sistema de tratamento de esgoto e a ausência de aterro sanitário num local apropriado, em que o lixo é depositado na cratera abandonada pela mineração a céu aberto (Figura 33).



Figura 33 - Depósito Alternativo de Lixo nas Margens da Antiga Cava de Mineração

Tendo em conta e apesar da taxa geométrica de crescimento da população urbana não ultrapassar 2,73 % os problemas acima referidos constituem o pilar das preocupações do Poder Público Municipal.

A indústria cobre um espectro muito largo de atividades, algumas das quais fazem parte integrante do meio urbano. Outros porém, devido aos seus efeitos poluentes e/ou exigências em área não são toleráveis no meio urbano. As estratégias

de localização procuram dispor de maior mobilidade possível e mesmo nos casos em que a localização dos recursos é extremamente condicionante (como na mineração, por exemplo), constata-se uma tendência para o desdobramento dos processos de transformação, sujeitando-se à localização dos recursos apenas as operações extremamente ligadas à extração e adquirindo maior mobilidade nas fases seguintes.

Como observamos anteriormente a atividade de extração de carvão iniciou-se nos anos 40 do século XX. Os incentivos das últimas décadas de promover a diversificação industrial regional, como contrapartida a crise socioeconômica da mineração do carvão, não resultaram em definições precisas para a localização de zonas industriais. Contudo, motivaram a implantação na área de estudo as atividades de cerâmica (com base nos recursos locais de argila), madeireiras e mobiliárias, química, têxtil, vestuário e calçados, alimentar, transformação e produção de não metálicos (SDM, 1990).

Na realidade, e apesar da aparente diversificação, as atitudes imperativas do Município e do Governo, de criar um parque industrial tem, de certo modo, falhado. As razões têm a ver com os problemas proporcionados pelo regime de ocupação (venda em propriedade plena, direito de superfície ou arrendamento), relacionados com a própria localização e com a extensão da procura.

A pequena e média indústria têm implantação local aleatória, na ausência de uma estratégia de ordenamento, depende dos terrenos disponíveis no mercado em condições aceitáveis de acessibilidade e preço. O desenvolvimento das redes de infra-estruturas regionais tem um peso forte nas opções.

Partindo do pressuposto que a presença industrial é inevitável e negativa, deve-se ter em conta os fatores de uso industrial seguintes:

1. as relações de vizinhança com as unidades territoriais adjacentes em função dos fatores ambientais e essencialmente os atmosféricos e hídricos como principais meios da propagação da poluição;
2. as implicações com as infra-estruturas e a rede regional de saneamento;
3. os fenômenos de fomento ou inibição sobre as outras atividades na região (exemplo: caso da relação local mineração- agricultura- urbanização);
4. as transformações induzidas na paisagem
5. os efeitos diretos e indiretos sobre as condições locais da vida vegetal e animal.

Historicamente este tipo de abordagem não teve uma consideração sucessiva. Para além disso o impacto ambiental abrangente que a mineração de carvão produziu, tornou, de um certo modo, latentes as transformações causadas pelas outras atividades industriais. Não existem estudos que avaliem estas transformações dissociadas na sua essência do meio urbano na BHF. Alguns trabalhos esporádicos avaliam os impactos da cerâmica no contexto regional, que devido a sua dependência direta da extração da argila condiciona os impactos topográficos e geotécnicos nas áreas suburbanas, para além da poluição atmosférica e sônica.

Na realidade os impactos das atividades industriais no meio urbano não devem ser desconsiderados e carecem de estudos especializados e de monitoramento adequado.

Assim, a necessidade de um Cadastro Técnico Multifinalitário ativo no âmbito da elaboração do Plano Diretor e do Zoneamento Funcional com fins de planejamento apresenta-se imprescindível.

5.1.4.4 Mineração

Dois tipos de mineração se desenvolvem na região da BHF: a céu aberto e minas subterrâneas. As atividades de mineração estão essencialmente concentradas nos arredores da área metropolitana. A mineração ocupa um total de 40,01 km², onde 11,9 km² correspondem a mineração a céu aberto e 29,11 km² a mineração no subsolo (JICA, 1997).

A exploração de carvão tem repercussão sensível na modificação do cenário topográfico. Essa transformação topográfica é irreversível.

O avanço da mineração a céu aberto na direção N-NE para patamares dos morros rompeu as divisórias de água alterando assim os limites da BHF (aumento da área em 4,54 km²), acrescentando o volume da captura das águas derivadas da drenagem ácida para dentro da BHF (Mapa Hidrográfico, p. 115)

O curso natural do Rio Fiorita, que em 1957 cortava as áreas agrícolas e de capoeirões, foi totalmente transformado pela mineração com a escavadora *MARION*, tornando-se menos sinuoso e menor. O curso do rio, numa área de 13 km² a uma

distância de 2 km para nordeste da sede municipal, foi desviado para norte, devido o afloramento das camadas de Barro Branco dentro do vale menor. Os depósitos de rejeito e estéril realizavam-se nas margens do rio Fiorita, onde permaneceram até à implantação do Projeto Piloto da FATMA (1986) e mais ao sul do curso permanecem até hoje, comprometendo definitivamente as possibilidades de recuperação do ambiente aquático.

Nas áreas ocupadas pela mineração o relevo côncavo-convexo das vertentes sudoeste da Bacia foi completamente alterado, dando lugar aos campos de rejeitos com pilhas íngremes em cone e com cavas profundas da mineração a céu aberto, formando depressões tecnogênicas que, ora alimentadas pela rede fluvial ora interceptando o lençol friático deram origem às lagoas ácidas.

Os métodos de lavra a céu aberto promovem a remoção do capeamento do solo com modificação drástica da paisagem. A inversão das camadas orgânicas do solo e posterior remoção de rocha inútil resultam pilhas de matérias rochosas, onde na superfície estão expostos os folhelhos, arenitos e siltitos, tecnicamente denominados de estéreis. As áreas significativas da BHF recobertas com depósitos de estéreis e rejeito, associados às cavas da mineração formam um tipo de paisagem tecnogênica degradada, popularmente designada - "*paisagem lunar*" (Figura 34).

Os problemas geomórficos que se operam em tais áreas são iguais aos das regiões áridas, pois a ausência da vegetação provoca voçorocas e a erosão eólica, como qualquer das áreas referidas demonstra.

A mineração de carvão, sobretudo a céu aberto, é um tipo de uso do solo, que produz impactos ambientais calamitosos, porém continua representar uma das mais importantes opções socioeconômicas da região, como fonte de rendimentos e de emprego. Todavia, diversos são os procedimentos que devem ser empregues para minimizar os efeitos negativos e a validade da sua aplicação baseia-se no conhecimento das características geomorfológicas da BHF. Os processos da reabilitação ambiental devem ser fundamentados na perspectiva geomorfológica da bacia de drenagem e levar em consideração os mecanismos interativos entre as formas de relevo e os processos morfogenéticos (Figura 35). A reconversão de áreas atingidas é um processo de ser considerado a longo prazo e exige grandes investimentos, que devem ser incluídos nos custos da produção, porém é pouco produtivo se não for considerado como sub-sistema funcional dentro do sistema territorial de usos do solo.

A mitigação do impacto da mineração passa pela análise de todos os fenômenos complexos que o compõem...

Impactos ambientais da mineração:

1) Qualidade da água:

Na falta de regulamentos e estratégias de prevenção a mineração produz impactos à longo prazo na qualidade da água definida no Código de Águas. Os aspectos de qualidade da água discutidos abaixo incluem os metais pesados, a drenagem ácida, as lagoas de cava e o local da mineração. Cada um destes aspectos da degradação da paisagem desenvolvidos na região desde os anos 40 produziram impactos cumulativos a longo prazo na química das águas, na biota e no habitat aquático.



Figura 34 - Os principais tipos da paisagem criados pela atividade de mineração nos arredores da área urbana : A- extração de argila; B - cava a céu aberto; C - bacia de decantação de finos do rejeito de carvão.

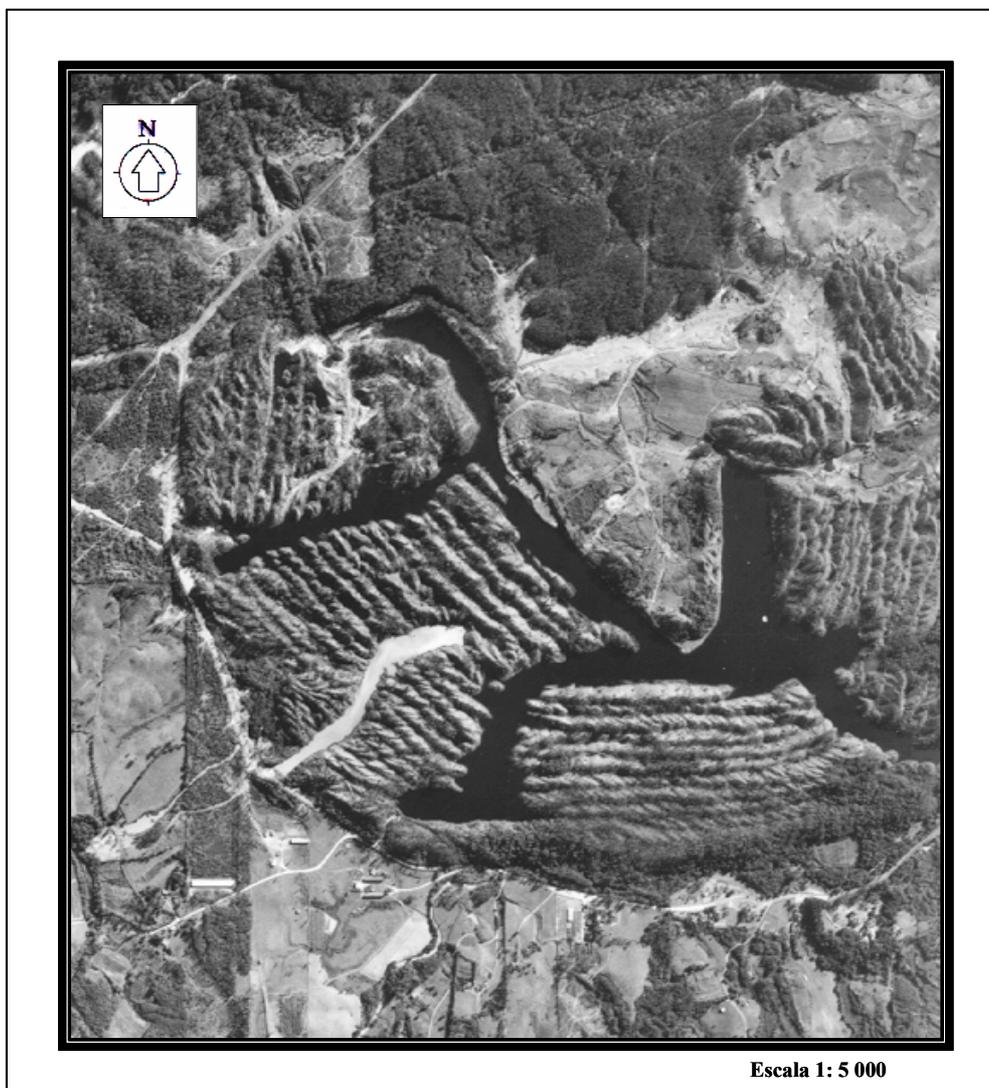


Figura 35 - As transformações do relevo e formação de lagoas ácidas causadas pela atividade de mineração (encostas sudoeste da Bacia Hidrográfica do rio Fiorita / cratera criada pela mineração à céu aberto comumente designada “Dragão” - levantamento fotogramétrico na escala nominal 1:30 000 - 1996/JICA)

Metais pesados:

As rochas que incorporam as camadas de carvão têm potencial de liberar através de diversos processos químicos, que o processo de mineração envolve, os elementos como o ferro, o manganês, o magnésio, o sódio, o cálcio, o selênio, o arsênio e outros solúveis com pH baixos. Estes componentes estão presentes nas pedras de desperdício, paredes da cova, lagoas saturadas e estéreis. Uma vez que os materiais de desperdício entrem em contato com a água, os contaminantes podem ser

lixiviados quimicamente e/ou movidos dos depósitos de rejeito por águas superficiais e subterrâneas. A menos que os materiais de desperdício sejam afastados e efetivamente isolados dos ambientes de escoamento e de infiltração das águas liberam contaminantes, especialmente metais. Esta drenagem pode continuar por períodos de tempo muito longos.

Drenagem ácida:

A drenagem ácida que contém metais é também outro aspecto da qualidade da água. A natureza da reação da drenagem ácida é tal que é difícil de inibir a produção de ácido uma vez que este começa. As minas da idade do Império Romano ainda estão produzindo ácidos depois de 2 000 anos de drenagem (CGER, 1999). Embora os fatores que originam a drenagem ácida em áreas de mineração de carvão estejam bem compreendidos, o que pode minimizar os seus impactos, ainda não se dispõe de dados de monitoramento a longo prazo para que se possa prever a sua extensão, concentração e o conteúdo químico da drenagem ácida num determinado local e período da mineração.

Na área em estudo a drenagem ácida está essencialmente relacionada com a oxidação ao ar livre e/ou em contato com a água da pirita (dissulfeto de ferro FeS_2) e formação de ácido sulfúrico. Que por sua vez catalisa a dissolução de outros metais inclusive os pesados. A grosso modo a quantidade, a taxa de formação de ácido e a qualidade da água descarregada são funções da qualidade e do tipo de pirita contida na rocha e no carvão, assim como do tempo de exposição, das características da mineração e da quantidade da água drenada. Normalmente as formas cristalinas da pirita são menos oxidáveis que as formas amórficas.

As pilhas de estéreis e rejeitos expostas à ação principalmente das quedas pluviométricas por processos de erosão ou de lixiviação contribuem para o envio de cargas ácidas resultantes da dissolução e oxidação da pirita, que libera sulfato de ferro e ácido sulfúrico para vários rios da região. A partir do ponto ($28^{\circ}34'16,6''$ S; $49^{\circ}23'43,3''$ W) em que é afetado inicialmente pela lavra de carvão apresenta-se completamente impróprio para o consumo humano. Pela avaliação realizada em 1996 (projeto JICA) as áreas de águas ácidas criadas pela atividade de mineração constituem 67,0 ha e estão sobrecarregadas pela poluição 492,6 ha da BH (Figura 36).

Lagoas ácidas ou lagoas de saturação:

As lagoas de cava da mineração têm o potencial de criarem impactos ambientais à longo prazo, que incluem as principais perturbações de superfície e as alterações na qualidade e quantidade de água. Se a água de um lago de cava é saturada e flui para o lençol freático de baixo gradiente ou intercepta um aquífero local, esta à longo prazo pode comprometer o padrão regional da qualidade da água.

Os efeitos microclimáticos dos lagos ácidos em ambientes desérticos das cavas da mineração ainda não são conhecidos e exigem estudos aprofundados. Contudo, as descargas superficiais excessivas alimentado estes ambientes contribuem para a deterioração das condições locais do geossistema.

Contaminação por construção de estradas e ferrovias:

A construção de estradas durante várias fases de exploração mineral e extração pode perturbar a superfície terrestre suficientemente para criar um excesso de sedimentos sólidos que é removido para locais de fluxos de água. Os sedimentos podem provir também das pilhas de desperdícios, podem ser transportados durante as tempestades para os canais fluviais produzindo um sério problema de assoreamento.

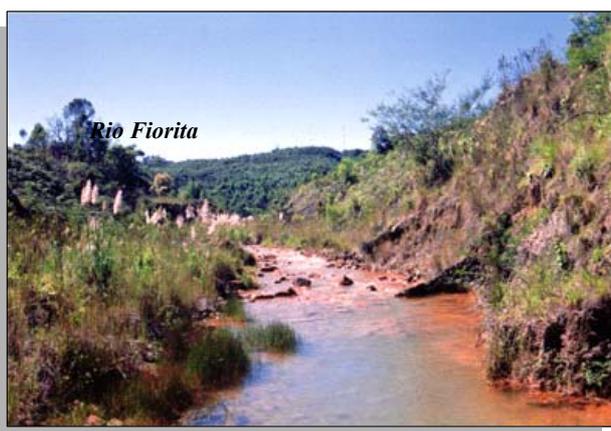
Os leitos de ferrovias construídas em áreas de mineração de carvão foram compostas de rejeito da mineração. Isto resulta na colocação do rejeito na superfície de uma área muito maior do que normalmente se prevê no plano da operação de uma mina. Os ramais das vias férreas ficaram situados em fundos de vale onde a variabilidade topográfica é menor. Por conseguinte, historicamente as camas das mesmas foram colocadas em áreas adjacentes aos rios, aumentando assim as descargas ácidas por escoamento superficial (*runoff*), reforçado com ocasionais perdas do material transportado.



(a) - Mudança brusca na paisagem do leito maior do rio Fiorita- local, onde começa sofrer os impactos da mineração a céu aberto(28°34'12''S; 49°23'47''W) : a esquerda - vista do para curso médio do rio, mostrando a ausência da mata ciliar sobre o estéril aplanado em área abrangida pelo projeto de recuperação da FATMA; a direita - vista das cabeceiras do rio com ciliar densa.



(b) -Lagoas ácidas formadas em cavas da mineração (abaixo - com estéril e rejeitos expostos na margem - pH = 5)



(c) - Cursos de água atingidos pela drenagem ácida com coloração típica das águas

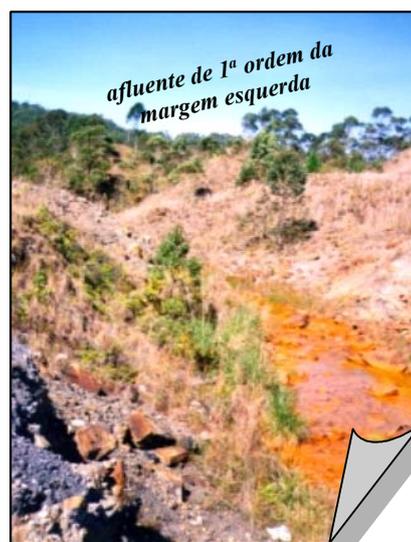


Figura 36 - A influência da mineração sobre a hidrografia e a qualidade de recursos hídricos na área de estudo.

2) Quantidade de água

O fator de quantidade da água em fluxos fluviais em áreas da mineração é afetado essencialmente por quatro fenômenos, que ocorrem ocasionalmente: as descargas das águas da drenagem em minas; a retirada das águas subterrâneas das galerias; a interceptação dos aquíferos pelas lagoas em cava e o escoamento superficial excessivo das superfícies pavimentadas e com a permeabilidade alterada.

As descargas das águas da drenagem nas minas:

As águas de excesso acumuladas nas minas, descarregam-se nos cursos fluviais mais próximos, resultando fenômenos semelhantes às inundações sazonais, porém com efeitos negativos para a vegetação ribeirinha e a biota aquática, trazendo significantes cargas poluidoras.

A retirada das águas subterrâneas das galerias:

A retirada das águas subterrâneas no processo de extração evita o processo de preenchimento de cavas abertas e das escavações subterrâneas que tem o potencial de afetar o habitat fluvial, a quantidade e os níveis regionais das águas subterrâneas. Nos procedimentos anteriores de lavra a água era usada e mantida no local da extração, enquanto atualmente as águas em excesso devem ser armazenadas temporariamente em reservatórios, o que não evita, porém, as descargas superficiais para a rede de drenagem. Em ambos os casos a retirada das águas subterrâneas afeta o nível local do lençol freático.

A interceptação dos aquíferos pelas lagoas em cava:

O abandono das cavas da mineração cria lagos, que têm potencial de afetar o aquífero local raso. Em cavas produzidas em terreno acidentado o aquífero raso pode ser interceptado na extremidade superior da cova e suas águas escoam alimentando a cava (o que se observa em vários locais dos interflúvios sudoeste da BHF, particularmente nas encostas do vale do rio Kuntz). Normalmente o aquífero raso está suspenso e o fluxo da água termina com o seu esgotamento, a não ser que o mesmo depende do aquífero mais fundo. A contribuição da água para o lago de cava a partir do aquífero raso pode interagir com o aquífero mais fundo e com os níveis mais

baixos do lago. O equilíbrio hidrológico entre estas entidades ainda não está bem estudado.

Não existem dados publicados que avaliem o potencial do impacto deste fenômeno na área de estudo

O escoamento superficial excessivo das superfícies pavimentadas com a permeabilidade alterada:

A construção de infraestruturas e benfeitorias que inevitavelmente acompanham a mineração de carvão, produzem superfícies semelhantes às da área urbanizada, que têm capacidade reduzida de absorção de *runoff*, que é conduzido na totalidade para a rede de drenagem, arrastando consigo vários contaminantes, como lubrificantes dos carros e das máquinas. Este é um tipo de poluição, cuja mitigação está prevista no âmbito do gerenciamento ecológico das empresas mineradoras (ISO 14001).

A colocação desta problemática é bastante recente. Lamentavelmente não existem estudos divulgados que retratem o impacto desta atividade na área de estudo.

A Resolução N° 20 de 18/06/86 da CONAMA define como padrão da qualidade das águas naturais em todo território nacional os seguintes indicadores : pH = 6,0 – 9,0; SO₄ = 2,50; sólido total = 5,00; Fe total = 0,3. Com objetivos de obter um referencial regional da qualidade da água, no contexto de recuperação dos cursos fluviais regionais afetados pela atividade da mineração, foi feita a alocação de um ponto (ponto Branco) nas nascentes do Rio Mão Luzia, onde foram determinadas as seguintes médias: pH = 7,01-7,30; SO₄ = 2,3; sólido total = 8,7; Fe total = não detectado; acidez = 3,2. Assim regionalmente as condições são consideradas boas com pH próximo ao neutro ($\approx 6,64$), baixa acidez (3 mg/litro), alta taxa de oxigênio dissolvido, baixos teores de sulfato (3 mg/litro) e concentrações toleráveis de ferro (0,22 mg/litro) (SDM,1997:80).

As águas do rio Fiorita ao longo de praticamente toda a sua extensão são consideradas impróprias para o consumo humano e apresentam limitações de uso para outros fins.

A partir do ponto em que passa a receber os resíduos da mineração (28°34'16,6" S; 49°23'43,3" W), a qualidade das águas cai acentuadamente, atingido as seguintes níveis:

pH baixo (3,03), acidez elevada (610 mg/litro), altos teores de sulfatos (1.893 mg/litro), altas concentrações de ferro (80,0mg/litro) (SDM,1997).

O rio Fiorita dispõe de estação, localizada na foz do rio, que visa avaliar a contribuição da área de mineração a céu aberto da Carbonífera Próspera, onde se registram : pH = 2,56-2,78; SO₄ = 435,4; sólido total = 740,2; Fe total = 14,3; acidez = 218,2.

Com objetivos de conservação dos recursos hídricos para o abastecimento urbano foi criada a Reserva Municipal das Bacias do Rio Kuntz e Fiorita (Decreto n.º 891/87). O respectivo manancial têm de área 6,08 km², onde o rio Kuntz (28° 34'02" Lat. S e 49°26'03" Long. E) apresenta uma vazão mínima de estiagem de 2,64 l/s.

3) Vegetação

Qualquer perturbação em cadeia do geossistema produz alterações nos ecossistemas e resulta uma mudança na composição florística. A maioria dos sistemas florísticos da área da BHF são sistemas de perturbação, que surgiram em função das transformações causadas pelo homem (vegetação nativa secundária em diversos estágios de recuperação) ou que pela sua natureza exigem alguma forma de perturbação natural para manter as suas estruturas peculiares (são sistemas de perturbação de fogo - como os ecossistemas de bracatinga; sistemas de perturbação de inundação - mata ciliar).

A mineração de carvão a céu aberto resulta no desflorestamento acelerado e influencia o surgimento de novos agrupamentos florísticos descritos no capítulo anterior, caracterizados sobretudo pela forte presença de monoculturas de Eucaliptos e da vegetação pioneira.

O desenvolvimento da vegetação nas áreas de mineração é fortemente comprometido pela emissão de poeiras finas, presença de metais tóxicos nos solos ou a ausência total destes últimos.

4) Solos

São três fatores principais que influem diretamente na poluição e degradação dos solos nas áreas de mineração:

métodos de lavra;

beneficiamento/disposição de rejeitos;

uso e transformação do carvão.

Na lavra à céu aberto a remoção da camada superior do solo e subsolo foi efetuada de forma desordenada resultando a inversão das camadas, dando origem às extensas áreas ocupadas com pilhas de estéril com altura de 30 m, localizadas nos arredores da mineração.

Na área da BHF as áreas ocupadas com estéril e rejeito ocupa uma superfície de 12 km², comprometendo a recuperação de uma área com cerca de 35 km² (dados para 1996).

Entre os problemas associados à lavra subterrânea encontram-se a subsidência em função das freqüentes alterações topográficas em áreas sobre as galerias subterrâneas, acarretando sérios prejuízos aos proprietários particulares e ao uso potencial das terras.

Como consequência do processo de beneficiamento do carvão, que tem uma recuperação média de 25 % e onde os restantes 75 % representam rejeitos perigosos e carbonosos, depositados de forma desordenada ao longo das encostas e na margem das estadas e dos rios. O rejeito ocupa uma superfície cerca de 3 km².

5) Poluição Atmosférica

Contaminação química:

Acrescentam-se aos problemas hídricos a liberação pela combustão espontânea do material peritoso de CO₂, H₂S, hidrocarbonetos (metano, solueno, benzeno, etc..) e principalmente a emissão de SO₂ e SO₃ (ESC, 1990).

O sulfeto de hidrogênio H₂S é um gás que caracteriza-se pelo odor acre, provocando danos à saúde humana como a irritação, a asfíxia, a redução da atividade do sistema nervoso central, dores de cabeça e problemas respiratórios.

A emissão de SO₂ e SO₃ na presença do vapor de água transforma-se em ácido sulfúrico, provocando a acidificação das chuvas com evidentes efeitos nocivos para os solos, fauna e flora.

A poluição atmosférica é um dos fenômenos mais sistematicamente estudados no contexto regional.

Poluição sonora:

O barulho representa um fator importante no distúrbio do comportamento humano e animal. O barulho constante das operações dos equipamentos pesados em

minas adjacentes às comunidades residenciais pode causar danos sensíveis à saúde das pessoas e mudar o seu comportamento psíquico na tentativa de eliminar o fator de perturbação.

6) Saúde Humana

Os principais problemas que afetam a saúde dos mineiros e das populações nos arredores das áreas mineradas são (ESC, 1990:62):

pneumoconiose (doença respiratória profissional provocada pela inalação das poeiras de carvão);

problemas nervosos e freqüentes perturbações gastrointestinais;

resfriados, bronquite, asma e reumatismo, devidos à umidade, diferenciações térmicas mais acentuadas.

As estatísticas regionais indicam o aumento de doenças cancerígenas.

A mineração de carvão representa uma prioridade óbvia no âmbito de soluções da problemática ambiental e é também a atividade cujos impactos foram melhor estudados até hoje na área de estudo devido a implantação a partir de 1986 do Projeto da FATMA e da JICA. Os relatórios anuais do receptivo Projeto constituem a fonte principal das informações acima analisadas.

5.2 AVALIAÇÃO DO GRAU DE TRANSFORMAÇÃO DA PAISAGEM. MAPA DA INTENSIDADE DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FIORITA.

A informação complexa adquirida com o mapeamento dos tipos de uso/cobertura do solo sobre o mosaico das unidades da paisagem representa, em boa parte, uma revelação do estado da estrutura física e constitui um suporte indispensável para a compreensão do diagnóstico ambiental da área da BHF.

Os valores do K_{ant} definidos para as unidades da paisagem da BHF, segundo método anteriormente descrito, variam amplamente entre 2,0 à 100 (essencialmente, com alguns casos em que os significados do coeficiente são superiores a 100) e caracterizam a seguinte regularidade: *do que maior é a área que um tipo de uso de solo ocupa dentro de uma unidade da paisagem e do que é mais alto o indicador de transformação maior é o grau de transformação da unidade em questão*. Foi observado que o valor do coeficiente também aumenta significativamente em função da diversificação de tipos de uso desenvolvidos nos limites de uma mesma unidade da paisagem, isto é, do que mais homogênea é a estrutura do uso/cobertura do solo e do que menor é o indicador de transformação - menor será o grau de transformação antrópica.

Nos limites da área de estudo é expressivo o contraste ambientalmente fundamentado entre o grau de transformação das diferentes unidades da paisagem e a mosaicagem dos tipos funcionais do território. As modificações das estruturas natural e funcional da paisagem surgiram como resultado da ação antrópica intensiva, cuja continuidade na maior parte do território excede os 100 anos. Contudo, as transformações de maior significado aconteceram no decorrer das últimas décadas com o início da mineração. As superfícies das áreas aquáticas e das áreas destruídas pela mineração de carvão aumentaram drasticamente, que causou alterações irreversíveis na estrutura funcional-ambiental da paisagem.

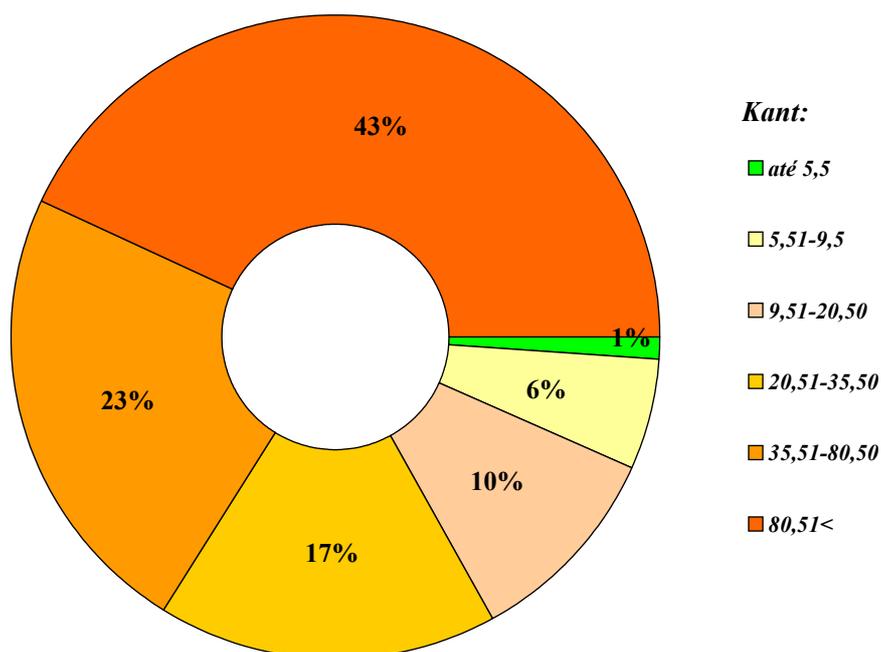


Diagrama 8 - A Intensidade De Transformação Antrópica da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita (% da área total)

A maior área (43 %) ocupam as unidades (localidades e sub-localidades e em alguns casos as comarcas) com características naturais completamente removidas ou substituídas e/ou ainda os *badlands* (paisagens lunares em áreas da mineração à céu aberto ou as terras abandonadas nas áreas agrícolas) (Diagrama 8). É característica uma pequena parcela das unidades pouco transformadas (somente 1%), que têm distribuição fragmentar em pequenas áreas normalmente associadas aos geossistemas em condições de morfodinâmica complexa e/ou desfavoráveis para exploração, assim como as vertentes íngremes em patamar alto e os fragmentos de interflúvios em patamar alto.

O maior grau de transformação é característico para unidades de Vale Baixo Formação Rio Bonito e Vale Médio Formação Irati ($K_{ant} > 100$), intensamente exploradas pela mineração, outras atividades industriais e a urbanização (Tabela 12). É notável que outras unidades das referidas localidades também estão intensamente exploradas ($10 < K_{ant} < 50$) e não dispõem de áreas pouco exploradas.

Tabela 12 - Os Principais Tipos de Uso/Cobertura do Solo e a Intensidade de Transformação Antrópica das Unidades da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita

UNIDADE DA PAISAGEM		ÁREA TOTAL (km ²)	PRINCIPAIS TIPOS DE USO/COBERTURA DO SOLO (% da área total da unidade)								<i>K_{ant} médio</i>
			Vegetação Nativa Secundária	Agricultura	Pastagem	Veget. Nativa Sec. com Eucal.	Eucalipto	Mineração	Urbano e Infraestrut.	Outros	
FORM. RIO BONITO	Vale Baixo	5,95	3,5	-	13,6	1,4	7,9	58,0	1,6	14,0	159,8
	Vale Médio	12,23	2,78	12,18	1,55	3,27	7,9	59,03	16,21	-	20,05
	Vertente em pat. baixo	6,89	7,4	23,1	1,88	7,98	9,7	0,0	31,78	0,0	24,10
	Vertente em pat. médio	1,22	18,69	34,95	1,63	16,3	28,5	0,0	0,0	0,0	22,73
	Interflúvio em pat. baixo	0,19	4,38	56,9	13,98	0,0	24,87	0,0	0,0	0,0	16,45
FORMAÇÃO PALERMO	Vale Baixo	1,0	14,95	56,3	19,9	3,26	1,7	0,0	0,0	3,86	12,8
	Vale Médio	1,08	1,38	10,19	6,4	0,31	0,0	81,76	0,0	0,0	103,8
	Vertente em pat. baixo	5,16	66,86	3,87	12,4	5,2	4,07	0,0	5,6	2,5	19,5
	Vertente em pat. Médio	4,41	21,7	42,8	6,56	11,31	16,28	0,0	0,45	0,90	48,83
	Vertente em pat. alto	0,35	31,4	45,7	0,0	16,86	0,2	0,0	0,0	5,8	6,76
	Interflúvio em pat. baixo	2,59	28,6	48,65	5,02	3,05	5,9	0,0	1,24	7,57	20,02
	Interflúvio em pat. alto	0,088	9,27	78,3	0,0	4,09	7,83	0,0	0,0	0,48	12,04
FORMAÇÃO IRATI	Vertente em pat. baixo	0,2	39,4	54,2	1,97	0,19	0,197	0,0	0,0	4,04	7,89
	Vertente em pat. médio	1,22	26,0	60,2	2,2	9,76	1,87	0,0	0,0	0,0	11,29
	Vertente em pat. alto	1,52	41,45	33,55	1,12	21,64	1,74	0,0	0,0	0,5	30,28
	Interflúvio em pat. baixo	2,40	21,2	45,6	27,3	1,22	7,47	0,0	0,0	3,8	13,38
	Interflúvio em pat. alto	1,06	26,89	44,15	3,53	7,98	15,47	0,0	0,0	1,98	10,82
FORM. SERRA GERAL	Vertente em pat. baixo	0,032	83,3	22,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,09
	Interflúvio em pat. baixo	2,55	26,5	56,9	10,98	2,29	3,73	0,0	0,0	1,69	26,47
	Cuesta front	0,5	24,5	51,96	5,57	11,65	11,65	6,27	0,0	0,0	12,07
	Cuesta topo	5,88	12,82	61,29	14,82	2,82	7,3	0,0	0,0	9,34	7,30
FORMAÇÃO SERRA ALTA	Interflúvio em pat. baixo	0,5	28,6	52,0	19,16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,33
	Cuesta topo	0,29	19,93	41,55	20,61	0,0	1,52	0,0	0,0	17,75	11,14

Entre outras localidades físico-geográficas as unidades mais exploradas correspondem aos Vertentes em Patamar Alto da Formação Irati e aos Interflúvios em Patamar Baixo Formação Serra Geral ($K_{ant} > 40$), devido a sua exploração agrícola intensa e avanços da urbanização.

A variedade bastante grande de coeficientes de transformação antrópica definidos, expressa na Tabela 12, permitiu diferenciar uma escala de seis gradações e representar os resultados da análise ambiental num mapa.

Deste modo, predominam nos limites da BHF as unidades com K_{ant} de 20,50 e superior (Mapa de Intensidade de Transformação), que confirma a idéia sobre a significativa tensão geocológica na área de estudo e a necessidade da coordenação racional das funções socioeconômicas das unidades da paisagem. O Mapa da Intensidade de Transformação revela a existência de unidades com a situação ecológica crítica ($K_{ant} > 35,51$) e potencialmente crítica ($K_{ant} > 20,50$) em áreas com uso agro-florestal, o que mais uma vez confirma a tese sobre a presença, para além da mineração, de outros processos de degradação ambiental e da importância da avaliação dos impactos ambientais cumulativos. Análise efetuada confirma que a carga antrópica atribuída à estas unidades geossistêmicas excede os limites da sua capacidade suporte e da adaptabilidade das mesmas. Isto é resulta a situação ambiental crítica e condiciona a necessidade de reconversão de uso.

A Tabela 13 e o Mapa da Estrutura de Exploração da Paisagem revelam a especificidade da estrutura espacial de exploração das unidades diferenciadas na paisagem da BHF e refletem suficientemente bem a influencia predominante no processo de transformação das atividades de mineração e da agricultura. O Mapa em questão identifica a situação funcional atual das principais unidades morfoestruturais da paisagem da BHF, no âmbito da distribuição dos principais usos do solo. A sua possível futura comparação com a adequação de uso e a compatibilidade morfodinâmica com as características do geossistema deve constituir a base para a otimização funcional da paisagem.

Contudo, algumas observações importantes, no nosso ver, e que realcem as potencialidades de avaliações no âmbito do método proposto podem ser feitos:

- 1) Várias unidades apresentam a distribuição de áreas agrícolas, de pastagem e florestais em mosaico bastante fragmentado o que significa na maioria dos casos o aumento do contraste dos indicadores hidrotérmicos dos solos. Com a expansão das áreas agrícolas aumentam

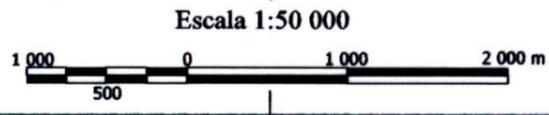
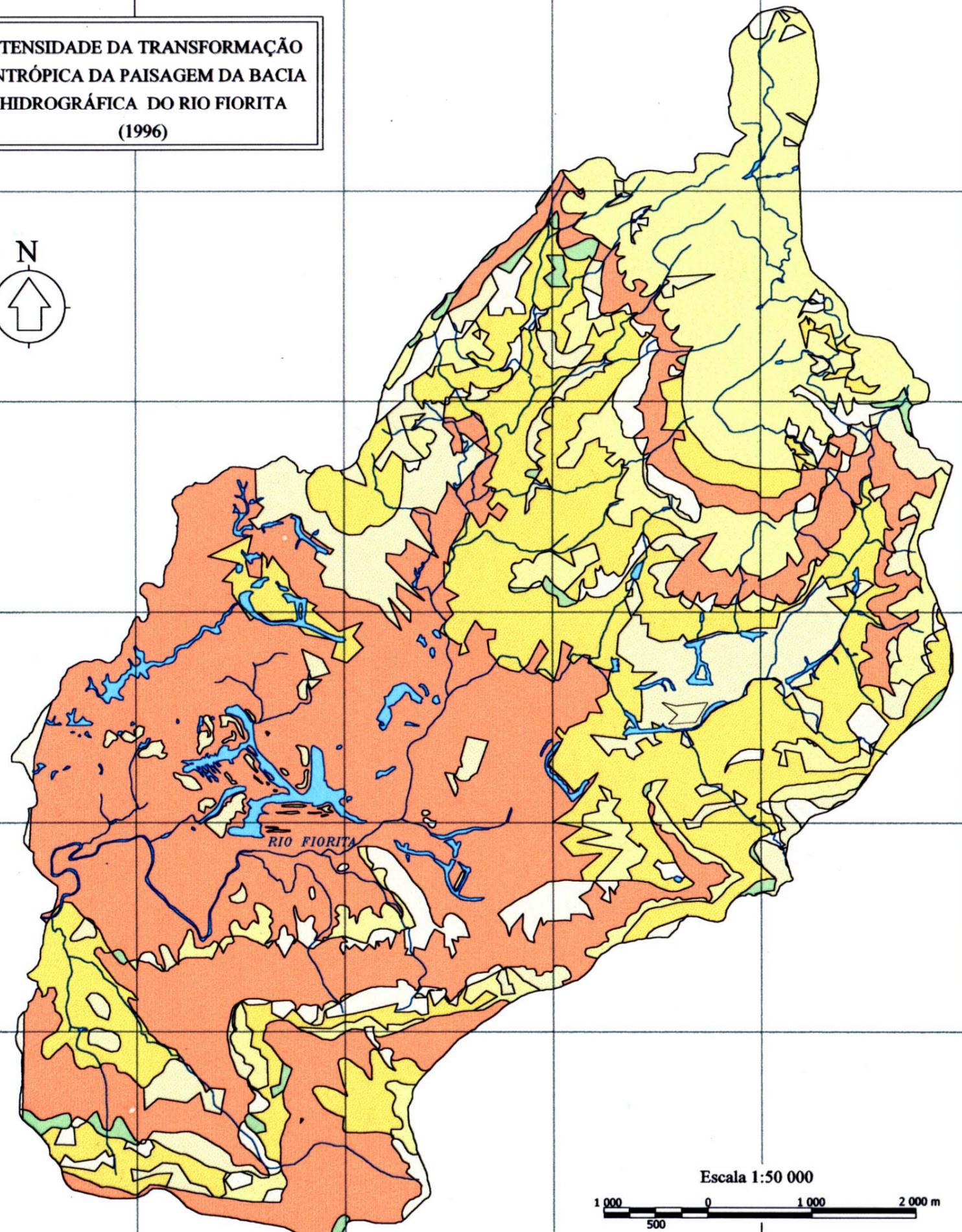
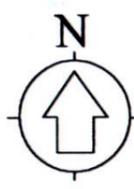
as diferenciações entre as áreas em patamares e baixas, onde as primeiras sofrem um super umedecimento e as segundas tornam-se "áridas" como consequência da intensificação do regime de drenagem. Como resultado da degradação generalizada aumentam as áreas de solos ácidos. Por isso, um dos fatores mais importantes de otimização ecológica é a regularização do regime hidrotérmico e a otimização mecânica dos solos, e por fins a regularização da situação florestal.

- 2) As tendências de ampliação da área urbana ($K_{ant} > 40,00$) para as unidades de vertentes e interflúvios em patamar alto com K_{ant} até 8,5 (em áreas florestais e agro-florestais) sublinha as diferenciações na transformação das unidades e confirma as possibilidades de sua intensificação. Isto leva a pensar que para além dos já existentes tipos de exploração, irá aumentar rapidamente a importância da função recreativa das paisagens, o que exigirá a preservação e/ou otimização da cobertura florestal e o aumento de áreas de sistemas de proteção ambiental.
- 3) Os interflúvios compreendem cerca de 50 % de todas as atividades agrícolas e pastoris e representam as unidades super transformadas ($K_{ant} > 20,00$) em alta tensão ecológica. São áreas historicamente de intensa exploração agrícola devido as condições das propriedades rurais e as condições morfométricas que apresentam. E apesar de serem reconhecidos pelo Código Florestal como áreas de preservação permanente somente 25 % do seu espaço corresponde às florestas nativas secundárias e plantações de eucalipto. Deste modo, é obvia a necessidade da reorganização funcional desses elementos do geossistema, que imprescindivelmente passa pela consideração da propriedade rural como a unidade de gestão ambiental e impõe o uso do CTMU para tal fim.
- 4) A otimização da tensão ambiental nas áreas de mineração ($K_{ant} > 80,00$) passa necessariamente pela reconversão de uso, o que exige um alto investimento econômico e o monitoramento adequado da evolução dos processos ambientais. Considerando a gravidade e a profundidade das transformações em questão o zoneamento funcional das áreas em reconversão é indispensável.

Tabela 13 - Grau de Transformação Antrópica das Unidades da Paisagem da Bacia
Hidrográfica do Rio Fiorita

UNIDADE DA PAISAGEM		ÁREA TOTAL (km ²)	GRAU DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA (% da área total da unidade)					
			até 5,5	5,5 - 9,5	9,51 - 20,5	20,51 - 35,5	35,51 - 80,5	>80,51
FORMAÇÃO RIO BONITO	Vale Baixo	5,95	-	-	-	-	-	100
	Vale Médio	12,23	0,3	0,9	17,7	4,5	1,3	75,3
	Vertente em patamar baixo	6,89	-	-	20,8	-	79,2	-
	Vertente em patamar médio	1,22	4,1	1,4	19,9	3,4	31,4	39,8
	Interflúvio em patamar baixo	0,19	-	-	70,9	29,1	-	-
FORMAÇÃO PALERMO	Vale Baixo	1,0	-	5,5	-	-	94,5	-
	Vale Médio	1,08	-	50,0	50,0	-	-	-
	Vertente em patamar baixo	5,16	-	4,15	4,15	0,4	7,4	83,9
	Vertente em patamar médio	4,41	-	1,3	3,1	16,8	59,4	19,4
	Vertente em patamar alto	0,35	16,9	24,1	58,9	-	-	-
	Interflúvio em patamar baixo	2,59	63,5	10,4	17,5	6,1	2,5	-
	Interflúvio em patamar alto	0,088	-	-	100	-	-	-
FORMAÇÃO IRATI	Vertente em patamar baixo	0,2	-	-	22,82	77,2	-	-
	Vertente em patamar médio	1,22	3,2	32,6	27,0	8,2	28,5	-
	Vertente em patamar alto	1,52	6,6	3,7	-	-	10,5	48,8
	Interflúvio em patamar baixo	2,40	1,96	19,6	1,58	23,3	53,75	-
	Interflúvio em patamar alto	1,06	4,8	0,18	-	38,67	37,7	-
FORMAÇÃO SERRA GERAL	Vertente em patamar baixo	0,032	-	100	-	-	-	-
	Interflúvio em patamar baixo	2,55	0,0006	0,78	-	7,8	-	90,98
	Cuesta front	0,5	5,8	52,0	17,2	-	26,0	-
	Cuesta topo	5,88	1,6	4,5	3,23	90,65	-	-
FORMAÇÃO SERRA ALTA	Interflúvio em patamar baixo	0,5	-	8,0	-	-	92,0	-
	Cuesta topo	0,29	-	48,27	-	51,72	-	-

INTENSIDADE DA TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FIORITA (1996)



LEGENDA

- substituídas por complexos tecnológicos, destruídas, *badlands*
- removidas e compensadas
- intensamente transformadas
- super transformadas
- transformadas moderadamente
- pouco transformadas
- rios
- lagos

Base Cartográfica Digital (1:20 000)

"BASE Aerofotogrametria e Projetos S.A." - São Paulo - 1996

Projeção Universal Transversa de Mercator

Datum Vertical: RN2Q e RN1446-1 (IBGE)

Datum Horizontal: Morro da Palha (IBGE)

Elipsóide: SAD-69

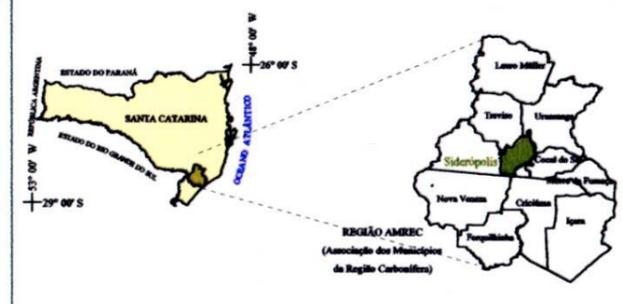
Levantamento Fotogramétrico 1:30 000 (JICA - 1996)

ASPECTOS FÍSICOS

Área : 57,4 km²
 Mesoregião : Bacia Carbonífera de Santa Catarina
 Microregião : AMREC - Associação dos Municípios da Região Carbonífera

Altitude da sede : 112,0 m
 Coord. geog. da sede: 28°36' S; 49°26' E
 Coordenadas UTM: 653500 m N; 6835500 m E
 Ponto mais alto : 493 m
 Ponto mais baixo: 78 m

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

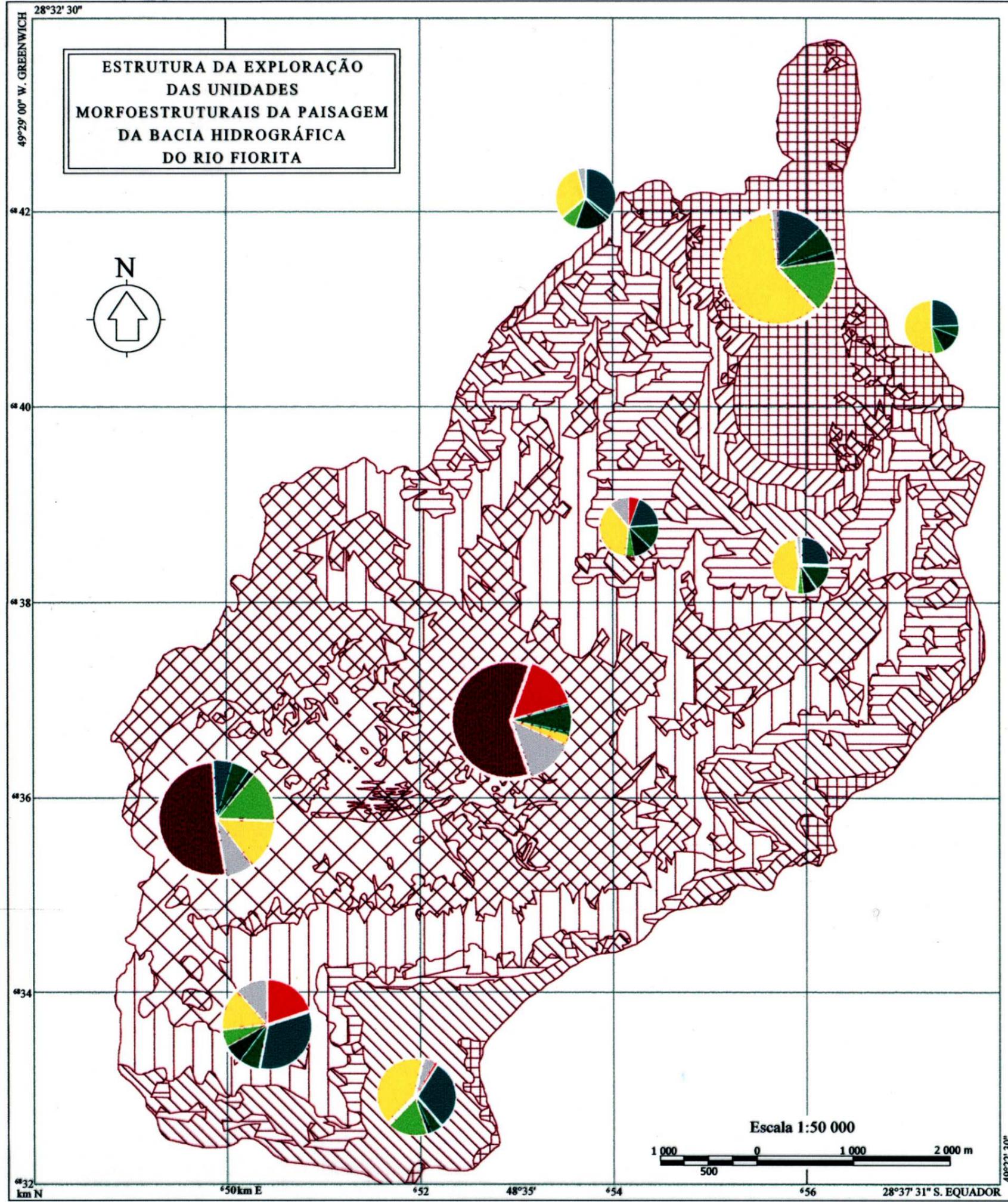


UFSC - CENTRO TECNOLÓGICO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE FOTOGAMETRIA, SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO



Projeto: PLANO SUL / CNPQ
 Org. e Ed.: Geógrafa EUGENIA KARNAUKHOVA
 Apoio: Eng. João Vicente H. G. K. Wanika
 Edição: maio 2000

**ESTRUTURA DA EXPLORAÇÃO
DAS UNIDADES
MORFOESTRUTURAIS DA PAISAGEM
DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO FIORITA**



LEGENDA

LOCALIDADES E SUB-LOCALIDADES

- vale baixo
- vale médio
- vertente em patamar baixo
- vertente em patamar médio
- vertente em patamar alto
- interflúvio em patamar baixo
- interflúvio em patamar alto
- cuesta front
- cuesta topo

USO DO SOLO

- | | |
|--------------------------------|----------------------------|
| urbano | pastagem |
| mineração | floresta nativa secundária |
| agricultura | eucalipto |
| eucalipto com vegetação nativa | outros |

Base Cartográfica Digital (1:20 000)

"BASE Aerofotogrametria e Projetos S.A." - São Paulo - 1996

Projeção Universal Transversa de Mercator

Datum Vertical: RN2Q e RN1446-1 (IBGE)

Datum Horizontal: Morro da Palha (IBGE)

Elipsóide: SAD-69

Levantamento Fotogramétrico 1:30 000 (JICA - 1996)

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



Escala 1:50 000



UFSC - CENTRO TECNOLÓGICO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE FOTOGRAMETRIA,
SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO

Projeto: PLANO SUL / CNPQ
Org. e Ed.: Geógrafa EUGENIA KARNAUKHOVA
Apoio: Eng. João Vicente H. G. K. Wanka
Edição: maio 2000



Todas estas observações reforçam a idéia sobre o potencial do método testado na análise ambiental. Comparando os resultados da análise sectorial de usos de solo, por um lado, e do método, por outro lado, observa-se a vantagem deste último que proporciona a avaliação integral fundamentada nas propriedades naturais da paisagem. Assim, de ponto de vista prático, é importantíssimo não só determinar o grau de comprometimento ecológico da paisagem, mas também a sua capacidade de exercer uma função socioeconômica adequada. No âmbito de planejamento, a classificação e zoneamento ambiental do território a base das propriedades naturais da paisagem, sem ter em conta as características funcionais dos seus usos, é pouco efetivo e não permite distinguir as unidades de gestão territorial. Pois somente uma avaliação integral permite chegar aos resultados satisfatórios. Os resultados desta pesquisa apresentam os argumentos convincentes a favor desta tese e fornecem os subsídios para planejamento das ações.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento das pesquisas ambientais geossitêmicas nas áreas de mineração representa ainda um desafio em vários aspectos, que vão desde a ausência de dados básicos do meio físico até à falta de dados sistemáticos sobre as conseqüências ambientais da mineração em cada fase desenvolvida no processo.

A utilização das ciências fundamentais para o monitoramento, prevenção e gestão das áreas de tensão ecológica resultantes da atividade de mineração ainda é um privilégio de poucos países desenvolvidos. Situação essa que desenvolve uma positiva, porém lenta, tendência de evolução através da inclusão de custos ambientais nos custos finais de produção do carvão.

O impacto negativo poderoso e devastador da mineração à céu aberto torna freqüentemente latentes outros processos ecologicamente desfavoráveis, resultantes das distintas atividades antrópicas locais. O processo de mineração, contudo, é um processo finito e vários dos seus impactos, se forem devidamente tratados como mostram as experiências internacionais, podem ser reversíveis. A situação real nas regiões que contemplam as atividades de mineração, e onde a Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita não faz exceção, agrava-se muito mais do que é possível de prever devido os impactos ambientais cumulativos de todo um conjunto de atividades humanas presentes durante um tempo histórico muito amplo, e onde a mineração freqüentemente mostra-se como um fator-catalizador da degradação ambiental até então paulatina e lenta.

A análise sistêmica da evolução de usos do solo e a avaliação espacial da situação ambiental na área de estudo, resultantes da aplicação do método proposto no presente trabalho, confirmam essa tese.

6.1 RECOMENDAÇÕES

De acordo com o grau de transformação antrópica determinado nas diversas unidades da paisagem ao nível de *associações de comarcas físico-geográficas* consideramos as seguintes *RECOMENDAÇÕES GERAIS*:

- 1) as áreas com altíssimo grau de transformação antrópica, classificadas como áreas com paisagens removidas e destruídas ($K_{ant} > 35,51$), devem ser consideradas como áreas onde ocorrem situações de riscos e calamidades ambientais. Nesse caso recomenda-se o maior detalhamento das áreas de risco, alcançando-se à classificação e identificação dos riscos individuais, isto é criação do Cadastro geoambiental e/ou CTMU. As intervenções neste plano devem-se referir às obras de engenharia e de eliminação dos fatores de risco, passando pela reconversão de uso e/ou adaptação funcional da exploração da referida unidade da paisagem;
- 2) as áreas com grau de transformação intensa e as super transformadas (K_{ant} entre 9,51 e 30,50) são áreas com alta probabilidade de riscos ambientais e com processos de desestabilização ecológica em estágio inicial e moderado. Nesse caso recomenda-se a promoção de ações de mitigação dos impactos negativos e da adaptação funcional das áreas diferenciadas como de situações com maior grau de comprometimento;
- 3) as áreas transformadas moderadamente (K_{ant} entre 5,51 e 9,50) são áreas com processos de instabilidade ecológica em estágio inicial ou em parcial desenvolvimento, existindo, neste caso, a necessidade de ações preventivas e de caráter profilático;
- 4) as áreas pouco transformadas (K_{ant} até 5,5) são as de relativa estabilidade ecológica e/ou são áreas ecologicamente recompensadas, que devem ter um monitoramento contínuo por serem extremamente raras e dispersas. Sendo indispensáveis neste caso medidas conservacionistas e de expansão das referidas áreas. Recomenda-se, assim a realização de estudos especializados sobre o desenvolvimento do potencial recreativo e da viabilidade de conservação das referidas áreas.

**As recomendações específicas dizem respeito ao execução posterior
das pesquisas ambientais na área de estudo e são seguintes:**

1. A aplicação e o desenvolvimento do Método da Avaliação do Grau de Transformação Antrópica permitiu diferenciar e identificar as unidades geossitêmicas da paisagem da BHF até ao nível de associações de comarcas na escala de 1:20 000 e fixar os resultados da pesquisa no Mapa de Unidades da Paisagem, que em função da informação físico-geográfica sintética inclusa representa a base para o desenvolvimento das pesquisas ambientais posteriores. Assim, recomendamos considerar o Mapa em questão como parte integrante do planejamento municipal;
2. A escala cartográfica utilizada (1:50 000) para a saída final dos produtos cartográficos foi considerada adequada para a metodologia adotada, uma vez que possibilita chegar aos resultados desejados e definir as unidades da paisagem com alto grau de comprometimento ecológico sem a aplicação de técnicas específicas complexas. Para uma análise mais profunda com fins de gerenciamento ambiental recomenda-se o desenvolvimento de trabalhos na escala de 1:20 000 e 1:10 000.
3. A diversidade da problemática ambiental nas áreas de mineração detectada durante o desenvolvimento da pesquisa e as peculiaridades da situação ecológica na Bacia Hidrográfica do Rio Fiorita realçam a necessidade do monitoramento à longo prazo e permitem recomendar as seguintes áreas prioritárias de estudo:

Lagoas Ácidas da Mineração (os temas da pesquisa estão relacionadas com a impactos ambientais à longo prazo de lagos de cova: os estudos de química, hidrologia e biologia de lagos e dos seus ambientes devem ser vinculados aos impactos negativos e às necessidades de definir o seu uso e a sua integração funcional no quadro regional);

Drenagem Ácida (sendo esta a fonte da maioria dos problemas de qualidade da água associada à mineração, o aperfeiçoamento dos métodos de previsão e prevenção da drenagem ácida é uma necessidade prioritária de pesquisa);

Tecnologias novas (representam o futuro das pesquisas vinculadas aos métodos de biopurificação das áreas mineradas e das conseqüências ao longo prazo desses métodos);

Ecologia dos espaços florestais criados e espontâneos nas áreas afetadas pela mineração e suas alternativas (as alternativas de reflorestamento nas áreas da

mineração devem ser reavaliadas do ponto de vista da integração futura no sistema territorial regional e reavaliadas no contexto da sua estabilidade e diversidade ecológica.

Cada tópico requer três tipos de pesquisa:

- a) a modelagem e projeção da evolução dos parâmetros ambientais de precisão no tempo e no espaço;
- b) o monitoramento das informações sobre as médias, extremas e as tendências dos índices ambientais, que ajudam a calibrar e verificar a precisão dos modelos;
- c) as pesquisas básicas devem definir os padrões de comportamento ambiental nos arredores das áreas críticas e/ou da mineração.

Sublinhamos aqui mais uma vez a necessidade de monitoramento contínuo e ao longo prazo da evolução das transformações ambientais nas áreas mineradas e seus arredores.

6.2 CONCLUSÕES

Avaliando os resultados da pesquisa chegou-se às seguintes *CONCLUSÕES GERAIS*:

(1) O método mostrou-se eficaz nas áreas com elevado grau de comprometimento ecológico, diferenciando com eficiência as áreas com distinto coeficiente de transformação em função dos fatores de heterogeneidade de tipos de uso, da abrangência espacial e da profundidade de transformação. É importante observar que se distinguem com bastante eficiência as áreas de tensão ambiental potencial dentro das áreas de uso agro-florestal e até nas áreas de preservação permanente ($K_{ant} > 35,51$), o que mais uma vez confirma a tese sobre a importância da avaliação dos impactos cumulativos e de que as prioridades de reabilitação ambiental não podem se restringir somente às áreas de mineração.

(2) A análise e avaliação da distribuição espacial das unidades da paisagem com distintos coeficientes de transformação permitiram chegar à conclusões importantes sobre a distribuição da "tensão" ambiental na área de estudo e sobre as

áreas (diferenciadas como unidades da paisagem) que exigem uma intervenção imediata numa gestão adequada e racional das funções das paisagens.

A observação da distribuição espacial das unidades da paisagem com altos K_{ant} permite discrimina-las como objetos da intervenção imediata, nas seguintes:

- a) *nas áreas de mineração*: Vale Baixo e Vale Médio da Formação Rio Bonito ($K_{ant} > 100$);
- b) *nas áreas abrangidas pela expansão urbana*: as unidades sudeste das Vertentes e Interflúvios em patamar baixo da Formação Palermo e Rio Bonito ($K_{ant} > 40$) e Vertente em patamar médio da Formação Palermo ($K_{ant} > 100$);
- c) *nas áreas agro-florestais*: os Interflúvios em patamar alto da Formação Irati ($K_{ant} > 37$), as Vertentes em patamar médio e os Interflúvios em patamar baixo da Formação Palermo (em alguns casos $K_{ant} > 78$).

Em todos os casos citados a reconversão de usos e adequação funcional das paisagens é imprescindível.

(3) O método revela suficientemente bem a influência predominante na transformação da paisagem do uso agrícola (K_{ant} . de 5,5 até 20) e da mineração ($K_{ant} > 50$) e reflete a adaptabilidade (ou não) da exploração econômica regional com relação às condições e os recursos naturais.

(4) O método permite produzir com poucos recursos disponíveis um indicador confiável da tensão geoecológica de diversos graus, que pode auxiliar a tomada de decisões quanto a prioridade de implantação de projetos cadastrais e de gestão ambiental.

(5) Os coeficientes de transformação antrópica das paisagens regionais calculados para uma estrutura ótima de uso do solo poderão ser vistos como os coeficientes normativos de uso e ocupação do solo após a adequação das funções das paisagens e representar um indicador quantitativo da diferenciação das unidades de planejamento e fundamentação da regionalização funcional.

(6) Os documentos gráficos e cartográficos em formato digital apresentam uma estruturação de dados geoambientais para um Sistema de Informações Geográficas e poderão fazer parte do Banco de Dados Geoambientais, constituindo a

base para o projeto de monitoramento ecológico na área de estudo. Os mesmos resumem-se em

mapas (arquivos digitais na escala 1:20 000/50 000): Unidades da Paisagem; Intensidade da Transformação Antrópica da Paisagem; Estrutura de Exploração; Uso/Cobertura do Solo (1996); Recursos Florestais; Declividades; Hidrográfico; Hipsométrico; Topográfico;

registro geoambiental das áreas amostrais;

documentação fotográfica.

(7) Os produtos gerados mostram-se adequados para o poder público por permitir a utilização de dados na definição de ações de planejamento e/ou intervenções fundamentadas tecnicamente.

(8) A utilização da imagem satélite para confecção do Mapa de Uso/Cobertura do Solo na escala de 1:50 000 foi considerada como adequada (sendo recomendável o uso de fontes de dados complementares para permitir o melhor reflexo funcional do território) e não apresentou problemas na medição das áreas de uso e o cálculo do K_{ant} . Contudo, para o aprofundamento da escala de análise é indispensável o uso de fotografias aéreas e dados cadastrais para a confecção do mapa de uso do solo na escala de 1:20 000 ou superior, o que permite o maior grau de diferenciação espacial na definição do grau de transformação das unidades da paisagem.

Esta pesquisa buscou não apenas desenvolver uma proposta metodológica para um diagnóstico do estado do meio físico em áreas de atividades antrópicas intensas com fins de diferenciação das unidades da paisagem com características ecológicas críticas e/ou potencialmente críticas, mas também testou a eficácia do mesmo numa Bacia Hidrográfica pertencente à 14ª área crítica nacional. A avaliação ambiental realizada mostrou mais uma vez que as etapas de planejamento e os níveis de informação ambiental estão vinculados pela hierarquia das propriedades geossistêmicas das paisagens absorvidas pelas atividades antrópicas. A densidade, ou a resolução espacial, destas informações condicionam a precisão e a eficácia das atividades de gestão territorial. Contudo, a existência de um plano de ações coerentes à situação atual é imprescindível. A região de Siderópolis ainda espera por um Plano Diretor e por criação de pressupostos socioeconômicos de ampliação das APA's.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENDA 21. Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento. Rio de Janeiro, 1992
- ABREU, S. F. Recursos minerais do Brasil. In: MENDES, J.C. e FRANCO, R.. R.. (coord.). Geografia do Brasil: Região Sul. São Paulo: Edgar Blücher, Rio de Janeiro. Investimento Nacional de Tecnologia. v.2, 1973.
- ALANGO, M. T. A. Vegetação In: MENDES, J.C. e FRANCO, R.. R.. (coord.). Geografia do Brasil: Região Sul. IBGE. Diretoria Técnica. SERGRAF - IBGE, Rio de Janeiro ; v.5, p. 81-109, 1977.
- ASSFALG, W., Werner, R. "The optimal use of agricultural landscapes". Applical Geography and Development. A. Biannual Collection of Recent German Contributions. Institute for Scientific Co-operation. Germany : p. 61-97, 1993.
- AUSLIG. Dicionário eletrônico on-line. Disponível na Internet formato HTML. URL: <http://www.auslig.gov.au> Acessado em 15 de maio de 2000
- BALATA, K. S. Cadastro e registro de terras no Brasil. In: Simpósio Internacional de Experiência Fundiária. Anais. Salvador, BA : v.1, 1984.
- BALDESSAR, Mons. Q.D. Imigrantes - sua história, costumes e tradições (Urussanga e Nova Veneza). Florianópolis, 276 p., 1991.
- BARRET, E. C., CURTIS, L. F. Introduction to environmental remote sensing. Chapman & Hall, London : 395 p.1992
- BARTOLUZZI, C. A. Mineração e meio ambiente: a Bacia Carbonífera de Santa Catarina. In: 2.º Encontro Nacional de Estudos Sobre Meio Ambiente. Anais : v. 1 – Comunicações, p. 97-103, 1990.
- BARTSCH, H.V., KENS, J., SBRESNY, J., SCHNEIDER, J. Soil information system as part a municipal environmental information system [online]. v. 30, Issue 3/4 (1997) p. 189-197. Disponível na Internet formato PDF, URL: <http://link.springer.de/link/service/journals/00254/bibs/7030003/70300189.htm>. Acessado em 28/10/1999.
- BASSO, L. A. "A crise dos recursos hídricos". Boletim Gaúcho de Geografia - AGB - Porto Alegre, nº 25, p. 141-153, Junho 1999.
- BERLIANT, A. M. Cartografia. Interpretação dos principais conceitos. In: Anuário GIS' 96-97, GIS MARKET SUPPORT ASSOCIATION, Moskva, edição 3, vol. 1, p. 91-104, 1998 (em russo).
- BEROUTCHACHVILI, N.; BERTRAND, G. "Le géosystème ou système territorial naturel". Revue Geographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, Toulouse : 49(2), p.167-180, 1978.
- BIRD, E. C. F., DUBOIS J-P, ILTIS, J. A. The Impacts of Opencast Mining on the Rivers and Coasts of New Caledonia, The United Nations University, 64 p, 1984 [online] Disponível na Internet formato HTML. URL: <http://digital.library.upenn.edu/> Acessado em 15 de outubro de 1999

- BITENCOURT, L. R.; LOCH C. O Uso das séries históricas de fotografias aéreas para o monitoramento físico-espacial das propriedades rurais visando a avaliação da legalidade das posses. In: COBRAC- 98, (CD-ROM). UFSC, Florianópolis, 18 a 22 de outubro de 1998.
- BLASZCZYNSKI, L. S. "Landform characterization with geographic information systems" *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v. 63, nº 2, p. 183-191, February 1997.
- CAMPBELL, J. B. *Introduction to remote sensing*, Guilford, Nova Iorque : 1996.
- CASTRO, L. C. Coluna white: estratigrafia da bacia do Paraná do sul do Estado de Santa Catarina - Brasil. Secretaria de Estado da Tecnologia, Energia e Meio Ambiente. Série: Textos Básicos de Geologia e Recursos Minerais de Santa Catarina: 4. Florianópolis : 1994, 68 p.
- CEAG/SC. Centro de ASSISTÊNCIA Gerencial. Santa Catarina. Evolução histórico-econômica de Santa Catarina: estudo das alterações estruturais(século XVII- 1960). Florianópolis: CEAG/SC. 1980. 182 p.
- CGER. Commission on Geosciences, Environment and Resources. *Hardrock Mining on Federal Lands*. Committee on Hardrock Mining on Federal Lands, National Research Council. NW: National academic Press, 1999. 260 p. [online], Disponível na Internet URL: http://books.nap.edu/html/hardrock_fed_lands/, formato PDF/HTML. Acessado em 30/01/2000.
- Centre for Resource and Environmental Studies Australian National University Canberra. *Landform design for rehabilitation*. Act 1992 [online] Disponível na Internet url: <http://www.environment.gov.au/ssg/pubs/landform2.html>. Acessado em 12/11/1999.
- CITADINI-ZANETTE, V. Levantamento florístico da área de recuperação da mineração a céu aberto em Siderópolis, Santa Catarina, Brasil. FATMA, SC, Criciúma : 22 p., Fevereiro 1982.
- CITADINI-ZANETTE, V., BOFF, V. P. Levantamento florístico em áreas mineradas a céu aberto na região carbonífera de Santa Catarina, Brasil. Florianópolis: Secretaria de Estado de Tecnologia, Energia e Meio Ambiente, 1992, 160 p.
- CRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento, (Cap. 11), In: Guerra, A. J. T., Cunha, S. B. (org.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*, Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, p. 415-441, 1994.
- CUNHA, S. B., GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental (Cap. 7). In: Guerra A. J. T. e Cunha S. B. (org.) *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, p. 337-379, 1996.
- CUSTÓDIO, H. B. Aspectos legais da reposição florestal obrigatória In: Seminário Nacional de Legislação Ambiental e Reposição Florestal, jul. 17-19, Curitiba. Anais. 1991.
- DALL'ALBA, J. L. *Imigração Italiana em Santa Catarina*. Documentário : EDUSC (Editora da Universidade de Caxias do Sul) co-ed. Lunardelli. 1983. 182 p.
- DIACONOV, K. N. *Métodos Contemporâneos de Investigações Geográficas*. Moscovo: Prosvechenie, 1996, 207 p.
- DREW, D. *Processos interativos Homem - Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand. 1989. 206 p.

- Drury, S. H. A guide to remote sensing: interpreting images of the earth. Oxford University Press, Oxford : p. 5-177, 1990.
- DUARTE, U., RODRIGUES, G. L. Águas ácidas de mineração. Impacto ambiental. In: 2º Encontro Nacional de Estudos Sobre Meio Ambiente. Anais. v. 1 – Comunicações, p. 215-220, 1990.
- ESTNER, D. R., et al., Del Levantamiento de Cadastro, San José, Libreria Antonio Lehmann, 1971, 179p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. Monitoramento por Satélite. Ed.1998 [online], Disponível na Internet URL: <http://www.nma.embrapa.br/satelite/aplic.html>, Acessado em 30/08/1999.
- ESPIG, G. "Ecological problems and environmental stresses caused by agricultural production in the tropic". Applical Geography and Development. A. Biannual Collection of Recent German Contributions. Institute for Scientific Cooperation. Germany, p. 55-68. 1996.
- ESC. ESTADO DE SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia, das Minas e Energia. Diagnóstico do Carvão mineral catarinense. Florianópolis. Março 1990. 70 p.
- FELS J. E., MATSON K. A Cognitively-based Approach forHydrogeomorphic Land Classification using Digital Terrain Models. In: Third International Conference/Workshops on Integratins GIS and Environmental Modeling. [CD-ROOM], January 25-25. 1996 [on line] Disponível na Internet URL: <http://www.negia.ucsb.edu.varenius/ppgis/papers/index.html>. Acessado em 10/09/1999.
- FERREIRA, H. Aurélio Buarque de. Dicionário da Língua Portuguesa (Eletrónico 1.3). Ed. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1994.
- FERREIRA, S. B. A geomorfologia e a recuperação ambiental em áreas de mineração de carvão, estudo de caso em Siderópolis- SC. Florianópolis : p. 26-76, 1991. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geociência, UFSC.
- Figueiredo, L. F. G.; Verdinelli, M. E. P.; Verdinelli, M. A.; Barczak, C. L. Cadastro técnico ambiental, sistemas de informação geográfica e lógica fuzzy: ferramentas conjugadas para a gestão ambiental. In: COBRAC- 98, (CD-ROM). UFSC, Florianópolis, 18 a 22 de outubro de 1998.
- FILHA, J. G., COSTA, J. B., RIBEIRO, G. V. "Estudo da área mineradora de Carajás". Revista Brasileira de Geografia, IBGE, RJ : ano 50, nº 4 – III, 105 p., out./dez 1988.
- FILHA, J. G., COSTA, J. B. RIBEIRO, G. V, AZEVEDO, J., ESTEVES, M. G., AMENDA, P. L., NEVES, V. "Mineração: uso do solo e meio ambiente na Amazônia: proposta metodológica". Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro : v. 51, nº 3. jul./set. 1989.
- FISCHER, G., ANTOINE, F., MAKOWSKI, M. Multiple Criteria Land Use Analysis. IIASA. Working Paper WP-96-006. [online], January 1996. International Institute for Applical Systems Analysis – IIASA. Laxemburg. Áustria. Disponível na Internet URL: <http://www.iiasa.ac.at/wp-96-006.pdf>. Acessado em 12/09/1999
- FORESMAN, T., PICKETT, S., KUHLMAN, K. Link Globally, Act Locally: Baltimore Ecosystem Study. A Bold, New Research Program Studies How Humans Andthe Environment Interact. Reprinted from GeoInfo Systems Magazine. 1999 Advanstar

- Communications Inc. Disponível na Internet URL: <http://baltimore.umbc.edu/iter>. Acessado em 10/10/1999.
- FRANKLIN, J., STEPHENSON, J. Integrating gis and remote sensing to produce regional vegetation databases: attributes related to environmental modeling. In: Third International Conference/Workshops on Integrating GIS and Environmental Modeling. [CD-ROOM], January 25-25. 1996 [on line] Disponível na Internet URL: <http://www.negia.ucsb.edu/varenius/ppgis/papers/index.html>. Acessado em 10/09/1999.
- GABROVEC, M. "Dolomite areas in sloveia with particular consideration of relief and land use". Geografski zbornik, [online] v. 35 (1995)/ Geografsky Institut ZRC SAZU, 23 p. Disponível na Internet URL: <http://www.zrc-sazu.si/gi/> formato doc. (35-1 e doc.). Acessado em 22/10/1999
- GALLANT, J.C., HUTCHINSON, M.C. Towards an Understanding of Landscape Scale and Structure . In: Third International Conference/ Workshops on Integrating GIS and Environmental Modeling. [CD-ROOM], January 25-25. 1996 [online] Disponível na Internet URL: <http://www.negia.ucsb.edu/varenius/ppgis/papers/index.html>. Acessado em 10/09/1999.
- GEUDUGLI, M. M. B. "A problemática ambiental das atividades da mineração à céu aberto. Notas." Rev. Geográfica, São Paulo : UNESP, v. 8,4: 69-73, 1985.
- Geodesia –online. Dicionário eletrônico [online]. Disponível na Internet formato HTML. URL: <http://geodesionline.ufsc.br> Acessado em 15 de maio de 2000
- GODCHILOL, M. F., EGEHAFFER, Max L., FEGEAS, R. Interoperating GIS's. Report of a Specialist Meeting Helol under the Suspiees of the Varenius Regect Panel on Computational Implementations of Geographic Concepts, December 5-6, 1997, Santa Barbara, California, USA [online] Disponível na Internet URL: <http://www.negia.uscb.edu/varenius/ppgis/interoperatingSIE.htm> Acessado em 06/08/1999.
- GOLLEDGE, R. G., FREKSA, C. Scale and detail: a representation-theoretic perspective. In: Project Varenius Workshop. [online] May 14-16, 1998. Santa Barbara, California. Disponível na Internet, URL: <http://www.ncgia.ucsb.edu/varenius/ppgis/papers/index.html>. Acessado em 06/08/1999.
- GOMES, A. R., MALDONADO, F. D., Análise dos componentes principais em imagens multitemporais tm/landsat como subsídio para os estudos de vulnerabilidade à perda de solo em ambiente semi-árido; In: Simpósio Internacional do Sensoriamento Remoto, CD-ROM, 1998.
- GÖTHE, C. A. Diagnóstico Ambiental da Região Carbonífera Catarinense. In: 2.º Encontro Nacional de Estudos Sobre Meio Ambiente. Anais. – Comunicações, v. 1, p. 62-96. Florianópolis, 1990.
- GOUDIE, A. (org) The Encyclopedic Dictionary Physical Geography. Oxford, Brasil Blackwell, 1985.
- GRIGORIEV, A. "Theoretical problems of modern physical geography". In: Informacionei bylleten Geoinformaciohhbie tehnologii v COPAN, nº 2 (mart 1998) [on-line] Disponível na Internet URL: http://www.ict.nsc.ru/wih/gis_new/lib/reports/97/barnaul_a.html Acessado em 13/05/1999
- HESS, A. A. Ecologia e produção agrícola. Florianópolis: ACARESC, 1980, 126 p.

- HICKEY, R., JANKOWSKI, P. GIS and environmental decisionmaking to aid smelter reclamation planning In: Environment and Planning, GB, vol. 29, pp. 5 – 19, A 1997.
- HORBACH, R., KUCK, L., MARIOMON, R. G., MOREIRA, H. L., FUCK, G. F., MOREIRA, M. L. O., MARIMON, M. P. C., PIRES, J. L., VIVIAN, O., MARINHO, D. A. de, TEIXEIRA, W. Geologia In: Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra (Levantamento de Recursos Naturais; v. 33)/ Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. p. 29-312.
- JANELLE, D., HODGE, D. (comp) "Measuring and representing accessibility in the information age". A Specialist Meeting of Project Varenus. [online] Geographies of the Information Society. Research Conference Report. 19-22 November 1998. National Center for Geographic Information and Analysis. Asilomar Conference Center: Pacific Grove, California. Disponível na Internet URL: <http://www.ncgia.ucsb.edu/varenus/access/>. Acessado em 15/08/1999
- JICA (Japan International Cooperation Agency), SDM (Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina. FATMA (Fundação do Meio Ambiente). Feasibility study on recuperation os mined-out areas in the south region os Santa Catarina in the Federative Republic of Brasil. Technical Annex, Sector Studies, Mitsubishi Materials Corporation Chiyoda-Dames & Hoore CD.LTD. Japan, 138 p., January 1997.
- JICA (Japan International Cooperation Agency), SDM (Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina, FATMA (Fundação do Meio Ambiente). Feasibility study on recuperation os mined-out areas in the south region os Santa Catarina in the federative republic of Brasil. Technical Annex, Sector Studies, Mitsubishi Materials Corporation Chiyoda-Dames & Hoore CD.LTD. Japan, 150 p., January 1998.
- JUCHEM, P. A. "A Questão Ambiental". In: Maia (ed). Avaliação de Impactos Ambientais. Abril 1993 - PIAB, 0100.
- JUNIOR, V. A. P. Latifúndios e minifúndios no estado de santa catarina. Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, p. 3-37, 1978.
- JUSTUS, J. O. de, MACHADO, M. L. A. de, FRANCO, M. S. M. Geomorfologia. In: Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra (Levantamento de Recursos Naturais; v. 33)/ Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro : IBGE, p. 313-404, 1986.
- KHUEN, C. A., "Comercial application for high resolution geospatial imagery" Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, v. 63, nº 8, p. 933-941, August 1997.
- KELM, D. F. P. Estruturação de um Cadastro Técnico Histórico para análise física e ambiental de áreas de mineração de carvão. Dissertação de Mestrado Florianópolis, 1999. 130 p.
- KER, J. C., ALMEIDA, J. A. , FASOLO, P. J., HOCHMÜLLER, D. P. Pedologia: levantamento exploratório de solos In: Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra (Levantamento de Recursos Naturais; v. 33)/ Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro : IBGE, p. 405-540, 1986.

- KIRKBY, S. D., BANDFORD, E.; LONGMORE, M. E. "Land classification: providing an explanation for the decision making process". Australian Geographic Studies. v. 34 (1): p. 106-120, April 1996.
- KLEIN, R. M. Mapa fitogeográfico do Estado de Santa Catarina. Flora Ilustrada Catarinense, Itajaí, 1978.
- KOSHKAREV, A. V., KARAKIN, V. P. Regionalnye geoinformacionnye sistemy. Ed. "Nauka". Moskva : 126 p., 1987.(em russo).
- Leo, g. A., Levin, s. "The multifaceted aspects of ecosystem integrity" Conservation Ecology [online] n° 2(1): 4, 1998. Disponível na Internet. URL: <http://www.consecol.org/vol2/iss1/art4>, Acessado em 23/12/1999
- LANNA, A. E. Instrumentos de gestão ambiental: métodos de gerenciamento de bacias hidrográficas. Brasília: IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1994.
- LIMA, I. B. T., NOVO, E. M. L. M. Multitemporal TM-image analysis to assess the spatial and temporal dispersion of floating macrophytes in Brazilian hydroelectric reservoirs In: Simpósio Internacional de Sensoriamento remoto. CD-ROM, 1998.
- LO C.P. (Chor Pang) Applical remote sensing. Longman Scientific & Technical, New York : 393 p., 1987.
- LOCH, C. Monitoramento Global Integrado de Propriedades Rurais. Séries Didáticas, UFSC, Florianópolis : 136 p., 1990.
- LOCH, C. Cadastro Técnico Multifinalitário como Base à Organização Espacial do Uso da Terra a Nível de Propriedade Rural. Florianópolis, 1993. Tese, Professor Titular - UFSC.
- LOCH, C. Cadastro Técnico Multifinalitário – Rural e Urbano. (mimeo), UFSC, 1998.
- Loch, C. A interpretação de Imagens Aéreas. Florianópolis : ed. UFSC, 1993, p. 61-67.
- LOCH, C.; LOCH, R. E. N. Análise da Organização Espacial do Uso da Terra em Propriedades Rurais de uma Microbacia em Porto-Vitória – PR. In: 4º Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio ambiente. Anais. Cuiabá, 04-08 outubro de 1993.
- LOCH, R.E.N. Estruturação de dados geográficos para a gestão de áreas degradadas pela mineração. Tese de Doutorado. Curitiba, jan. 2000.UFP. 202 p.
- LUMAN, D. E., CHRISTOPHER, S., HUNT, L. "Digital reproduction of historical aerial photographic prints for preserving a deteriorating archive". Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. ASPRS: Oregon-IL : v. 63, n°10, p.1171- 1179, October 1997.
- MACHÍN, Jorge A. "El Estudio Físico-geográfico sintético base para un adecuado manejo del meio ambiente". Boletim Gaúcho de Geografia Porto Alegre : n.º 22, p. 129-132, março 1997.
- MAKOWSKI, M. Methodology and modular tad for multiple criteria analysis of LPP model. Working Paper WP-94-102. [online] International Institute for Applical Systems Analysis. Laxemburg. Austria. Disponível na Internet URL: <http://www.iiasa.ac.at/wp-94-102.pdf>. Acessado 10/10/1999.
- MARGULIS, S. Meio ambiente; aspectos técnicos e econômicos. IPEIA-PNUD. Brasilia : p. 13-157, 1996.

- MARTINELLI, M. "Cartografia Ambiental: uma cartografia diferente" Revista do Departamento de Geografia. USP – FFL – SH, São Paulo : nº 8, p. 61-80, 1997.
- MATEO, R. J. Apuntes de geografía de los paisajes. La Habana : editorial EMPES, 1984.
- MCNAMARA, T. Spatial representation and scale. In: Project Varenus Workshop. [online] May 14-16, 1998. Santa Barbara, California. Disponível na Internet, URL: <http://www.ncgia.ucsb.edu/varenus/ppgis/papers/index.html>. Acessado 10/10/1999.
- MELO, M. P. "Cadastro Geoambiental Polivalente." Informativo COCAR (7), Brasília – DF : p. 165-170, setembro 1985.
- MICKEY, R., LANTOWSKI, P. Gis and environmental decisionmaking to aid smelter reclamation planning. In: Environment and Planning. G. Britain : v. 29, p. 5-19, 1997.
- MILLER, S. A., GURAVLEV, D. A. "Organizacia rabot po sozdaniu cadastra". GIS – inform billutem nº 5 (7). Moskva. : p. 15-17, 1996.(em russo)
- MIRSAEV, G. G., IVANOV, B. H., SHEROBAKOV, D. M. Catograficheskii metod issledovanií o ingenernoi ecologii. Yechebrae possobie. Leningradskii Gornii Institut, Leningrad : 95 p., 1988.(em russo)
- Mineral Policy Institut. Australian mining policy report 1998. [online] Disponível na Internet: URL: <http://www.hydro.org.au/mpi/>. Acessado em 28/09/99.
- MMA-PNUD. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. [online] Diretrizes Ambientais para o Setor Mineral. Disponível na Internet URL: <http://www.mma.gov.br/part/SMH/mineracao/strate.html>. Acessado em 28/09/99.
- MONTEIRO, C. A. F. "Os geossistemas como elemento de integração na síntese geográfica e fator de promoção interdisciplinar na compreensão do ambiente". Rev. de Ciências Humanas, Florianópolis : v. 14, nº 19, p. 67-101, 1996.
- MONTELLO, DANIEL R. Scale and detail in the cognition of geographic information. In: Project Varenus Workshop. [online] May 14-16, 1998. Santa Barbara, California. Disponível na Internet, URL: <http://www.ncgia.ucsb.edu/varenus/ppgis/papers/index.html>. Acessado em 28/09/99.
- NEEF, F. F., RITCHER, M., MARSCH, M., MAASE, G. Beitrage zur Klärung der Terminologie in der Landschaftslehre. Akad. der Wissenseh, Geogr. Inst. Leipzig : 1973.
- NETO, A. B. C., TEIXEIRA, M.B., PASTORE, U., FILHO, A. L. R. R. Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos estudo fitogeográfico In: Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra (Levantamento de Recursos Naturais; v. 33)/ Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. p. 541-632
- NETTO, A. L. C. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: Guerra A. J. T., Cunha, S. B. (org.). Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos, Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, p. 93-148, 1994.
- NIMER, E. Clima. In: Geografia do Brasil: Região Sul. IBGE. Diretoria Técnica. SERGRAF - IBGE, Rio de Janeiro : v. 5, p. 35-79, 1977.
- NISTAL, M. A. I. El Catastro como Base Instrumental del proceso de Planeamiento Urbano y Territorial In: IV Conferência Latinoamericana sobre Sistemas de Informação

- Geográfica 2º Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento. São Paulo : 7 –9 jul. 1993, p. 425-440.
- NOVO, E. M. L. de M. Sensoriamento Remoto; Princípios e Aplicações. 2a ed., Ed. Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 1992.
- OLIVEIRA, J. B. Classes Gerais de Solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. Laboticabal. FUNEP, 201 p., 1992.
- PALMA, R. B. "El Análises de la Vegetación como Critério de Interpretación del Paisage (Andalucia Atlantica)". Estudios Geográficos, Madrid : tomo LVIII, nº 226, p. 5-32, enero-marzo 1997.
- PANICHI, J., A. V., BACIC, J. L. Z. , NETO, J. A. L. , CHANIN, Y. M. A., SEIFFERT, N. F. VIEIRA, H. J. Metodologia para o inventário das terras em microbacias hidrográficas. EPAGRI - SC, Florianópolis, 50 p., 1994.
- PARDAL, S. C. Planejamento do território: instrumentos para análise física. Lisboa, Ed. Livros Horizonte Ltda., 1988, 614 p.
- PARADES, E. A. Práticas Aerofotogramétricas e suas Aplicações na Engenharia. UEM, Maringá - PR : Vol. II, p. 270, 1987.
- PASSOS, M. M. "Unidades Básicas e Dinâmica Atual da Paisagem no Pontal do Paranapanema", Revista Geográfica. São Paulo : nº 10, p. 51-73, 1991.
- PETROV, D. Geoecologia, Sanct-Pitersburg: Prosveshenie 1994. (em russo).
- PIRES, P. S. Avaliação da qualidade visual da paisagem na região carbonífera de Criciúma – SC. Curitiba, 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias, UFP.
- PIRES, S. S. R., SANTOS, J. E. "Bacias Hidrográficas - interação entre o meio ambiente e o desenvolvimento". Revista Ciência Hoje, 19 (110): 40-45, 1995.
- PRADO, H. Manual de classificação de solos do Brasil. FUNEP, Laboticabal : 194 p., 1996.
- PRIESTER, M., Hentschel, F. "New approaches to improve the environmental management of small-scale mining – two pilot projects in Latin America". Natural Resources and Development. Institute for Scientific Cooperation, Tübingen, Germany : v. 47, p. 117-125, 1998.
- PRIESTER, M. "Environmental and health risks due to mining activities in the developing contries". Natural Resources and development. Institute for Scientific Cooperation, Tübingen, Germany : v. 49, p. 66-81, 1998.
- PROGESC. Programa de Informação Básica para a Gestão Territorial de Santa Catarina. MME - CPRM - SRPA. Uso recomendado do solo do Município de Criciúma - SC. Krebs, A. S. S., Nosse, E. O, (org.). Série Ordenamento Territorial - Porto Alegre : v. 30, 1998.
- ROBERT, V. O., JAMES, R. K., CLIFFORD, S. R. "Economics And Ecology: The Need For Detente Inconservation Ecology". Conservation Ecology [online] nº 2(1): 4, 1998. Disponível na Internet. URL: <http://www.consecol.org/vol2/iss1/art4>, Acessado em 23/12/1999
- RODRIGUES, J. M., MAURO, C. A., RUSSO, Y. L. , SILVA, C. M. L., BOVO, R., ARCURI, M. E. P., MARINHO, V. L. F. "Análise da paisagem como base para uma

- estratégia de organização geoambiental: Corumbataí (SP)" *Geografia*, Rio Claro : v. 20 (1); p. 81-129, abril 1995.
- ROGAN, T. "Metodologia sozdanija integrirovanneh cadastroveh sistem". GIS – inform billutem, Nº 5 (7). Moskva : p. 279-281, 1996.(em russo)
- ROSA, F. S. "Viabilidade da atualização Cartográfica". *Revista do departamento de Geografia, USP – FFL – SH, São Paulo* : nº 8, p. 7-14, 1997.
- RUDENKO, L. G. Kartograficheskoe Obespechenie Territorial'nogo Planirovania. "Naukova Duma". Kiev : p. 56-58, 1984 (em russo)
- SABINS, F. F. *Remote Sensing Principles and Interpretation*. W. H. Freeman and Company, New York : p.133-494, 1997.
- SAC. southern Alleghannies Conservancy. Integrated Resource Recovery Initiative, Water & Watersheds Grant Application. SAC project 1998-2001. [online] Disponível na Internet URL: <http://www.ctcnetnet/SAC/VIRHhein.html>. Acessado 14/11/1999.
- SANTA CATARINA. Secretaria do Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (SDM). *Bacias Hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral*. Florianópolis : 173 p., 1997.
- SANTOS, R. S. B. Hidrografia. In: *Geografia do Brasil: Região Sul*. IBGE. Diretoria Técnica. SERGRAF - IBGE, Rio de Janeiro : v. 5, p.111-142, 1977.
- SC. GABPLAN - Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Governo do Estado de Santa Catarina. Subsecretária de Estatística, Geografia e Informática. *Atlas de Santa Catarina*. Aerofoto Cruzeiro, Rio de Janeiro : p. 29-69, 1986.
- SEPLAN. SEICT. CEAG-SC/PIDSE. Programa Integrado de desenvolvimento sócioeconômico: diagnóstico municipal de Siderópolis. Florianópolis. 27p., 1990.
- SDM. Secretária de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina. *Plano Básico de Desenvolvimento Ecológico-Econômico*. AMREC, maio de 1997.
- SHISHENKO, P. G. Prikladnaia Fizichiskaia Geografiia. Vysha Shkola, Kiev : p. 41-43, 1988. (em russo)
- SIEBER, R. Geographic Information System in the Environmental Movement Objectives. In: *Third International Conference/Workshops on Integrating GIS and Environmental Modeling*. [CD-ROOM], January 25-25. 1996 [online] Disponível na Internet URL: <http://www.negia.ucsb.edu/varenius/ppgis/papers/index.html>. Acessado em 10/09/1999.
- SILVA, J. V. "Análise Ambiental da APA de Cairuçu". *Revista Brasileira de Geografia*. Rio de Janeiro : ano 50, nº 3, p. 41-83, jul./set. 1988.
- SILVA, P. C. *Cadastro e Tributação*. Brasília : Fundação Petrônio Portella. 196 p. 1982.
- SILVA, T. S. "Zoneamento Geoambiental dos Cerrados. Contribuições para um novo modelo de desenvolvimento". In: *Conferências do I Simpósio Ambientalista Brasileiro no Cerrado*. Goiânia : p. 15-26, 14 a 17 de novembro de 1995.
- SOCHAVA, V. v. *Vvedenie v teorii sistem*. Novosibirsk : ed. Nauka, 1978. (em russo).
- SOCHAVA, V. V. "The study of geosystems". *Reports of the Institute of Geography Siberia and te Far East*. Special issue (SI). The Xxiii International Geographical Congress, Irkutsk : p. 16-52, 1976.

- STEIN, V. "Mining and environment". Natural Resources and Development. Institute for Scientific Cooperation, Tübingen, Germany : v. 47, p 7-14, 1998.
- SUGUIO, C., BIGARELLA, J. Ambientes fluviais. 2.^a ed. Editora UFSC: Editora UFP, Florianópolis : 183 p., 1990.
- TEIXEIRA, A. L. A., CHRISTOFOLETTI, A. Sistema de Informação Geográfica. Dicionário Ilustrado do SIG. Ed. Hucitec, São Paulo : 244 p., 1997.
- TEIXEIRA S. I.; TEIXEIRA R. C. F. A importância do Cadastro Técnico Multifinalitário para a eficácia da Gestão Ambiental. In: COBRAC- 98, UFSC, (CD-ROM). Florianópolis, 18 a 22 de outubro de 1998.
- The Environment Protection Agency. Agency of the Australian Federal Environment Department. Mine Planning for Environment Protection. Best Practice Environmental Management in Mining. June 1995. [online] Last modified: 1 September 1998. Disponível na Internet URL: <http://www.environment.gov.au/ssg/pubs/planning2.html>, Acessado em 1/11/1999.
- Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling [CD-ROM] January 21-25, 1996. Santa Fé, Novo Mexico, USA. [online] Disponível na Internet, URL: <http://www.ncgia.ucsb.edu/varenius/access/>. Acessado em 12/08/1999.
- TROPOMAIR, H. "Geografia Física ou Geografia Ambiental? Modelos de Geografia Integrada" Boletim de Geografia Teorética. Simpósio de Geografia Física Aplicada :15 (29-30), p. 63-69, 1985.
- Valerie, A. B. Acting Locally Meeting the environmental information needs of local government. Centre for Resource and Environmental Studies. Australian National University. Canberra, ACT 1992, [online] Disponível na Internet URL: http://www.environment.gov.au/library/pubs/local/loc_ch1.html Acessado em 15/10/1999.
- VALIATI, D. Controle Ambiental na Mineração de Carvão - SC. In: 2.^o Encontro Nacional de Estudos Sobre Meio Ambiente. CCM - UFSC Anais, Comunicações. Florianópolis, 1990 : v. 1, p. 195-203.
- VELOSO, M. P., RANGEL, F., A. L. R.; LIMA, J. C. A. L. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro, 1991.
- VENTURA, S., NIEMAN, B., Sutphin T., Chenowet, R. GIS – Enhanced Land Use Planning in Dane County, Wisconsin. [on line] Disponível na Internet URL: <http://www.negia.ucsb.edu/varenius/ppgis/papers/index.html> Acessado em 10/09/ 1999.
- VILLELA, R. Mineração de carvão em Santa Catarina e o Meio Ambiente. In: 2^o Encontro Nacional de Estudos Sobre Meio Ambiente. Anais, Florianópolis, 1990: v. 1 – Comunicações, p. 50-61.
- VINOKYROV, Y. I., SHIROKOVA, S. L., LIOVTCKAIA, O. V., MIKAILIDI, I. M. Ispolzovanie informazionneh tehnologiiipri reshenii ekologicheskikh zadach, Sibirskoe (CORAN), Novosibirsk : 1998-1999. 20 p. Disponível na Internet. URL: : <http://www.integro.rb.ru/projects/gis/byte1.htm> (em russo)
- VLASOV, M. Y., GORBACHEV, V. G. "Geoinformacionnie sisteme". (Centr sistemneh issledovanii –Ufa) Centro de investigações sistêmicas "Integro" Ufa,. Disponível na Internet URL: <http://www.integro.rb.ru/projects/gis/byte1.htm>. Acessado em 10/10/1999. (em russo).

- VOLPATO, T. G. A pirita humana: os mineiros de Criciúma. Florianópolis: Ed. Da UFSC/Assembléia Legislativa do Estado de Santa Catarina. 1984. 160p.
- VOVK, A. Regional Ecological units of northeastern slovenia. In: Geografski Zbornik : v. 36, (1996), [online] 38 p. Disponível na Internet URL: <http://www.zrc-sazu.si/gi/acta.htm>, University of Maribor. Acessado em 23/10/99.
- WILLIAM, D., WATSON, J. K., TULLY, E. M., DAVID, P. D., BRYANT, R. S., HAROLD, A. A. Coal resources in environmentally-sensitive lands under federal management. u.s. department of the interior. u.s. geological survey. U.S. Geological Survey National Center Open-File Report 95-631. U.S. Department of the Interior U. S. Geological Survey. Disponível na Internet URL: http://www.mesc.usgs.gov/pubs/online/ifim-chron/eco_res_consider.html. Acessado em 15/08/99

8 ANEXOS

- I. FICHA DE INVENTÁRIO COMPLEXO DAS FÁCIES**
- II. FICHA DE PLANEJAMENTO DA DIGITALIZAÇÃO DOS MAPAS**

FICHA DE INVENTÁRIO COMPLEXO DAS FÁCEIS

Descrição da fâcie N°

AUTOR _____

DATA _____ ÁREA _____

QUADRANTE _____ ALTITUDE(abs./relat.) _____

Posição do Ponto com Relação de Objetos de Influência

Para croqui/orientação

DISTÂNCIA ATÉ O PONTO ANTERIOR _____

COORDENADAS: lat. Sul _____ long. Este _____

N° FOTO AÉREA _____ N° do ponto na foto _____ N° foto do campo _____

RELEVO

Mesoforma

Gênese, caráter da superfície: _____

côncavo convexo ondulado terraços _____

Morfometria

Comprimento da declive _____ declividade _____ exposição _____

Profundidade de cortes erosivas _____ altitude (abs./rel.) _____

Elemento da mesoforma _____

Morfometria/ exposição _____

Formas, parâmetros, diferenças de altitudes _____

microrelevo _____

UMEDECIMENTO. Tipo de suplemento do solo _____

Grau de umedecimento:

insuficiente periodicamente alto de leito menor

normal constantemente alto de leito médio

excessivo de leito maior

águas subterrâneas nas profundidades _____ m ; sinais de submersão e inundações _____ cm

data

SOLOS

DESCRIÇÃO DA CORTE:

a profundidade da formação contínua do húmus _____ cm

a profundidade da formação discreta do húmus _____ cm

máximo da podzoloção na profundidade de _____ até _____ cm;

HCL ferve desde _____ cm de profundidade; rocha materna

Solo

 (diferenciação genética, conteúdo mecânico, rocha materna)

 toxon do solo no campo ; depois do controle .

DISCRIÇÃO DA FITOFÁCIE

Áreas aproximada de ensaio X m

Árbóreas Densidade de coroas (de 1 à 10)

Espécies arbóreas > 6m	estrato	altura (m)

Espécies arbóreas < 6m	Variedade , número	altura (m)

denso ; médio ; raro .

Arbustivas

Espécies	Variedade , número	altura (m)

denso ; médio ; raro .

subarbustivas

recobrimento %

Espécies	Número %	distribuição

denso ; médio ; raro .

Fungos %

Herbáceas altura média cm; cobertura %.

Espécies	fenofase

NOME DA FITOFÁCIE (fitocenose) *(de cima para baixo)*

Índex do campo ; Depois do controle

Vínculos Internos da fácies (caráter dos componentes)

Vínculos interfaciais

Fatores de desenvolvimento

Posição na estrutura da paisagem

Sub-comarca

Comarca

Sub-Localidade

Localidade

Modificações antrópicas: florestal ; clareira ; pastagem ;
bananal ; lavra ao céu aberto ;
depósitos de rejeitos ; terraços agrícolas ; reflorestamento ; bedland

Outras

O papel da fície na estrutura morfológica da paisagem :
dominante ; sub-dominante ; rara ; única .

Sub-comarca

Comarca

O papel da transformação antrópica na estrutura da paisagem :

dominante ; sub-dominante ; rara ; única

Relação entre o tipo de uso do solo e as qualidades da fície; influência antrópicas:

Condições desfavoráveis ao uso da terra

Recomendações de otimização, medidas de conservação

Indicadores de fotointerpretação da sub-comarca e comarca nas imagens pancromáticas e

multiespectrais

DESCRIÇÃO ANALISADA E CONFIRMADA POR :

DEFINIÇÕES DA LEGENDA DO MAPA:

ELEMENTOS TEMÁTICOS:

ELEMENTOS TOPOGRÁFICOS:

OUTROS:

DISCRIMINAÇÕES DA EDIÇÃO: