

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA E
GEOCIÊNCIAS**

**CARTOGRAFIA AMBIENTAL DE BARÃO DE
COTEGIPE, RS: SUBSÍDIOS PARA O
PLANEJAMENTO MUNICIPAL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Franciele Francisca Marmentini Rovani

Santa Maria, RS, Brasil

2013

CARTOGRAFIA AMBIENTAL DE BARÃO DE COTEGIPE, RS: SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO MUNICIPAL

Franciele Francisca Marmentini Rovani

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Área de Concentração de Análise Ambiental e Dinâmica Espacial, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Geografia.**

Orientador: Prof. Dr. Roberto Cassol

Santa Maria, RS, Brasil

2013

Rovani, Franciele Francisca Marmentini
Cartografia Ambiental de Barão de Cotegipe, RS:
subsídios para o planejamento municipal / Franciele
Francisca Marmentini Rovani.-2013.
158 p.; 30cm

Orientador: Roberto Cassol
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS, 2013

1. Cartografia Temática 2. Cartografia Ambiental 3.
Geotecnologias 4. Planejamento Municipal 5. Paisagem
I. Cassol, Roberto II. Título.

© 2013

Todos os direitos autorais reservados a Franciele Francisca Marmentini Rovani. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Universidade Federal de Santa Maria, Cidade Universitária, “Prof. Mariano da Rocha Filho”, Av. Roraima, 1000, INPE, Sala 2052, Bairro Camobi, CEP: 97105-900,
End. Eletr.: franciele.rovani@yahoo.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**CARTOGRAFIA AMBIENTAL DE BARÃO DE COTEGIPE, RS:
SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO MUNICIPAL**

elaborada por
Franciele Francisca Marmentini Rovani

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geografia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Roberto Cassol, Dr.
(Presidente/Orientador)

Ailton Luchiari, Dr. (USP)

Waterloo Pereira Filho, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 28 de fevereiro de 2013.

*Dedico este trabalho a minha família,
especialmente a meus **pais**, por acreditarem
em minha capacidade, e a meu **noivo**,
pelo apoio e incentivo constante
na busca dos objetivos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para esta etapa tão importante para mim, especialmente:

A *Deus*, presença constante em minha vida, pela luz e força nesta caminhada.

À *Universidade Federal de Santa Maria* e ao *Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências*, que me concederam a oportunidade de ingressar no mestrado.

À *CAPES*, pela bolsa de estudos.

Ao orientador, *Prof. Dr. Roberto Cassol*, pela orientação, incentivos e conselhos durante esta etapa e, principalmente, nos momentos de incertezas e dúvidas.

Ao *Prof. Dr. Waterloo Pereira Filho*, por aceitar participar da banca de qualificação e de defesa final desta pesquisa, e pelo apoio oferecido no trabalho de campo.

Ao *Prof. Dr. Ailton Luchiari*, pela participação na banca de defesa final e contribuições.

À pesquisadora *Dr^a. Maria Silvia Pardi Lacruz*, pela participação na banca de qualificação e pela ajuda, especialmente na programação de processamento algébrico.

Ao *Prof. Dr. Bernardo Sayão Penna*, pelos esclarecimentos e ajuda na elaboração do mapa de Geomorfologia.

Ao Coordenador da Pós-Graduação, *Prof. Dr. Cesar De David*, e à secretária, *Fátima Liliane Fernandes Bonilla*, pela ajuda e companheirismo.

Aos amigos e colegas do *Laboratório de Geografia/Cartografia*, João Henrique Quoos, Viviane Regina Pires, Illa de Andrade Bicca, Hilda Mirian Ferroni Arruda, Vanessa Oliveira da Silva, e, de modo especial, à Gabriela Dambros, pelo companheirismo, troca de saberes, incentivo e conversas geográficas durante o período vivenciado.

Aos *colegas de mestrado*, por compartilharem conhecimento, dúvidas e conquistas.

Aos meus pais, *Ivanir* e *Francisco*, por acreditarem em minha capacidade e sempre me apoiarem e auxiliarem em minhas decisões. Obrigado pelo amor e carinho dedicados a mim, apesar da distância.

Aos meus irmãos, *Simone*, *Sandra* e *Ivan*, pelo apoio e incentivo.

Ao meu querido noivo, *Márcio*, pelo amor, carinho e compreensão em todos os momentos.

*“Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas,
que já tem a forma do nosso corpo,
e esquecer os nossos caminhos,
que nos levam sempre aos mesmos lugares.
É o tempo da travessia, e, se não ousarmos fazê-la,
teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmos.”*
(Fernando Pessoa)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências
Universidade Federal de Santa Maria

CARTOGRAFIA AMBIENTAL DE BARÃO DE COTEGIPE, RS: SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO MUNICIPAL

AUTORA: FRANCIELE FRANCISCA MARMENTINI ROVANI

ORIENTADOR: ROBERTO CASSOL

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 28 de fevereiro de 2013.

O estudo e a análise das relações entre o meio social e o ambiente podem ser melhor compreendidos e visualizados a partir de mapas ambientais que sensibilizem a sociedade para a realidade. Diante deste contexto, esta pesquisa teve como objetivo analisar o espaço geográfico do município de Barão de Cotegipe/RS, com ênfase nos componentes naturais e sociais representados por meio da Cartografia Ambiental, e identificar as diferentes unidades de paisagem. Para tanto, criou-se um banco de dados espaciais em um ambiente de Sistemas de Informações Geográficas com auxílio do software SPRING versão 5.0.6. Elaborou-se o mapa de vulnerabilidade natural à perda de solo, com base nas informações referentes à geomorfologia, geologia, solos, vegetação e uso e ocupação da terra, e o mapa de potencial social, resultado da integração dos potenciais natural, humano, produtivo e institucional, com o auxílio da linguagem de programação de processamento algébrico. Posteriormente, as informações foram organizadas e integradas em um mapa síntese, o mapa das unidades de paisagem, representativas da realidade em estudo. Como resultado, destaca-se o mapa de vulnerabilidade natural à perda do solo, que representou unidades estáveis com predomínio dos processos formadores do solo, e unidades moderadamente vulneráveis, prevalecendo os processos erosivos. O mapa do potencial social apresentou um equilíbrio entre o dinamismo e a restrição, ou seja, não foram identificadas unidades com potencial alto, nem baixo. No mapa das unidades de paisagem, prevaleceram as unidades produtivas de expansão (59,08%), possibilitando o desenvolvimento do potencial produtivo de maneira sustentável e dinâmica, e as unidades críticas de conservação (40,21%), caracterizadas pela elevada vulnerabilidade natural e baixa potencialidade. Já, as unidades produtivas de consolidação, consideradas ideais, representaram somente 0,05% da área municipal, enquanto que as unidades críticas de recuperação representaram 0,66%, devido ao alto potencial social e a elevada vulnerabilidade natural. Nas unidades em que predominou a vulnerabilidade natural, sugere-se especial atenção em relação ao meio natural e aos agentes que o influenciam, visando a boas práticas sociais associadas às políticas ambientais no processo de tomada de decisões econômicas, possibilitando a valorização e proteção do meio. Nas unidades produtivas, caracterizadas especialmente pela potencialidade, recomenda-se o desenvolvimento de ações voltadas principalmente ao desenvolvimento produtivo, pois a diversidade do setor produtivo é fundamental para que ocorra a consolidação ou expansão das unidades, garantindo um equilíbrio entre o meio e homem, com base no uso sustentável dos recursos naturais. Assim, norteados pelos princípios da Cartografia Ambiental, as unidades foram representadas cartograficamente, permitindo a compreensão e a visualização das interações do ambiente e da dinâmica social com o meio natural.

Palavras-chave: Cartografia Temática. Cartografia Ambiental. Geotecnologias. Planejamento Municipal. Paisagem.

ABSTRACT

Master Course Dissertation
Graduation Program in Geography and Geosciences
Universidade Federal de Santa Maria

ENVIRONMENTAL CARTOGRAPHY OF BARÃO DE COTEGIPE, RS: SUBSIDIZE ABOUT THE MUNICIPAL PLAN

AUTHOR: FRANCIELE FRANCISCA MARMENTINI ROVANI

ADVISER: ROBERTO CASSOL

Defense Place and Date: Santa Maria, February 28nd, 2013.

The study and the analysis about the relations between the social and environmental can be better understood and visualized throughout environmental maps that can sensitize the society to the reality. Through this context, this research has as the objective to analyze the geographic space of Barão de Cotegipe city, in the state of Rio Grande do Sul, with the emphasis on the natural and social constituent parts, represented by the Environmental Cartography and to identify the different units in the landscape. A special database was created in an environment of Geographic Information System with the use of SPRING Software in the version 5.0.6. The map of natural vulnerability, to the lack of the soil, was elaborated based on the information relating to the geomorphology, geology, soil, vegetation, and the use and occupation of the soil and the social potential map, resulted from an integration of natural, human, productive and institutional potential with the help of the language and programming of algebra processing. Afterwards, the information was organized and integrated in the synthesis map, the unit map of landscape, representative of reality in study. As a result, the maps of natural vulnerability to the soil lack that represented steady units, with the predominance of formation processes of soil and units moderated vulnerable, predominated the erosive processes were highlighter. The map of social potential represented equilibrium between dynamism and restriction, that is, units with a high potentiality were not identified neither in a low potentiality. In the unit map of landscape predominate the productive units in expansion (59.08%), allowing the expansion of the productive potential of sustainable and dynamic ways and the critical units of conservation (40.21%) characterized by the elevated natural vulnerability and low potentiality. Already, the production units in consolidation, considered ideals, represented only 0.05% of the municipal area, while the critical units in recovery accounted 0.66%, due to the high potential and high social vulnerability natural. In the units, in which predominated the natural vulnerability, special attention with relation to the natural and the agent that influence it are suggested, aiming at good social practice associated to the environmental politics in the process of economic decision make to enable the valorization and environment protection. In the productive units, characterized specially by the potentiality, the development of actions looking towards mainly to the productive development is recommended, because the diversity of the productive sector is fundamental to the occurrence of the consolidation and expansion of units, ensuring equilibrium between the environmental and the man, based on the sustainable use of natural resources. As a result, guided by the Environmental Cartography, the units were represented cartographically allowing the understanding and the visualization of environmental interaction and of the social dynamic with the natural environmental.

Keywords: Thematic Cartography. Environmental Cartography. Geotechnology. Municipal Planning. Landscape.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do município de Barão de Cotegipe/RS.....	31
Figura 2 – Etapas da Cartografia Analítica e de Síntese para elaboração do Mapa das Unidades de Paisagem.	38
Figura 3 – Variáveis visuais, suas propriedades e modos de implantação.	44
Figura 4 – Arquitetura dos Sistemas de Informação Geográfica.....	49
Figura 5 – Mapa de localização dos municípios da Região do Alto Uruguai/RS.	55
Figura 6 – Dinâmica da população rural e urbana do município de Barão de Cotegipe/RS, no período de 1970 a 2010.....	58
Figura 7 – Mapa da Hidrografia do município de Barão de Cotegipe/RS.	59
Figura 8 – Floresta Ombrófila Mista (Floresta das Araucárias) no município de Barão de Cotegipe/RS.	61
Figura 9 – Etapas desenvolvidas na pesquisa de acordo com os níveis compilatório, correlatório, semântico e normativo.	66
Figura 10 – Composição RGB por componentes principais e banda 4.	71
Figura 11 – Mapa cadastral das Unidades Territoriais Básicas (UTBs).....	75
Figura 12 – Classificação das unidades de paisagem de consolidação, expansão, recuperação e de conservação.....	103
Figura 13 – Mapa de Solos do município de Barão de Cotegipe/RS.....	106
Figura 14 – Mapa de Geomorfologia do município de Barão de Cotegipe/RS.....	108
Figura 15 – Mapa de Geologia do município de Barão de Cotegipe/RS.....	110
Figura 16 – Mapa de Vegetação e Uso da Terra do município de Barão de Cotegipe/RS.....	112
Figura 17 – Mapa de Vulnerabilidade Natural à Perda do Solo do município de Barão de Cotegipe/RS.....	115
Figura 18 – Mapa do Potencial Natural do município de Barão de Cotegipe/RS.....	117
Figura 19 – Mapa do Potencial Humano do município de Barão de Cotegipe/RS.....	119
Figura 20 – Mapa do Potencial Produtivo do município de Barão de Cotegipe/RS.....	121
Figura 21 – Mapa do Potencial Institucional do município de Barão de Cotegipe/RS.....	123
Figura 22 – Mapa do Potencial Social do município de Barão de Cotegipe/RS.....	125
Figura 23 – Mapa das Unidades de Paisagem do município de Barão de Cotegipe/RS.....	128

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado da aplicação da análise por componentes principais nas combinações das bandas 1, 2 e 3, e bandas 5 e 7, e suas percentagens.....	70
Tabela 2 – Avaliação da estabilidade/vulnerabilidade das unidades de paisagem de acordo com a relação pedogênese/morfogênese.....	73
Tabela 3 – Tabela de atributos das UTBs e seu significado.....	76
Tabela 4 – Valores de estabilidade/vulnerabilidade atribuídos às classes de solos.....	78
Tabela 5 – Valores de estabilidade/vulnerabilidade atribuídos às classes de formas do relevo.	80
Tabela 6 – Valores de estabilidade/vulnerabilidade atribuídos às classes de amplitude altimétrica.	81
Tabela 7 – Valores de estabilidade/vulnerabilidade atribuídos às classes de dimensão dos interflúvios.....	82
Tabela 8 – Classes temáticas e valores de estabilidade/vulnerabilidade definidos para o mapa de geomorfologia.	84
Tabela 9 – Valores de estabilidade/vulnerabilidade atribuídos às classes de geologia.	85
Tabela 10 – Valores de estabilidade/vulnerabilidade atribuídos às classes de uso e ocupação da terra e à variável visual cor.	88
Tabela 11 – Identificação dos usos da terra e vegetação na imagem de satélite, a campo e sua descrição.	89
Tabela 12 – Valores do potencial social de acordo com o dinamismo/restrrição dos setores censitários.	92
Tabela 13 – Tabela de atributos dos setores censitários e seu significado.....	94
Tabela 14 – Indicadores e valores de alto/baixo potencial por setores censitários para o potencial natural.....	95
Tabela 15 – Indicadores e valores de alto/baixo potencial por setores censitários para o potencial humano.....	97
Tabela 16 – Indicadores e valores de alto/baixo potencial por setores censitários para o potencial produtivo.	99
Tabela 17 – Indicadores e valores de alto/baixo potencial por setores censitários para o potencial institucional.....	100
Tabela 18 – Classes de vegetação, uso e ocupação da terra e sua área ocupada em hectares e em percentagem.	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Matriz dos índices de dissecação das formas de relevo.....	83
Quadro 2 – Representação dos valores e das classes de estabilidade/vulnerabilidade das unidades de paisagem.	91
Quadro 3 – Parâmetros, indicadores e dados necessários para a elaboração do mapa de Potencial Social.	93
Quadro 4 – Representação dos valores e das classes de alto/baixo potencial dos setores censitários de acordo com o potencial social.....	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DL	Divisão de Levantamento
DPI	Divisão de Processamento de Imagens
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LEGAL	Linguagem Espacial para Processamento Algébrico
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PI	Plano de Informação
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SIGs	Sistema de Informações Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
TGS	Teoria Geral dos Sistemas
UTB	Unidades Territoriais Básicas
ZEE	Zoneamento Ecológico-Econômico

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Programação para a análise do grau de Vulnerabilidade/Estabilidade dos Solos.....	145
Apêndice B – Programação para a análise do grau de Vulnerabilidade/Estabilidade da Geomorfologia.....	147
Apêndice C – Programação para calcular a Vulnerabilidade média final, espacializar e fatiar a grade	149
Apêndice D – Programação para a análise do grau de potencialidade do Potencial Natural	152
Apêndice E – Programação para calcular Potencialidade média final, espacializar e fatiar a grade	155
Apêndice F – Programação para a Integração dos dados de Potencial Social e de Vulnerabilidade Natural	157

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	29
1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	33
1.1 Contribuições da Cartografia Ambiental na Geografia	33
1.1.1 A Cartografia na Geografia	33
1.1.2 A Cartografia Ambiental nos estudos da paisagem.....	35
1.1.3 Estudos da Paisagem e a Teoria Sistêmica.....	40
1.1.4 A representação cartográfica das unidades de paisagem.....	42
1.1.5 Zoneamento Ecológico-Econômico	45
1.2 Contribuições das Geotecnologias nos estudos ambientais	46
1.2.1 Geoprocessamento e os Sistemas de Informações Geográficas	46
1.2.2 Representação e Formatos de Dados em SIG.....	49
1.2.3 Álgebra de Mapas	50
1.2.4 Sensoriamento Remoto.....	52
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	55
2.1 Contexto regional.....	55
2.2 Localização geográfica municipal	57
2.3 População e Economia	57
2.4 Clima e Hidrografia	59
2.5 Geomorfologia e Geologia.....	60
2.6 Vegetação.....	60
3 MATERIAIS E MÉTODO	63
3.1 Materiais.....	63
3.1.1 Material cartográfico	63
3.1.2 Dados orbitais	63
3.1.3 Mapas temáticos	64
3.1.4 Dados socioeconômicos	64
3.1.5 Definição dos equipamentos e aplicativos.....	64
3.2 Método	65
3.2.1 Nível Compilatório	67
3.2.1.1 Coleta de dados.....	67
3.2.1.2 Criação do banco de dados no SIG.....	68
3.2.1.3 Base Cartográfica	68
3.2.1.4 Mapas Temáticos.....	68
3.2.1.5 Processamento Digital de Imagem	69
3.2.2 Nível Correlatório.....	72
3.2.2.1 Avaliação da Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo	72
3.2.2.2 Unidades Territoriais Básicas	74
3.2.2.3 Álgebra de Mapas	76
3.2.2.4 Solos	78
3.2.2.5 Geomorfologia.....	79

3.2.2.6 Geologia.....	84
3.2.2.7 Uso e Ocupação da Terra.....	85
3.2.2.8 Trabalho de Campo.....	88
3.2.2.9 Mapa de Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo.....	90
3.2.2.10 Avaliação da Potencialidade Social e Econômica.....	92
3.2.2.11 Setores Censitários.....	93
3.2.2.12 Potencial Natural.....	94
3.2.2.13 Potencial Humano.....	96
3.2.2.14 Potencial Produtivo.....	98
3.2.2.15 Potencial Institucional.....	99
3.2.2.16 Mapa de Potencial Social.....	101
3.2.3 Nível Semântico.....	102
3.2.3.1 Mapa das Unidades de Paisagem.....	103
3.2.4 Nível Normativo.....	104
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	105
4.1 Cartografia Analítica: análise e interpretação dos aspectos ambientais.....	105
4.1.2 Solos.....	105
4.1.3 Geomorfologia.....	107
4.1.4 Geologia.....	109
4.1.5 Uso e Ocupação da Terra.....	111
4.1.6 Mapa de Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo.....	114
4.2 Cartografia Analítica: análise e interpretação dos aspectos sociais.....	116
4.2.1 Potencial Natural.....	116
4.2.2 Potencial Humano.....	118
4.2.3 Potencial Produtivo.....	120
4.2.4 Potencial Institucional.....	122
4.2.5 Mapa de Potencial Social.....	124
4.3 Cartografia de Síntese.....	127
4.3.1 Mapa das Unidades de Paisagem.....	127
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	131
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135
APÊNDICES.....	145

INTRODUÇÃO

Atualmente, as questões ambientais se tornaram objeto de estudo de muitas pesquisas e de discussões na sociedade, devido, principalmente, à realidade das condições ambientais e da qualidade de vida das pessoas. Com o desenvolvimento acelerado do processo produtivo, a exploração dos recursos naturais passou a se dar em grande intensidade e, conseqüentemente, surgiram preocupações referentes à problemática do equilíbrio ambiental, da conservação e preservação dos ambientes, e de seu manejo adequado.

Mundialmente, um dos principais marcos históricos, com relação às questões ambientais, foi a I Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, no ano de 1972. Nesse evento, reconheceu-se a importância do gerenciamento ambiental, assim como do uso da avaliação ambiental como um instrumento de gestão, ressaltando a necessidade de efetivar medidas de controle dos fatores que causam a degradação ambiental. Enfatiza-se ainda, em nível mundial, a II Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano (Rio 92) realizada no Rio de Janeiro, com o objetivo de alcançar acordos internacionais que respeitassem o interesse de todos e a integridade do ambiente e do desenvolvimento global, bem como o Protocolo de Kyoto, em 1997, visando à redução da emissão dos gases que provocam o efeito estufa.

No Brasil, pode-se destacar a criação da Secretaria do Meio Ambiente em 1974, e também o sucessivo desenvolvimento de uma legislação ambiental em âmbito nacional, com destaque para a criação da Política Nacional do Meio Ambiente em 1981, a qual instituiu o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Políticas de planejamento ambiental e de desenvolvimento sustentável passaram a ser adotadas tanto pelos Estados quanto pelos Municípios, ainda que de forma insipiente, mas com vistas a um planejamento integrado às questões ecológicas, físicas e sociais, abrangendo o todo de um sistema. Apesar dessas ações e reflexões, o modelo de desenvolvimento adotado transformou a questão urbana no principal problema sócio-ambiental do país (RUDEK; MUZZILLO, 2007).

Neste sentido, a análise ambiental, ferramenta de apoio às decisões, é um instrumento de investigação interdisciplinar muito importante que visa à superação da dicotomia entre o físico e o humano, da natureza e da sociedade. Com sua perspectiva integradora, possibilita o real fornecimento de informações indispensáveis às decisões político-administrativas referentes aos recursos naturais e a quem deles faz uso.

Desta maneira, os estudos sobre o meio ambiente, com o objetivo de compreender as relações entre a sociedade e a natureza de forma integradora, holística, precisam se preocupar não somente no levantamento de problemas ambientais causados pela sociedade e como solucioná-los, mas também no estudo do grau de fragilidade dos diversos ambientes às interferências antrópicas (LIMA; MARTINELLI, 2008). Destaca-se ainda que a intervenção humana no ambiente provoca consideráveis mudanças nos elementos que constituem a paisagem, alterando assim sua dinâmica. Inúmeros problemas ambientais são decorrentes das ações antrópicas, e, quanto maior a complexidade das relações sociais, maior será a necessidade da utilização dos recursos naturais e, conseqüentemente, as degradações ambientais.

Diante disso, a ciência geográfica, na sua preocupação em analisar os processos sociais e sua relação com a natureza, está desenvolvendo diversas pesquisas voltadas ao meio ambiente. Os geógrafos, com sua visão holística, conseguem desenvolver análises integradas do meio com vistas a ações de planejamento e gestão do território. Com isso, para retratar e investigar a distribuição espacial dos fenômenos naturais e culturais, suas relações e suas mudanças através do tempo, eles buscam, na Cartografia, a representação geográfica da dinâmica do meio ambiente.

A Cartografia Ambiental, como seguimento específico da Cartografia Temática, procura representar graficamente as complexas relações existentes entre o meio abiótico e biótico, onde está incluído o homem, ser social, dando origem às cartas ambientais que servem, principalmente, de base para verificação e reflexão das questões do ambiente, onde está presente a sociedade (SOUSA, 2009). A análise dos diferentes elementos ou dados geográficos apresentados por meio da Cartografia Ambiental está inserida, de acordo com Martinelli e Pedrotti (2001), dentro de uma proposta de Cartografia crítica, onde se tornam evidentes os processos desencadeadores da dinâmica da sociedade e natureza de uma determinada realidade espaço-temporal.

Neste sentido, visou-se investigar e analisar os componentes naturais e sociais que perfazem a realidade do município de Barão de Cotegipe, Rio Grande do Sul (RS), com vistas na representação das informações sob a óptica da Cartografia Ambiental. É de suma importância disponibilizar para a sociedade um trabalho cartográfico que integre as relações entre a sociedade e a natureza, podendo assim ser fonte de consulta, meio de análise e instrumento para ações de planejamento e gestão ambiental a serem implementadas junto ao Plano Ambiental Municipal de Barão de Cotegipe.

A área de estudo se localiza ao norte do estado do Rio Grande do Sul e compreende um território de aproximadamente 260 km² (Figura 1).

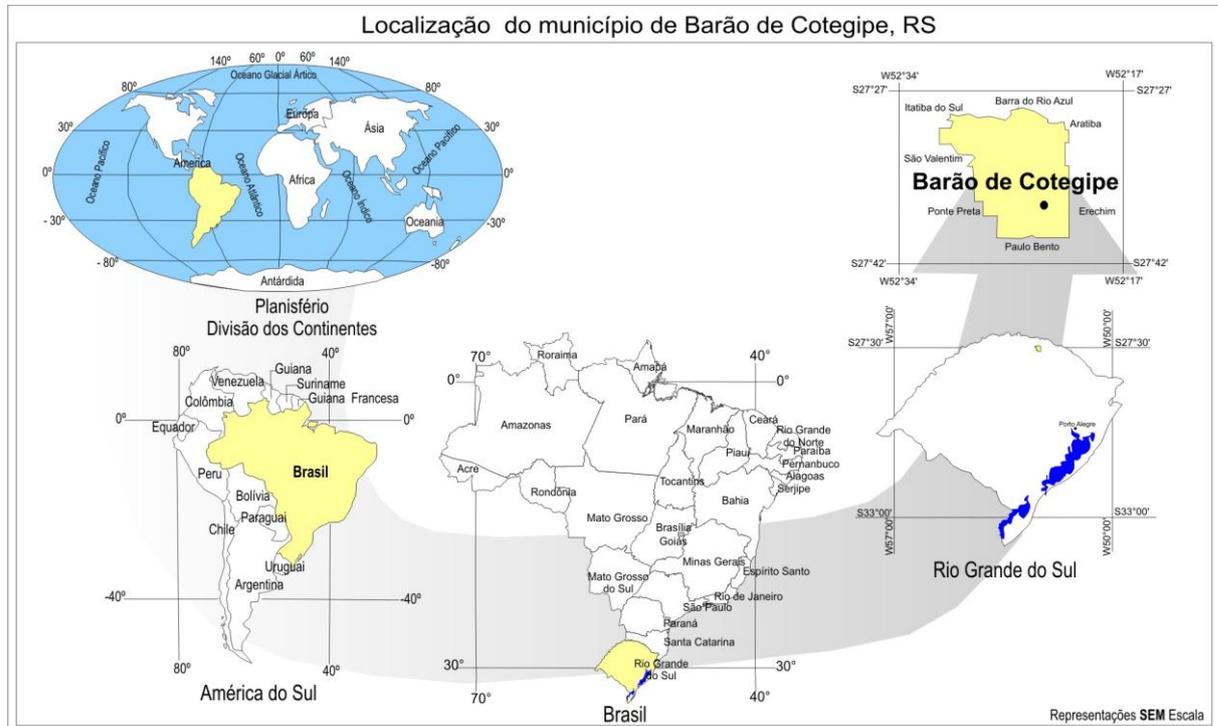


Figura 1 – Localização do município de Barão de Cotegipe/RS.

Fonte: Adaptado de Moreira (2009).

O interesse pela temática ambiental no Município deve-se, sobretudo, aos problemas ambientais oriundos especialmente da atividade agrícola, que se refletem tanto no campo como na cidade. Impactos ambientais, tais como: a redução da biodiversidade, a erosão dos solos e sua contaminação química e biológica, a poluição e assoreamento dos rios, a depredação das matas ciliares, a drenagem de banhados, entre outros, ocasionam alterações das condições ecológicas, como consequência do próprio bem estar da população e da qualidade do ambiente.

Além disso, de acordo com o Plano Ambiental Municipal, as áreas de preservação permanente e de reserva legal, que deveriam estar sendo preservadas e/ou protegidas, estão sendo ocupadas com lavouras e pastagens. Tal situação resulta no assoreamento dos mananciais hídricos, na diminuição da fauna silvestre e/ou da biodiversidade local. O uso

inadequado de agrotóxicos nas lavouras é outra realidade que ocasiona a contaminação dos solos e dos corpos d'água. Além disso, a criação de animais no município, aves, suínos e gado de leite, cresceu nos últimos anos, conseqüentemente se deu um aumento na produção de dejetos, que merecem atenção especial quanto ao seu tratamento adequado e ao seu uso como adubo orgânico.

No meio urbano, a ocupação desordenada do espaço, bem como os aglomerados humanos sem o mínimo de saneamento básico e o aumento de resíduos sólidos e industriais, também provocam danos consideráveis ao meio ambiente e comprometem a sustentabilidade dos ecossistemas, trazendo grandes prejuízos à vida saudável (FERRON; POMMER, 2010).

Diante desse contexto, esta pesquisa teve como objetivo geral analisar o espaço geográfico de Barão de Cotegipe, RS, com ênfase nos componentes físicos e sociais representados por meio da Cartografia Ambiental, e identificar as diferentes unidades de paisagem visando fornecer subsídios para o planejamento e gestão municipal. Além disso, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar e diagnosticar as potencialidades e fragilidades do ambiente, e representá-las no mapa de vulnerabilidade natural à perda do solo;
- Analisar os dados sociais de acordo com o potencial natural, humano, produtivo e institucional, e representá-los no mapa de potencialidade social;
- Integrar os mapas de vulnerabilidade natural à perda de solo e o mapa de potencialidade social em um mapa síntese, identificando as unidades de paisagem por meio da análise integrada e sob a óptica da Cartografia Ambiental.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Contribuições da Cartografia Ambiental na Geografia

Uma reflexão preliminar sobre a Cartografia na Geografia, especialmente da Cartografia Ambiental, no estudo e análise da paisagem, norteadas pela teoria sistêmica, bem como da representação cartográfica das unidades de paisagem, faz-se necessária para poder compreender melhor a temática de estudo proposta.

1.1.1 A Cartografia na Geografia

A história da Cartografia tem seu início desde os tempos mais remotos, quando o homem passou a registrar aspectos de sua vida social na superfície terrestre. O homem transmitia suas idéias do espaço geográfico, por meio de informações orais e/ou desenhos, no sentido de localizar os lugares e relatar os fatos, o que ocasionou o surgimento dos primeiros registros cartográficos, ou seja, os mapas (CIROLINI, 2008).

Um dos primeiros registros cartográficos é o mapa sumério de Ga-Sur, esculpido em uma tábua de argila entre 3600 a.C. e 2500 a.C., proveniente da antiga Mesopotâmia, exemplificando a conexão existente entre Cartografia e Geografia. A arte cartográfica representa um vale fluvial, com os rios Tigre e Eufrates, circundado a leste pelas elevações montanhosas denominadas de Montes Zagros. Essa descrição gráfica do ambiente, apesar de servir essencialmente para a localização e a planificação de operações militares, é um dos primeiros exemplos de representação do espaço real.

De acordo com Sousa (2009), a afirmação da Cartografia se deu em meio a uma relação dialógica com a emergente ciência geográfica e ante a necessidade de se compor um instrumental para a compreensão e controle do espaço, principalmente, a partir da sistematização da Geografia, que se constituiu como ciência, com objeto e método de estudo definidos. A crescente utilização de mapas, para apoiar estudos de diferentes áreas do conhecimento, possibilitou o desenvolvimento e o avanço da Cartografia geográfica.

Os mapas acompanharam o progresso do conhecimento humano sobre o território, bem como a evolução das técnicas com os modos de mapear. Para Girardi (2007, p. 52), mapas únicos, tais como os portulanos, “mapas impressos e depois coloridos manualmente, a descrição ou toponímia que passam a acompanhar os signos gráficos, de maior ou menor precisão, recolocam a humanidade perante outra maneira de pensar o mundo”. Esses mapas redesenham não só o mundo físico, mas as relações sociais que se apresentam no espaço geográfico.

O homem passa então a utilizar a elaboração de mapas como meio de materialização de seus conhecimentos sobre a superfície terrestre, tendo como finalidade principal avaliar, administrar e racionalizar o uso do espaço geográfico circundante (DUARTE, 2006). Os mapas, portanto, representam o que é geográfico, ou seja, uma representação simbólica da Geografia (MARTINELLI, 2011). Já, para Oliveira (1983) estes são a representação gráfica, geralmente de uma superfície plana e em determinada escala, das características naturais e artificiais terrestres ou subterrâneas ou ainda de outro planeta. Eles são frutos da ciência cartográfica, parte fundamental da Geografia, que se destinam a expressar fatos e fenômenos observados na superfície da Terra, através de simbologia própria.

Kitchin (2008), por sua vez, destaca que os mapas resultam de processos e, por isso, são mutáveis, isto é, podem ser refeitos de acordo com as necessidades de representar o mundo. Para o autor, os mapas surgem em determinados contextos por meio da combinação de práticas criativas e reflexivas. Os mapas desempenham, deste modo, um papel significativo na representação das informações, dependendo das respostas que são dadas a eles (WOOD; FELS, 2008). Para Ramos (2005), os mapas contribuem para a interpretação e análise da dinâmica espacial, pois possibilitam a visualização e a comunicação cartográfica com os fenômenos, ocupando um importante lugar entre os recursos de que a civilização moderna se utiliza para difundir o conhecimento a respeito da superfície terrestre.

Deste modo, a ciência cartográfica busca, por meio de uma série de operações, representar a organização do espaço, seja ele terrestre ou não, através de mapas, cartas e plantas. De acordo com a Associação Cartográfica Internacional, a Cartografia pode ser definida como:

Conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, baseado nos resultados de observações diretas ou da análise de documentação, com vistas à elaboração e preparação de cartas, planos e outras formas de expressão, bem como sua utilização (DUARTE, 2006, p. 15).

Segundo Rosa (2004), Cartografia é ciência porque, para alcançar exatidão, depende basicamente da astronomia, geodésia, matemática e também arte, visto que é subordinada às leis da estética, simplicidade, clareza e harmonia. Diante disto, é importante ressaltar que a Cartografia é uma ciência fundamental no estudo e representação em mapas dos componentes naturais e sociais do espaço geográfico, apresentando-os como conjuntos espaciais organizados. Salienta-se ainda que todo trabalho cartográfico manifesta a ciência e a arte, e possui um papel indispensável no auxílio aos mais variados campos de conhecimento, pois pode revelar diferentes visões do mundo e, por possuírem um simbolismo próprio, os mapas são instrumentos de compreensão e controle do espaço.

Esta ciência, bem como seus produtos cartográficos, tem evoluído significativamente com a introdução de novas tecnologias de mapeamento. No entanto, os aspectos quantitativos e qualitativos permanecem. O aspecto quantitativo, considerando características, tais como escala e precisão, é levado em conta quando se trata da definição e classificação dos dados cartográficos, sendo que o aspecto qualitativo é levado em consideração, pois apresenta o tipo de informação que se quer transmitir, qual seu propósito e por quem é produzido (OLIVEIRA, 1988).

No contexto atual, a Cartografia, seja analógica ou digital, proporciona à Geografia e a outras ciências a síntese dos fenômenos naturais ou artificiais, sendo capaz de demonstrar as relações que habitam no espaço geográfico. À Geografia cabe estudar, explicar, descrever e analisar o espaço natural e aquele produzido e transformado pelo homem. A Cartografia, por sua vez, está incumbida de aliar a correta apreensão e representação das várias relações e contradições entre os elementos sociais e naturais, originando produtos que não sejam mera ilustração da realidade, mas que estejam repletos de informações, auxiliando na análise crítica do mundo vivido (SOUSA, 2009).

1.1.2 A Cartografia Ambiental nos estudos da paisagem

A afirmação da Cartografia como ciência, nos séculos XIX e XX, passou por avanços científicos, tecnológicos e didáticos. Neste contexto, desenvolveu-se um setor específico da Cartografia: a Cartografia Temática, que se preocupa mais com a representação de temas específicos, enquanto a Cartografia de Base ou Topográfica tem como objetivo principal o mapeamento exato e detalhado da superfície ou parte dela.

Diante disto, a Cartografia Temática pode ser entendida como um conjunto de preocupações ou operações que visam a representar graficamente um conjunto de dados em certa área (SANCHES, 1981). Segundo Martinelli (2011), a Cartografia Temática, da mesma forma que a representação gráfica geral, tem a função de registrar, tratar dados e comunicá-los, com o propósito de revelar o conteúdo da informação.

A partir do século XX, a Cartografia recebeu um grande estímulo com a introdução de ferramentas computacionais, gerando uma verdadeira revolução nas técnicas cartográficas, passando-se da caneta à tinta nanquim, para o mouse do computador (LE SANN, 2005). A utilização de fotografias aéreas e imagens de satélite se transformaram em facilitadores na elaboração de mapas. Na atualidade, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) emergiram com a capacidade de armazenar, analisar e localizar espacialmente fenômenos, contribuindo significativamente para o avanço de pesquisas, com destaque para as questões ambientais.

A Cartografia Ambiental, um setor particular da Cartografia Temática, busca a representação da realidade numa visão holística, integrando a natureza e a sociedade. De acordo com Ferreira (1997), a Cartografia Ambiental ou a Cartografia das Unidades de Paisagem pode ser concebida como uma Cartografia Ambiental de Síntese, uma vez que as paisagens se comportam como geossistemas dotados de morfologia, funcionamento e comportamento.

A Cartografia Ambiental é tão antiga quanto a Cartografia Temática e surgiu, de modo especial, para tratar de questões ambientais, tendo como resultado um mapa ambiental que

... es aquel que representa el medio ambiente o aspectos del mismo a partir de una integración parcial y, en última instancia, total de variables correspondientes a los componentes que contiene, con la intención seguramente irrealizable de llegar a una representación que sea expresión lo más fidedigna posible de esa entidad global llamada medio ambiente. En último término, pues, pretendería dar una visión sinóptica, global e completa de un espacio geográfico, vertebrando sus elementos físicos y humanos en base a las interrelaciones que les ligan y a su funcionamiento armónico (ALONSO, 2002, p. 51).

Assim, no seu desenvolvimento, utilizam-se os mapas analíticos, que abordam todos os componentes ambientais de forma integrada, e os mapas de síntese, de maior consonância, que visam representar a fusão dos mapas analíticos em conjuntos espaciais característicos, fornecendo a dinâmica necessária à Cartografia Ambiental, permitindo a compreensão e a visualização das interações do meio ambiente (ARCHELA et al., 2002).

A Cartografia Analítica, a partir de um levantamento físico e socioeconômico, permite ao “planejador analisar graficamente, todos os elementos necessários para a construção de cenários representativos de sua realidade, tais como: drenagem, geologia, pedologia, uso e ocupação do solo, entre outros” (ZACHARIAS, 2008, p. 49). Por conseguinte, a Cartografia de Síntese é a reprodução de um único mapa denominado de mapa-síntese, em que ocorre uma fusão dos mapas analíticos de um determinado conjunto espacial, permitindo a visualização da dinâmica ambiental em um único documento.

Desta maneira, o estudo das unidades de paisagem deve considerar os seus elementos interdependentes, pois:

... qualquer paisagem por mais simples que seja é sempre social e natural, subjetiva e objetiva, espacial e temporal, produção material e cultural, real e simbólica. Para sua completa apreensão, não basta a análise separada de seus elementos. É preciso compreender sua complexidade, que é dada pela forma, estrutura e funcionalidade (MARTINELLI; PEDROTTI, 2001, p. 41).

Os mapas de síntese podem ser considerados os mapas de sensibilização aos problemas ambientais, destinados não somente à conscientização do estado da dinâmica ambiental, mas para subsidiar as ações e decisões no planejamento territorial. Assim, a importância de um mapeamento cartográfico da realidade é notória, visto que estas representações constituirão a base de projetos e ações ambientais.

Na Geografia, a Cartografia de Síntese não é algo recente, tendo surgido, entre o fim do século XIX e início do XX, com Vidal de La Blache e a escola francesa, para explicar o estudo e a representação da paisagem. No mapeamento de síntese, não há sobreposição ou justaposição das informações espaciais, mas a fusão delas em diferentes tipologias, classificadas em unidades taxonômicas (ZACHARIAS, 2010). Ainda, segundo a autora, na elaboração de mapas por temas até no mapa de síntese, resultado da integração das informações, é possível ordenar as diferentes escalas taxonômicas da paisagem (Figura 2).

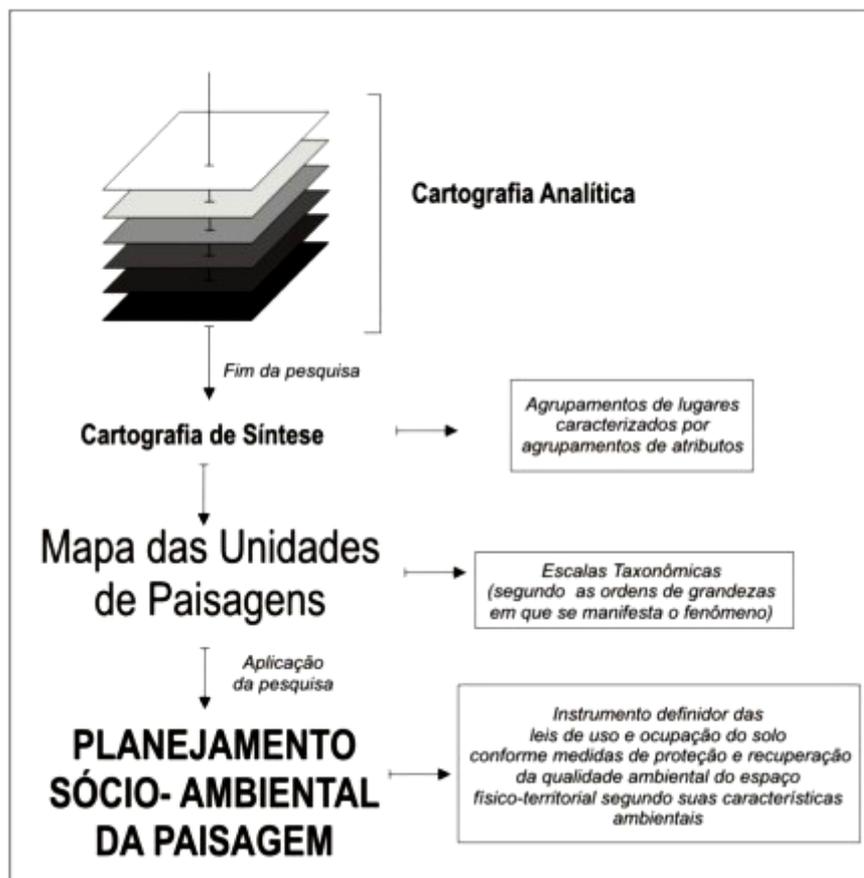


Figura 2 – Etapas da Cartografia Analítica e de Síntese para elaboração do Mapa das Unidades de Paisagem.

Fonte – Zacharias (2008).

Apesar de a Cartografia Ambiental ter proporcionado diversos níveis de análise e conhecimento acerca dos estudos ambientais, ela se apresenta como um desafio, pois, de acordo com Martinelli (1994), talvez ainda não tenha atingido sua plena sistematização, carecendo de esforços para estabelecer uma metodologia para sua consolidação. Welter (2006) e Sousa (2009), em suas pesquisas, destacaram cinco principais propostas metodológicas para a Cartografia Ambiental guiadas pelos pesquisadores Paul Ozenda, André Journaux, Jean Léon Trançoise Tricart, Helmut Troppmair e Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro.

A proposta do biólogo Ozenda (1964) centra-se na passagem de uma Cartografia simples para uma mais complexa. Para elaboração do mapa de vegetação, o suporte de sua metodologia, utilizam-se os chamados mapas ecológicos com a distribuição dos animais e das

plantas em relação ao meio em que estão inseridos e, no final, apresenta-se a participação da ação antrópica. Corroborando com a metodologia, Raveneau (1989) destaca o valor do mapa como meio de analisar o ambiente natural, podendo expressar mais informações do que o próprio texto.

Na proposta do geógrafo francês André Journaux (1915 – 2006), presume-se a elaboração de três níveis de mapas distintos: mapas de análise, com a finalidade de representar elementos e processos simples que são observados no ambiente; mapas de sistemas, visando cartografar as associações de elementos ou de processos para definir sistemas e representar mapas de aptidão ou de potencialidades; e os mapas de síntese, com a finalidade de sensibilizar sobre os problemas ambientais e favorecer a tomada de decisões na gestão e planejamento territorial (JOURNAUX, 1985 apud WELTER, 2006). O resultado de sua aplicação é um mapa síntese com a legenda dividida em duas partes: a primeira relacionada aos dados do meio ambiente, e a segunda à dinâmica do meio ambiente, devendo ser acompanhado de um memorial descritivo (ROSELÉM; ARCHELA, 2008).

O geógrafo francês Jean Tricart, norteado pela abordagem sistêmica, dedicou-se a estudar os fluxos de matéria e energia existentes nos fenômenos e em suas relações objetivando identificar a influência antrópica sobre o meio. Em seu documento cartográfico, denominado de Carta Ecodinâmica, deixa evidente a relação do meio ambiente e do homem e, segundo o autor, “visa definir a inserção das intervenções de um ponto de vista dinâmico, evolutivo e, assim, fornecer elementos de apreciação para a interferência dessas intervenções” (TRICART, 1977, p. 89).

Helmut Troppmair utiliza em sua proposta os conceitos de ecossistemas e geossistemas, posto que se propôs a elaborar o mapa dos ecossistemas e geossistemas do estado de São Paulo, delimitando 15 geossistemas. De acordo com sua metodologia, na elaboração de mapas ambientais, o mapeamento poderá ser realizado inicialmente com base em imagens de satélite, e, em seguida, serão definidas as categorias dos ecossistemas e geossistemas, sendo que o mapeamento e análise podem ser realizados em macro, meso e microescala (TROPPMAIR, 1983).

E, finalmente, a proposta de Monteiro, inicialmente descrita em 1987 e posteriormente em sua obra *Geossistemas: a história de uma procura*, buscou retratar, na elaboração do mapa da qualidade ambiental, sob a abordagem sistêmica e integrada, a relação sociedade versus natureza utilizando como referencial teórico o conceito de geossistema (MELO, 2004). Em seu roteiro metodológico, identificam-se três etapas: na primeira, a etapa de análise, ocorre a conexão dos elementos naturais e antrópicos; na segunda, a etapa de integração, há a

associação entre os usos, recursos e problemas e, na etapa final, a de síntese, definem-se as unidades homogêneas.

Desta maneira, foram desenvolvidas diferentes metodologias na Cartografia Ambiental, porém todas apontam para a mesma direção, que é a síntese (do grego *synthesis*, significa composição, fusão) do todo observado, isto é, a união dos vários conteúdos dos elementos em análise num produto global que deverá compor o mapa ambiental (SOUSA, 2009). Assim, para o mapeamento das unidades de paisagem, nas pesquisas ambientais, faz-se necessário uma contextualização histórica da concepção da paisagem nos estudos geográficos, bem como de suas formas de representação espacial.

1.1.3 Estudos da Paisagem e a Teoria Sistêmica

Desde o século XIX, os naturalistas e os exploradores já percebiam a sua realidade concreta como paisagem, ou seja, a relação dos diversos aspectos da natureza entre si eram identificados pela noção de unidade espacial. O grande naturalista, Alexandre Von Humboldt, destacava a fisionomia da vegetação como essencial para a caracterização de uma paisagem (MARTINELLI; PEDROTTI, 2001; ZACHARIAS, 2010). As pesquisas e análises geográficas, neste período, passaram a abordar, sobretudo, o conceito de região natural e seu aspecto natural, porém não abordando o caráter dinâmico da paisagem.

Somente no século XX, em decorrência das influências naturalistas, as pesquisas geográficas passaram a desenvolver o estudo dinâmico da paisagem sob o enfoque das abordagens sistêmicas, com destaque para o trabalho do geógrafo Carl Sauer. Para Sauer (1925 apud Zacharias, 2010), a paisagem surgia como resultado da combinação dos elementos materiais com os recursos naturais disponíveis em um lugar, juntamente com as obras humanas e culturais. Assim sendo, o termo “paisagem” é utilizado para definir o conceito de unidade da geografia, ela pode ser “definida como uma área composta por uma associação distinta de formas, ao mesmo tempo físicas e culturais” (SAUER, 1998, p. 23).

A paisagem, portanto, não é essencialmente natural, mas integradora, de dimensão global, sendo que em sua totalidade é concreta e permite integrar objetos e ações no mundo em movimento. As relações do homem com o meio natural, desde as mais simples até a dominação, permitiram uma artificialização da natureza. Com as mudanças nas relações de espaço e tempo, avançou-se para o meio técnico-científico-informacional, e a paisagem, por

sua vez, tornou-se mais científica e técnica, ao passo que o espaço tornou-se informacional (SANTOS, 1994, 1996).

O estudo da paisagem em sua complexidade compreende aspectos naturais, sociais e culturais. Zacharias (2010, p. 54) destaca que Sauer, em sua publicação de 1925, “já apontava que o conteúdo da paisagem surgia como o reflexo da combinação dos elementos materiais com os recursos naturais disponíveis em um lugar, mais as obras humanas e os grupos culturais que utilizaram esses recursos e viveram nesse lugar”. Aprofundando essa ideia, Rodrigues (2003) salienta que, na paisagem, os seus traços e configurações se revelam por meio de três níveis: a paisagem natural (natureza), a paisagem social (sociedade) e a paisagem cultural (transformações temporo-espaciais).

Dentro da abordagem ambiental, a Geografia buscou diferentes teorias, paradigmas e procedimentos metodológicos com o propósito de promover uma discussão a respeito da paisagem e, conseqüentemente, de compreender sua dinâmica. Nas propostas metodológicas de sistematização da Cartografia Ambiental, o estudo da paisagem passou a integrar a abordagem sistêmica e, com isso, a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) possibilitou a análise geográfica e espacial.

Inicialmente, em 1968, a Teoria foi formalizada por Ludwig Von Bertalanffy, e, posteriormente, por Chorley & Kennedy (1971, apud MARQUES NETO, 2008), de modo que se difundiu na Geografia um olhar sobre a paisagem a partir da abordagem sistêmica. Para os autores, o funcionamento dinâmico da paisagem se processa a partir de sistemas abertos, onde ocorre a troca de matéria e energia com o exterior, isto é, uma retroalimentação dos sistemas.

Com a influência da TGS, o russo Sotchava e, mais tarde, Bertrand desenvolveram o paradigma geossistêmico. Sotchava (1977) destaca que, embora os geossistemas sejam considerados fenômenos naturais, eles devem ser estudados à luz dos fatores econômicos e sociais que influenciam sua estrutura. Bertrand (2004)¹ enfatiza ainda que a classificação dos geossistemas deve ser proposta em função de sua escala tempo-espacial, e, deste modo, haveriam unidades superiores, compatíveis com as zonas, domínios, ou regiões naturais e unidades progressivamente inferiores, que definiriam os geossistemas, geofácies e os geótopos.

De acordo com Troppmair e Galina (2006, p. 81), o “geossistema é um sistema natural, complexo e integrado onde há circulação de energia e matéria e onde ocorre exploração biológica, inclusive aquela praticada pelo homem”. Ainda segundo esses autores,

¹ Trabalho publicado, originalmente, na “Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest”, Toulouse, v. 39 n. 3, p. 249-272, 1968, sob título: Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique.

a estrutura, as inter-relações e a dinâmica, que ocorrem em um geossistema, produzem a feição, a fisionomia daquele espaço, que é a própria paisagem vista como sistema, como unidade real e integrada.

Rodrigues (2001) afirma que a teoria geossistêmica faz parte de um conjunto de tentativas e reformulações teórico-metodológicas da Geografia Física provenientes da necessidade de lidar com os princípios da interdisciplinaridade, síntese, com a abordagem multiescalar e com a dinâmica. Para Zacharias (2008), os geossistemas surgiram para analisar a paisagem pelas escalas taxonômicas, chegando-se a sua representação por meio da chamada cartografia das paisagens.

Tricart (1977) apresenta a cartografia da paisagem baseada em seu comportamento ecodinâmico e Zacharias (2006, p. 78) aponta que as “unidades de paisagem sejam apresentadas a partir dos diferentes graus de fragilidade dos ambientes naturais, face às intervenções do homem nos diversos componentes da natureza”. Neste sentido, a representação cartográfica das unidades de paisagem é de fundamental importância para o reconhecimento das unidades de paisagem, destacando-se aqui André Libault, o grande precursor da sistematização gráfica da paisagem, que propõe o mapa das unidades homogêneas, resultado síntese de seu comportamento dinâmico.

1.1.4 A representação cartográfica das unidades de paisagem

Os mapeamentos são representações de determinadas superfícies da Terra e de seus componentes naturais e artificiais, identificados e delimitados geograficamente. Os mapas permitem observar as localizações, os padrões de distribuição e as relações, entre os componentes distribuídos no espaço em diferentes escalas de abrangência. Eles devem, sobretudo, favorecer a síntese, a objetividade, a clareza da informação e a sistematização dos elementos a serem representados.

De acordo com Zacharias (2008), os mapas temáticos, quando correspondem a essas características, podem ser os melhores instrumentos de comunicação entre planejadores e atores sociais do planejamento, devido a sua possibilidade de fornecer a leitura espacial, interpretação e conhecimento das potencialidades e fragilidades das paisagens, por meio de representação gráfica e visual.

Na Cartografia da Paisagem, o pesquisador deve avaliar as categorias de análise da Cartografia com vistas a evitar “ruído” na comunicação da informação. Assim, as quatro categorias de análise: delimitação da área de estudo, escalas geográficas e cartográficas, tratamento gráfico e visual da informação, e a Cartografia de Síntese (ZACHARIAS, 2008; ZACHARIAS et al., 2009), permitem nortear a pesquisa e as representações do cenário real para o gráfico.

Vale ressaltar que o tratamento gráfico e visual da informação, em um mapeamento temático, tem como função, além de descrever a paisagem cartograficamente, registrar, tratar e comunicar visualmente a informação espacial. Segundo Martinelli (2011), a representação gráfica se constitui num meio de comunicação visual e social, através de uma linguagem gráfica, permitindo a comunicação entre a imagem e o seu leitor em um sistema denominado de semiológico monossêmico (sentido único), sem ambiguidades.

Para Jaques Bertin, cartógrafo colaborador da fundamentação teórica da visualização da informação, a imagem gráfica se constrói, é lida e interpretada de acordo com três instâncias: dois componentes de localização, ou seja, as dimensões do plano (latitude y e longitude x) e um componente de qualificação (z) identificado pelas seis variáveis visuais: tamanho, valor, granulação, cor, orientação e forma (LE SANN, 2005). De acordo com a informação a ser mapeada, que poderá apresentar diferentes características, essas variáveis poderão ser de pontos, linhas ou áreas (zonas), sendo assim denominados de modo de implantação.

Na transcrição gráfica e visual, a representação tem por objetivo transcrever quatro relações fundamentais existentes entre os objetos representados no mapa: a percepção quantitativa (Q) em que a relação de proporção é imediata, a percepção ordenada (O) em que há uma taxonomia e hierarquia visual, a percepção seletiva (\neq) em que o olho consegue isolar os elementos e a percepção associativa (\equiv) onde a visibilidade é constante, isto é, se forem afastadas, as categorias continuam sendo identificadas (BERNASK; WATZLAWICK, 2007; MARTINELLI, 2011). A figura 3 apresenta as variáveis visuais, suas propriedades e os modos de implantação.

Variáveis visuais	Propriedades			Modos de implantação							
				Ponto			Linha		Área		
Tamanho	Q	○	≠	●	●	●	—	—	—	—	—
Intensidade (valor)		○	≠	●	●	●	—	—	—	—	—
Granulação		○	≠	≡	▨	▨	▨	—	—	—	—
Cor			≠	≡	●	●	●	—	—	—	—
Orientação			≠	≡	▮	▮	▮	—	—	—	—
Forma			≠	≡	■	●	▲	—	—	—	—
(Q) Quantitativa (O) Ordem (≠) Seletiva (≡) Associativa											

Figura 3 – Variáveis visuais, suas propriedades e modos de implantação.

Fonte – Cardoso (1984).

Em função disso, as representações gráficas e visuais devem ser as mais adequadas possíveis, permitindo uma fácil compreensão do leitor. Deve-se tomar cuidado na elaboração de mapas para *ver*, cuja percepção é quase imediata, e mapas para *ler*, que requerem mais atenção. Essa síntese de pensamento foi relatada por Bertin (1988), segundo o autor, os mapas para *ler* são construídos por superposição de atributos em um mesmo mapa, já os mapas para *ver* representam uma coleção de mapas, em que cada um representa um atributo.

Deste modo, a representação gráfica das informações espaciais na Cartografia com simbologia própria visa compreender e comunicar suas observações ao leitor, de modo que a informação transcrita graficamente traduza o pensamento (CASTRO, 2007). A comunicação cartográfica, no entanto, ocorre com a linguagem cartográfica, sendo construída com base nas capacidades e limitações de nossa percepção visual (SLUTER, 2008). Contudo, a visualização e comunicação cartográfica são possíveis quando o redator consegue transmitir ao usuário, por exemplo, o conhecimento espacial de uma paisagem, representado graficamente de maneira interativa.

1.1.5 Zoneamento Ecológico-Econômico

O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) foi idealizado, a partir de 1980, como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938/1981), com o objetivo de preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental propícia à vida. Este instrumento foi regulamentado pelo decreto federal nº 4.297/2002, e, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2012), o ZEE tem como objetivo viabilizar o desenvolvimento sustentável, a partir da compatibilização do desenvolvimento socioeconômico com a conservação ambiental. Assim, para que ocorra a sua implementação, é necessário realizar um diagnóstico dos meios físico-biótico, socioeconômico e jurídico-institucional e, a partir desses, de modo integrado, estabelecer os cenários para cada unidade territorial (zona) identificada.

O Zoneamento Ecológico-Econômico pode ser entendido como um “instrumento técnico e político de planejamento das diferenças, segundo critérios de sustentabilidade, de absorção de conflitos e de temporalidade, configurando um processo dinâmico, que deve ser revisto e atualizado periodicamente” (MEDEIROS, 1999, p. 3). Esse instrumento visa expressar o resultado de dois processos dinâmicos que integram o território: os processos naturais, compreendidos como sendo aqueles parâmetros geobiofísicos que compõem o ambiente, e os processos sociais, que dizem respeito à dinâmica sócioeconômica e aos objetivos políticos (CAMPAGNANI; SANTOS, 1998).

Conforme os autores, o ZEE apresenta informações sobre o território necessárias para planejar a sua ocupação racional e o uso sustentável dos recursos naturais, integradas em uma base geográfica de dados. Além disso, é possível identificar áreas do território, segundo potencialidades e vulnerabilidades, fundamentais para o processo de compreensão do cenário atual, integrando políticas públicas e colaborando para o processo de tomada de decisões para ordenamento do território.

Nesse sentido, metodologias foram desenvolvidas visando à elaboração deste instrumento de planejamento e gestão, destacando-se a metodologia para o ZEE, desenvolvida e aplicada inicialmente à Amazônia Legal. Essa proposta visava integrar aspectos naturais, por meio da avaliação da vulnerabilidade da paisagem natural, e aspectos sociais e econômicos, considerando a potencialidade social.

De acordo com Becker e Egler (1996), a carta de vulnerabilidade natural, baseada no princípio da ecodinâmica de Tricart (1977), considera os processos de morfogênese e

pedogênese a partir da análise integrada (solo, rocha, vegetação). Já, a carta de potencialidade social considera a relação entre os fatores dinâmicos e os fatores restritivos de acordo com os dados econômicos, sociais e políticos. A integração de ambas as cartas resulta em uma carta-síntese de acordo com a potencialidade ou vulnerabilidade da paisagem.

Em outra aplicação da metodologia de ZEE ao Médio Vale Paraíba do Rio de Janeiro, destacando as considerações acima, Simões et al. (1998, p. 4) salienta que “o conhecimento da vulnerabilidade natural é fundamental para prever o comportamento futuro dos sistemas naturais diante do processo de ocupação e adensamento da atividade social”. Além disso, enfatiza que “a análise da potencialidade social deve buscar identificar a capacidade das unidades territoriais em construir-se em espaços de mudança, isto é, gerar, difundir e absorver inovações que promovam o desenvolvimento endógeno...” (SIMÕES et al., 1998, p. 4).

Assim, justifica-se a necessidade de desenvolver estudos que analisem a paisagem sob o enfoque integrado, que priorizem a dinâmica da paisagem e representem cartograficamente os aspectos sociais e naturais, servindo como guias de orientação e implementação para planejadores municipais.

1.2 Contribuições das Geotecnologias nos estudos ambientais

É de suma importância destacar a presença e a contribuição das geotecnologias nos estudos ambientais, especialmente com relação às ferramentas e às técnicas de análise aplicadas no Geoprocessamento, nos Sistemas de Informações Geográficas e no Sensoriamento Remoto. Na visão de Buzai e Durán (1997), o espaço geográfico incorporado ao sistema computacional passa a um modelo do mundo real, onde os elementos e relações reais passam a ser elementos e relações representados.

1.2.1 Geoprocessamento e os Sistemas de Informações Geográficas

O avanço das ciências e das tecnologias no século XX propiciou, de modo significativo, o avanço de ferramentas para coleta, armazenamento, processamento e

apresentação de informações espaciais georreferenciadas. O desenvolvimento da tecnologia de processamento de dados geográficos, formando um elo entre a teoria e o conceito, passou a denominar-se de Geoprocessamento (ROCHA, 2000).

Conceitualmente, o Geoprocessamento pode ser definido como a disciplina que utiliza instrumentos e técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas, possibilitando a aferição das relações espaciais entre os diferentes dados (ROSA; BRITO, 1996; MOURA, 2003). As informações geográficas, por sua vez, consistem em informações quantitativas e qualitativas relativas a objetos e fenômenos físicos e humanos, distribuídos espacialmente na superfície terrestre (RIBEIRO, 2001).

Assim, no Geoprocessamento, a transferência das informações do mundo real para os sistemas computacionais é possível por meio de técnicas que estão interligadas com os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), com a Cartografia Digital e com o processamento digital de imagens e dados de Sensoriamento Remoto.

De caráter interdisciplinar, os SIGs começaram a ser desenvolvidos em meados da década de 1960, e suas principais aplicações nortearam os estudos em Cartografia, Geografia, Sensoriamento Remoto, Engenharia, Matemática e Estatística. Eles estão diretamente relacionados com os avanços na área da computação (TEIXEIRA; MORETTI; CRISTOFOLETTI, 1992; BARROS; BARROS; CAVIGLIONE, 2001). O desenvolvimento desta tecnologia resultou, sobretudo, do emergente interesse no manejo dos recursos naturais, no planejamento urbano e regional, na regulamentação de propriedades, na gerência dos serviços públicos, bem como de táticas militares (MIRANDA, 2005).

De acordo com Rosa e Brito (1996, p. 8), o SIG é um “sistema destinado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados referidos espacialmente na superfície terrestre”. Para Assad e Sano (1998), os SIGs são instrumentos computacionais que permitem a realização de estudos complexos ao integrar dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciados, tornando possível a automatização da produção de documentos cartográficos. Eles permitem a realização de transformações, análises e simulações com os dados, a fim de solucionar problemas complexos de planejamento e gerenciamento com finalidades específicas (RIBEIRO, 2001).

A utilização do SIG permite o desenvolvimento da análise de dados espaciais e, concordando com Silva (2003), oferece alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico. Além disso, os SIGs estão sendo utilizados pelas administrações públicas e privadas na tomada de decisões, com base no planejamento em suas diversas escalas (TRENTIN, 2007). Destacam-se também suas aplicações socioeconômicas, destinadas

ao planejamento ou exploração de um determinado espaço, englobando o uso da terra, a ocupação humana e as atividades econômicas (CÂMARA et al., 1996).

Deste modo, as principais características dos SIGs se resumem às possibilidades de:

- integrar, numa única base de dados, as informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e de cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos do terreno (MNTs);
- combinar as várias informações através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados;
- consultar, recuperar, visualizar e desenhar o conteúdo da base de dados geocodificados (ASSAD; SANO, 1998, p. 15).

Além disso, potencializam a aquisição de dados geográficos, bem como de sua apreciação, alcançando a integração de informações geográficas em vários níveis temáticos (RIBEIRO, 2001). Possibilitam ainda, de maneira integrada, a produção de mapas, o suporte para análise espacial de fenômenos e a criação de bancos de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial, por meio de sua arquitetura mostrada na figura 4.

Nos SIGs, os dados georreferenciados são armazenados em bancos de dados geográficos, visando o gerenciamento e execução de operações de consulta e atualização das informações. Date (2001) definiu-os como sendo uma coleção de dados operacionais armazenados, usados pelos sistemas de aplicação de uma determinada organização. Já, para Elmasri e Navathe (1994), um banco é uma coleção de dados relacionados.

Um banco de dados pode ser mantido manualmente ou por computador e sempre é sustentado com dados, com um propósito específico, ou seja, da mesma informação. Lisboa Filho e Iochpe (2001) sustentam que as informações armazenadas em um banco de dados devem respeitar as regras da aplicação, definidas pelas restrições de integridade, visando a manter o caráter operacional dos mesmos.

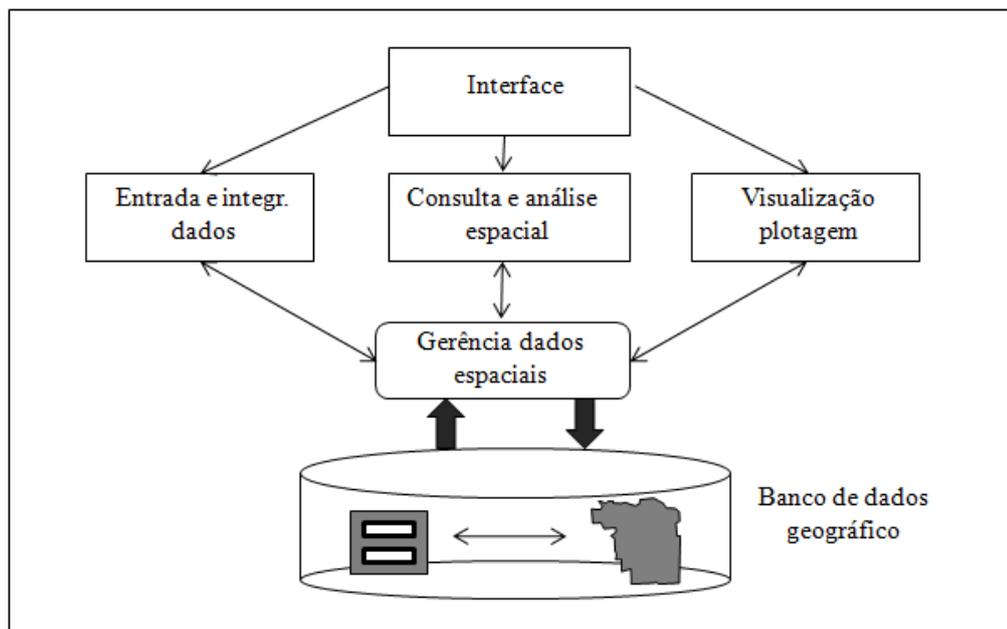


Figura 4 – Arquitetura dos Sistemas de Informação Geográfica.

Fonte – Modificado de Câmara et al. (2004).

1.2.2 Representação e Formatos de Dados em SIG

Os dados geográficos possuem dois formatos principais de representação geométricas no SIG: o matricial e o vetorial. De acordo com Câmara e Medeiros (1998a), o formato matricial é a representação de elementos ou objetos com base no uso de uma malha quadriculada regular, e o formato vetorial é a tentativa de reproduzir um elemento ou objeto o mais exato possível, por meio dos modos de implantação pontos, linhas ou áreas.

As informações geográficas contidas em um SIG permitem que os dados geográficos se relacionem entre si e sejam representados em duas grandes classes: geocampo – distribuição espacial de uma variável, a qual possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica; e geo-objeto - um elemento único que possui atributos não-espaciais e está associado a múltiplas localizações geográficas (CÂMARA; MEDEIROS, 1998b).

Assim, ainda segundo os autores, em Geoprocessamento, os principais tipos de dados utilizados no SIG são os mapas temáticos, os mapas cadastrais, as redes, as imagens de sensoriamento remoto e os modelos numéricos do terreno (MNT):

- Mapas Temáticos: construídos por temas como: geologia, geomorfologia, vegetação. São dados do tipo geocampo e admitem representação tanto matricial como vetorial.
- Mapas Cadastrais: os elementos são considerados como um objeto geográfico (geo-objeto), possuindo atributos e podendo estar associado a várias representações gráficas. Este tipo de mapa possui uma parte gráfica, a representação vetorial dos dados, e uma parte descritiva, que são os atributos. Como exemplo, pode-se citar os setores censitários.
- Redes: cada objeto geográfico possui uma localização geográfica, estando sempre associado a atributos descritivos armazenados no banco de dados em coordenadas vetoriais.
- Imagens: são armazenadas em representação matricial, constituídas por pixels, isto é, elementos da imagem que possuem um valor referente à reflectância do alvo.
- Modelos numéricos do terreno (MNT): é uma representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço, um exemplo é altimetria.

Assim, pode-se inferir que, nos dados armazenados em um SIG, a extração das informações é possível por meio de técnicas de análise geográfica que envolvam os princípios gerais de integração de dados, podendo deste modo serem denominadas de álgebra de mapas.

1.2.3 Álgebra de Mapas

No SIG, os cruzamentos realizados entre dois ou mais planos de informação são realizados pelos operadores lógicos e apresentam uma grande vantagem no uso de sua estrutura devido a sua simplicidade e aplicabilidade, pois são equivalentes ao tradicional método de sobreposição de mapas em mesas digitalizadoras (QUEIROZ FILHO; MARTINELLI, 2007).

Nos mapas de síntese, as aplicações das álgebras de mapas são realizadas com dados qualitativos e com dados quantitativos e requerem a conversão dos mapas em representações numéricas. Além disso, é necessário que os planos de informação a serem sobrepostos estejam no mesmo sistema de referência, pois a célula se torna a base comum para ambos (MIRANDA, 2005).

Deste modo, a álgebra de mapas é um conjunto de operadores, em que as variáveis manipuladas são campos geográficos, isto é, geocampos (BERRY, 1993). As operações sobre os geocampos podem ser classificadas como pontuais, zonais e de vizinhança (TOMLIN, 1990).

Nas operações pontuais, o valor resultante de cada posição geográfica do geocampo destino depende apenas dos valores da mesma posição geográfica do geocampo origem. As operações mais comuns, de acordo com Burrough (1987) e Tomlin (1990), são: soma, subtração, divisão e multiplicação; média (média aritmética); máximo/mínimo (maior ou menor valor); funções trigonométricas; Booleana (operadores de lógica booleana AND, OR, NOT, XOR); fatiamento (divide a faixa de valores em certo número de intervalos); reclassificação (agrega temas distintos de um geocampo temático) e ponderação (transforma um geocampo temático em um geocampo numérico).

As operações zonais ou por regiões operam sobre um geocampo origem e sobre um conjunto de regiões delimitadas por polígonos na forma matricial ou vetorial. Segundo Valles (2008), o valor de cada posição geográfica do geocampo destino depende do valor do atributo em todas as posições que compõem a região no geocampo origem. Dentre as operações zonais mais comuns, destacam-se: máximo/mínimo; maioria zonal (valor de maior frequência); média (média aritmética); soma; faixa zonal (diferença entre o maior e o menor valor) e diversidade (BURROUGH, 1987; TOMLIN, 1990).

As operações de vizinhança atuam sobre um geocampo de origem e uma máscara que delimita a vizinhança. Durante este processo, a máscara se desloca sobre o geocampo origem, e a cada passo de deslocamento aplica-se uma operação de vizinhança sobre os valores do atributo presente no geocampo origem e delimitado pela máscara (Gomes, 2005). Destacam-se algumas operações mais utilizadas: minoria (valor de menor frequência); declividade (máxima inclinação de um plano tangente à superfície); intervalo; filtragem (realçar determinadas feições lineares, direcionais, de bordas ou padrões de textura) e diversidade (BURROUGH, 1987; TOMLIN, 1990).

Ressalta-se que, em alguns sistemas computacionais como o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), a álgebra de mapas é possível de ser realizada por meio da ferramenta denominada de Linguagem Espacial para Processamento Algébrico (LEGAL). Na linguagem LEGAL, os operadores atuam sobre as representações em modelos de dados como a imagem, o numérico e o temático. Além disso, um programa em linguagem algébrica consiste em uma sequência de operações descritas por sentenças que envolvam os operadores, as funções e os dados espaciais.

É oportuno lembrar que o SPRING é um software livre que foi desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens (DPI). Ele conta com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a banco de dados espaciais. Assim, as tecnologias de informação e de comunicação como o Geoprocessamento e os SIGs, bem como o Sensoriamento Remoto, mantêm uma relação de interdependência e possibilitam o tratamento das informações geográficas.

1.2.4 Sensoriamento Remoto

A origem do Sensoriamento Remoto está vinculada ao surgimento das fotografias aéreas no período de 1860 a 1960, e, posteriormente, por uma grande variedade de fotografias e imagens a partir de 1960, resultado de um esforço multidisciplinar que integra o avanço de ciências, tais como a Matemática, a Física, a Química e as Ciências da Terra e da Computação. Sua utilização, inicialmente vinculada ao uso militar, difundiu-se pelas diversas áreas do conhecimento e, atualmente, essa tecnologia, impulsionada pelos avanços tecnológicos e científicos, apresenta distintos sensores remotos e imagens (FLORENZANO, 2007).

O Sensoriamento Remoto obteve seu principal avanço no Brasil, a partir da década de 60, com o Projeto RADAMBRASIL, com o objetivo de levantar informações sobre os recursos naturais do país. Resultado de muitas pesquisas espaciais e de avanços tecnológicos, esta técnica, segundo Novo (2008, p. 4), reside na “utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de espaço aeronaves, espaçonaves, ou de outras plataformas”. Seus sistemas fornecem informações precisas e confiáveis da superfície terrestre.

Loch (2008) aponta que o Sensoriamento Remoto pode ser definido como um conjunto de técnicas cujo objetivo reside na captação, à distância, de registros, dados, informações e caracterização das propriedades de alvos naturais, por meio da detecção, registro e análise do fluxo de energia radiante refletido ou emitido por eles. Assim, os dados obtidos por sensoriamento remoto distinguem-se por possuírem características espectrais, e revelarem informações de acordo com sua resolução espacial, temporal, espectral ou radiométrica.

As imagens de satélite apresentam as informações derivadas de dados de sensores remotos e necessitam ser analisadas e interpretadas, a fim de reconhecimento das informações da superfície terrestre presentes nelas. A interpretação das imagens, também conhecido como processamento analógico, é o processo que permite identificar os objetos e atribuir um significado a eles. Os elementos de interpretação visual das imagens incluem localização, tonalidade e cor, tamanho, forma, textura, padrão, sombra (FLORENZANO, 2007).

No processamento digital de imagens, as técnicas podem ser classificadas em três conjuntos: técnicas de pré-processamento (preparação das imagens), em que ocorre a transformação dos dados digitais brutos em dados corrigidos radiométrica e geometricamente, dentre as quais a correção dos efeitos atmosféricos; técnicas de realce, que visam a melhorar a qualidade visual das imagens e as técnicas de classificação, permitindo a identificação automática de objetos da cena a partir da análise quantitativa dos níveis de cinza (NOVO, 2008).

Concordando com Crósta (1992, p. 17), a função principal do processamento de imagens é “fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração de informações contidas nas imagens”. Deste modo, com o auxílio de sistemas computacionais, *softwares* específicos e intérpretes, é possível extrair informações das imagens envolvendo o reconhecimento de objetos ou padrões.

Considerando o que foi mencionado acima, pode-se ressaltar que, em estudos ambientais, a ampla utilização das imagens de satélite, principalmente para o mapeamento do uso e ocupação da terra, deve-se, sobretudo, ao fato delas proporcionarem uma visão de conjunto e multitemporal, ou seja, de dinâmica, de grandes áreas da superfície terrestre. Além disso, Florenzano (2007, p. 67) reforça que “elas mostram os ambientes e sua transformação, e destacam os impactos causados por fenômenos naturais e pela ação do homem com o uso e a ocupação da terra”.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 Contexto regional

O Município pertence à região fisiográfica do Alto Uruguai, localizada no norte do estado no Rio Grande do Sul, constituída por 32 municípios (Figura 5).

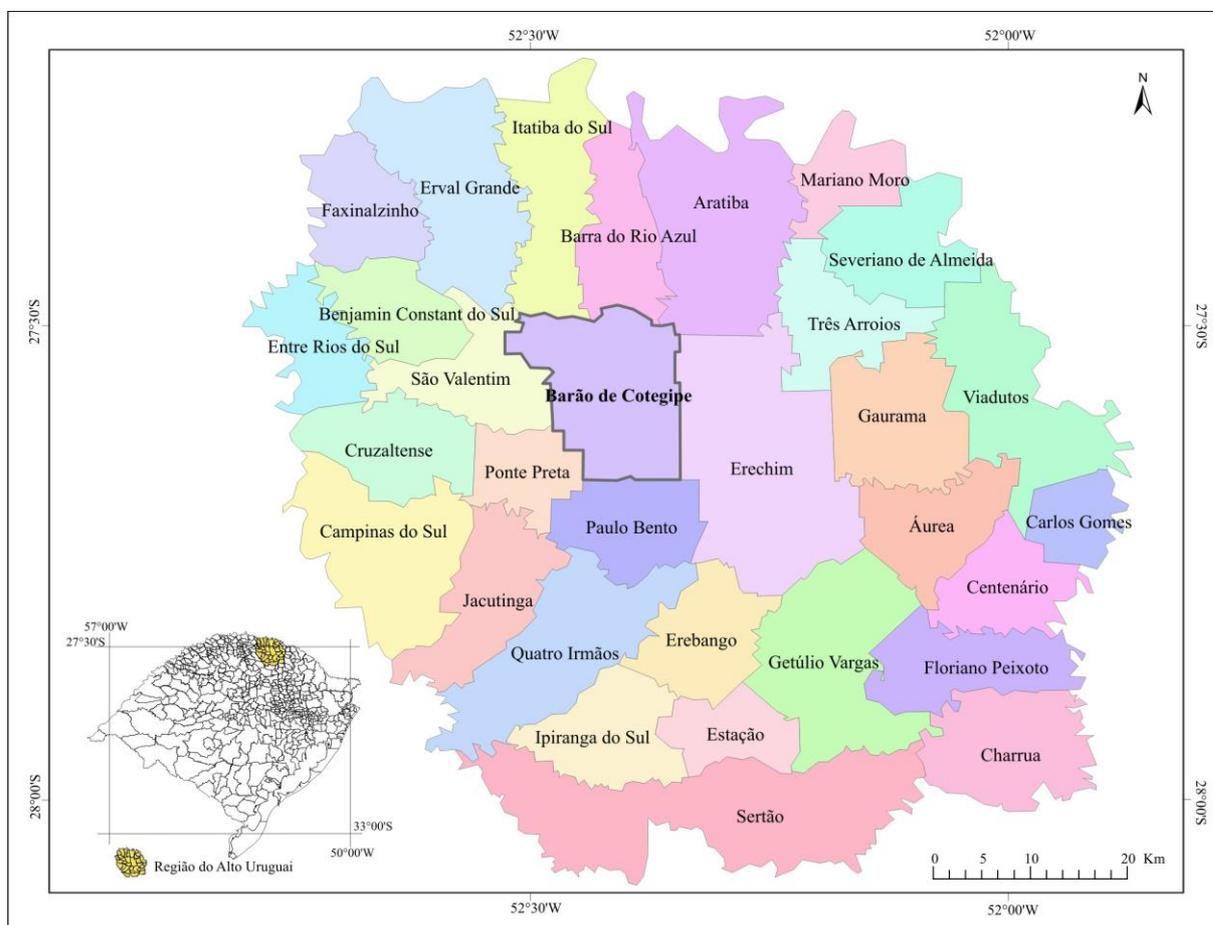


Figura 5 – Mapa de localização dos municípios da Região do Alto Uruguai/RS.

A região situa-se geomorfologicamente no Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, em duas regiões distintas: Planalto das Araucárias, com as unidades de Planalto dos Campos Gerais e Planalto Dissecado Rio Iguaçu – Rio Uruguai, e Planalto das Missões

(IBGEb, 2003). Com relação a geologia, destaca-se a Formação Serra Geral, pertencente ao Grupo São Bento, com a presença de rochas efusivas básicas, continentais, toleíticas, comumente basaltos e fenobasaltos (IBGEa, 2003). O clima, segundo a classificação de Köppen, é subtropical (Cfa) não havendo escassez de precipitações, com as quatro estações do ano bem definidas.

Quanto à cobertura vegetal, Piran (1982) aponta dois traços distintos: ao norte, predomínio da floresta subtropical entremeada pela *Araucaria angustifolia*, e ao sul, uma vegetação campestre, muitas vezes recortada pela penetração da floresta subtropical. No entanto, a vegetação original encontra-se significativamente reduzida em relação ao início do processo de colonização.

Os municípios que constituem a região são formados na sua maioria pela população rural, com exceção aos municípios de Erechim, Getúlio Vargas e Erebangó. A colonização dessa região deu-se inicialmente pela chegada dos imigrantes alemães e italianos. Uma das principais características da região são as pequenas propriedades, muito recortadas pela presença do relevo com formas de topos aguçados e convexos em que a atividade econômica predominante é a agricultura familiar.

Devido à região ser constituída por municípios de caráter rural, no setor econômico destacam-se os sistemas de produção de leite, carne, grãos e fruticultura². A produção leiteira proporciona elevada importância econômica e social na região do Alto Uruguai, em que existem aproximadamente 6.680 produtores na região, num total de 22.464.

O sistema de integração da produção de aves e suínos, junto a grandes frigoríficos e empresas de destaque, favoreceram o desenvolvimento econômico da região. A suinocultura no Estado contribui para o ranking de exportações brasileiras de carne suína e por ser uma atividade típica das pequenas propriedades rurais, atualmente cerca de 80% dos produtores fazem parte do sistema de integração. Já na produção de aves o Rio Grande do Sul mantém o 3º lugar no ranking de exportações brasileiras e participa com 27,3% no faturamento total do país (ROSA, 2008).

Na produção de grãos destacam-se a soja, o milho, o feijão, o trigo e o arroz. A produção da soja no Estado é responsável por, aproximadamente, 20% da produção nacional, e grande parte é produzida na região. O milho e o trigo também são destacados, sendo que o Rio Grande do Sul produz em torno de 12% e 36% da produção nacional, respectivamente.

² As informações destacadas no setor econômico referentes a produção de leite, carne, grãos e fruticultura foram obtidas junto a Agência Nacional de Desenvolvimento do Alto Uruguai, disponível em: <<http://www.adaltouruguai.org.br/>>.

A fruticultura é favorecida pelas excelentes condições de clima e solo, tanto de clima temperado, como subtropical e tropical. O Estado é o primeiro produtor nacional de uva, pêsego, figo, pêra, nectarina e kiwi. A região do Alto Uruguai, por sua vez, apresenta-se no setor com destaque na produção de laranja com cerca de 7 mil hectares, um número baixo, analisando as condições favoráveis na produção.

2.2 Localização geográfica municipal

O município de Barão de Cotegipe está localizado na microrregião geográfica de Erechim, e situa-se entre as coordenadas geográficas 27°28'39" e 27°39'40" de latitude Sul, e 52°20'24" e 52°31'44" de longitude Oeste. Limita-se ao norte com os municípios de Itatiba do Sul, Barra do Rio Azul e Aratiba, a leste com o município de Erechim, ao sul com Paulo Bento e a oeste com os municípios de Ponte Preta e São Valentin. O território possui uma área total de aproximadamente 260 km² e altitude média de 870 metros em relação ao nível do mar.

Sua emancipação ocorreu no ano de 1965, quando passou da categoria de distrito “Cotegipe” à Município, e foi denominado de Barão de Cotegipe. Os primeiros colonizadores foram os italianos, seguidos dos poloneses, alemães, ucranianos e lituanos. A característica principal desta formação são as pequenas propriedades rurais, muito recortadas pela presença do relevo suavemente ondulado, com a presença da agricultura familiar.

2.3 População e Economia

Atualmente, o município possui uma população total de 6.529 habitantes, sendo que destes 2.563 residem na zona rural e 3.966 na zona urbana (IBGE, 2011). O êxodo rural, processo de deslocamento das pessoas do meio rural para o urbano, bem como a redução na população total, podem ser verificados na figura 6.

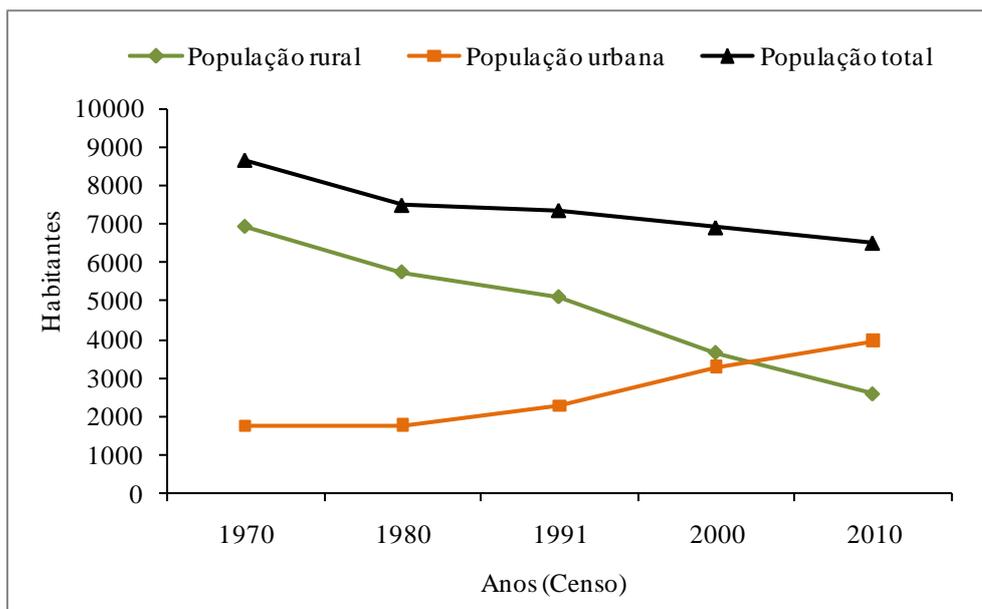


Figura 6 – Dinâmica da população rural e urbana do município de Barão de Cotegipe/RS, no período de 1970 a 2010.

Fonte - Censo demográfico (IBGE, 2011).

A mobilidade das pessoas do meio rural para o urbano deve-se, sobretudo, às transformações nos modos de produção agrícola, à procura por empregos, ao ensino técnico e superior (ensino qualificado) e ao atendimento de saúde mais especializado. Essa dinâmica ocorre tanto na área urbana do Município, como em outros municípios vizinhos.

Quanto à economia, o setor primário é o que mais se destaca com relação à participação ativa da população municipal e representa 32,3% do Produto Interno Bruto (PIB) total. Os serviços representam a grande maioria com 52,9%, e as indústrias, em pequena proporção, somam 14,8% do PIB, segundo dados do IBGE (2009).

No setor primário, destaca-se a agropecuária, constituída basicamente pela agricultura familiar, sendo que ela representa 66% da renda do município, com, aproximadamente, 900 propriedades de agricultores familiares. Na pecuária, a criação de bovinos, de aves e de suínos é bastante significativa na renda municipal, já, na agricultura, o destaque é para a grande produção de milho (53%) e soja (36%), seguida das culturas de feijão, trigo e arroz.

2.4 Clima e Hidrografia

O Município encontra-se localizado na zona de clima mesotermal, que oscila entre invernos rigorosos e altas temperaturas no verão, com médias anuais de 17°C (MACHADO, 1950 apud PIRAN, 1982). Também se caracteriza por apresentar geadas regulares e eventuais precipitações de neve, com chuvas distribuídas por todo o ano, com média anual de 1422 mm, não caracterizando uma estação seca definida.

Com relação à hidrografia, Barão de Cotegipe está inserido em duas bacias hidrográficas: a Bacia do Rio Passo Fundo (67%) e a Bacia dos Rios Apuaê-Inhandava (33%), fazendo parte da Região Hidrográfica do Uruguai, que compreende a bacia nacional do Uruguai (Figura 7). A rede hidrográfica municipal com seus rios, lajeados e arroios têm grande importância para o Rio Uruguai, principal da região.

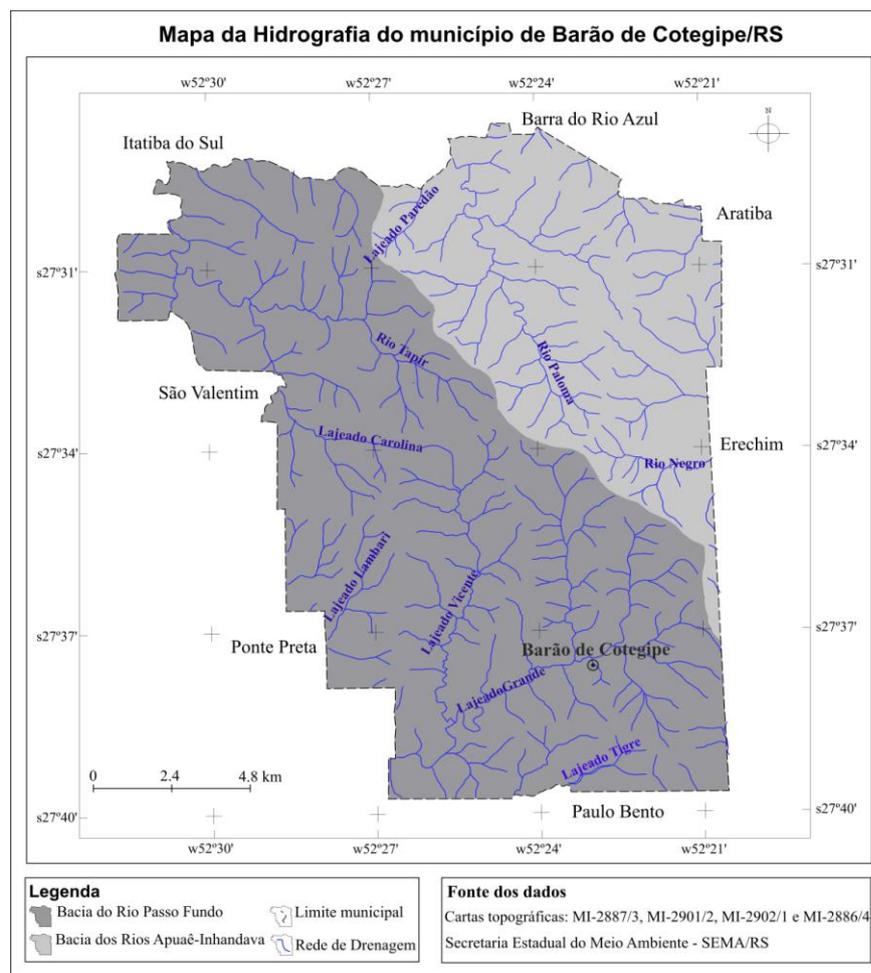


Figura 7 – Mapa da Hidrografia do município de Barão de Cotegipe/RS.

Seu território é banhado por pequenos cursos d'água como riachos, arroios e córregos, além das fontes e nascentes. Os principais afluentes da rede hidrográfica com nascentes no território municipal são: Rio Negro, Rio Paloma e Rio Tapir; efluentes com nascentes fora do território: Lajeado Tigre, Lajeado Jupirangava, Lajeado Paiol Grande, Lajeado Vicente, Lajeado Lambari, Lajeado Carolina, Lajeado Paredão, Lajeado Barbaquá, Lajeado Brasil, Lajeado Pinheiro e o Arroio Saracura.

2.5 Geomorfologia e Geologia

O Município situa-se na região geomorfológica denominada de Planalto, na zona de Campeamento Basalto-Arenítico do Paraná, caracterizada por dois domínios topográficos distintos: planalto de ondulações suaves ao sul; e um reentalhamento constituído por vales encaixados e vertentes abruptas com afloramentos basálticos conhecidos por “peraus”, ao norte, o que intensifica a erosão fluvial e pluvial (PIRAN, 1982).

Geologicamente, Barão de Cotegipe está localizado na Bacia Intracratônica do Paraná, situada estratigraficamente na Formação Serra Geral, tendo por base a Formação Botucatu e, por topo, depósitos quaternários recentes. De acordo com Ferron e Pommer (2010, p. 50), esta unidade geomorfológica corresponde a “relevos em colinas alongadas, com vales de pequeno a médio entalhamento fluvial, com influência significativa de dissecação gerada pela rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai.” As rochas aflorantes são constituídas essencialmente por vulcanitos da Formação Serra Geral, dispostos sobre os arenitos da Formação Botucatu.

2.6 Vegetação

O município está inserido no Bioma Mata Atlântica, e sua vegetação apresenta características de duas formações florestais originais, a Floresta Ombrófila Mista (Floresta das Araucárias) e a Floresta Estacional Decidual (Floresta Subtropical do Alto Uruguai).

A Floresta Ombrófila Mista ocorre em áreas de maior altitude, onde as condições ambientais, especialmente as temperaturas mais baixas, são determinantes para diversas

espécies. A característica marcante desta formação é seu dossel dominado pela *Araucaria angustifolia* (pinheiro-brasileiro), a qual ocorre geralmente em áreas com altitudes acima de 500 metros (FERRON E POMMER, 2010), conforme a figura 8.



Figura 8 – Floresta Ombrófila Mista (Floresta das Araucárias) no município de Barão de Cotegipe/RS.

A Floresta Estacional Decidual, localizada principalmente nos vales do Rio Uruguai e seus afluentes, apresenta tipologias florestais características de uma divisão periódica da temperatura (meses com temperaturas elevadas no verão, e meses com temperaturas baixas no inverno), segundo Leite e Klein (1990).

3 MATERIAIS E MÉTODO

3.1 Materiais

Para a realização desta pesquisa, foi necessária a utilização de bases cartográficas, de mapas temáticos pré-existentes e dados secundários, como descrito a seguir.

3.1.1 Material cartográfico

Base cartográfica – quatro cartas topográficas na escala 1:50000, disponibilizadas pela 1ª Divisão de Levantamento (1ª DL), que compreendem o território municipal: Aratiba – Folha SG.22-Y-D-I-3, Campinas do Sul – Folha SG.22-Y-C-VI-2, Erexim - Folha SG.22-Y-D-VI-1 e Erval Grande – Folha SG.22-Y-C-III-4; e a Lei de Criação do Município, com seus respectivos limites territoriais.

Setores censitários – malha digital dos setores em formato *shapefile* no Datum Sirgas 2000, junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

3.1.2 Dados orbitais

Produtos orbitais – uma imagem de satélite sem correção geométrica do satélite *Landsat 5* (bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7), sensor *TM*, órbita 222, ponto 79, data da passagem 01/09/2011, e uma imagem ortorectificada do *Landsat 5* (GLS 2005 – bandas 3, 4 e 5), sensor *TM*, órbita 222, ponto 79, data da passagem 03/11/2005. Ambas obtidas junto ao catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

3.1.3 Mapas temáticos

Mapas temáticos de Geologia (IBGE, 2003a), Geomorfologia (IBGE, 2003b) e Solos (IBGE, 2003c), obtidos junto ao IBGE na escala 1:250000, Folha Erechim/Lages SG.22-Y-D/Z-C. Esses mapas foram elaborados com base nas cartas originais do Projeto RADAM-BRASIL, e a compatibilização intertemática das unidades de mapeamento executada de setembro de 1998 a outubro de 2000, com apoio das imagens de radar e atividade de campo expedida. Os mapas foram importados para o banco de dados e todas as informações foram vetorizadas.

3.1.4 Dados socioeconômicos

Dados do Censo Demográfico 2010 e do Censo Agropecuário de 2006 – os dados secundários referentes à população, educação, economia, saneamento básico, foram obtidos por setores censitários junto ao IBGE.

3.1.5 Definição dos equipamentos e aplicativos

Softwares: SPRING versão 5.0.6, módulos Impima, SPRING e Scarta, para a elaboração do banco de dados e edição; *CorelDRAW X4*, para a edição final dos mapas; *Microsoft Office Excel 2007*, para compilação de dados em gráficos e tabelas; um GPS (*Global Positioning System*) *Garmim*, para coleta dos dados a campo e uma câmera fotográfica.

3.2 Método

A pesquisa seguiu o encaminhamento da abordagem sistêmica, possibilitando analisar as interações entre os sistemas ambientais e os sistemas sociais e econômicos, juntamente com a compreensão do sistema de organização espacial, contribuindo para a elaboração de propostas de planejamento e desenvolvimento sustentável (CHRISTOFOLETTI, 1999). Assim, partindo-se da análise geográfica e da utilização de tecnologias informacionais, tem-se como pano de fundo e origem na abordagem sistêmica o desafio da elaboração de modelos, da definição das categorias de análise, e dos processos de abstração e representações espaciais (VICENTE; PEREZ FILHO, 2003).

Deste modo, orientados pela perspectiva sistêmica, as interações sociedade e natureza, transformadoras do espaço geográfico, foram analisadas sob uma visão holística, ou seja, os fenômenos espaciais foram discutidos em sua totalidade (SANTOS, 1997). Os estudos realizados por Moreira (2009) e Arruda (2011), também de caráter investigativo e de enfoque ambiental, foram igualmente norteados pela abordagem integradora, buscando a interação da sociedade com a natureza, na qual a sociedade se apresenta como sujeito das transformações do espaço. Portanto, ao considerar a interação entre estes dois elementos, a análise ambiental dar-se-á de forma globalizante.

Assim, para que o estudo tivesse êxito e conservasse o caráter investigativo das pesquisas geográficas, utilizou-se a proposta metodológica de André Libault publicada em 1971, sob o título *Os Quatro Níveis de Pesquisa Geográfica*. Libault (1971) distingue os quatro níveis de pesquisa: compilatório, correlatório, semântico e normativo. Nessa pesquisa, os procedimentos realizados, de acordo com os níveis de pesquisa, podem ser visualizados na figura 9.

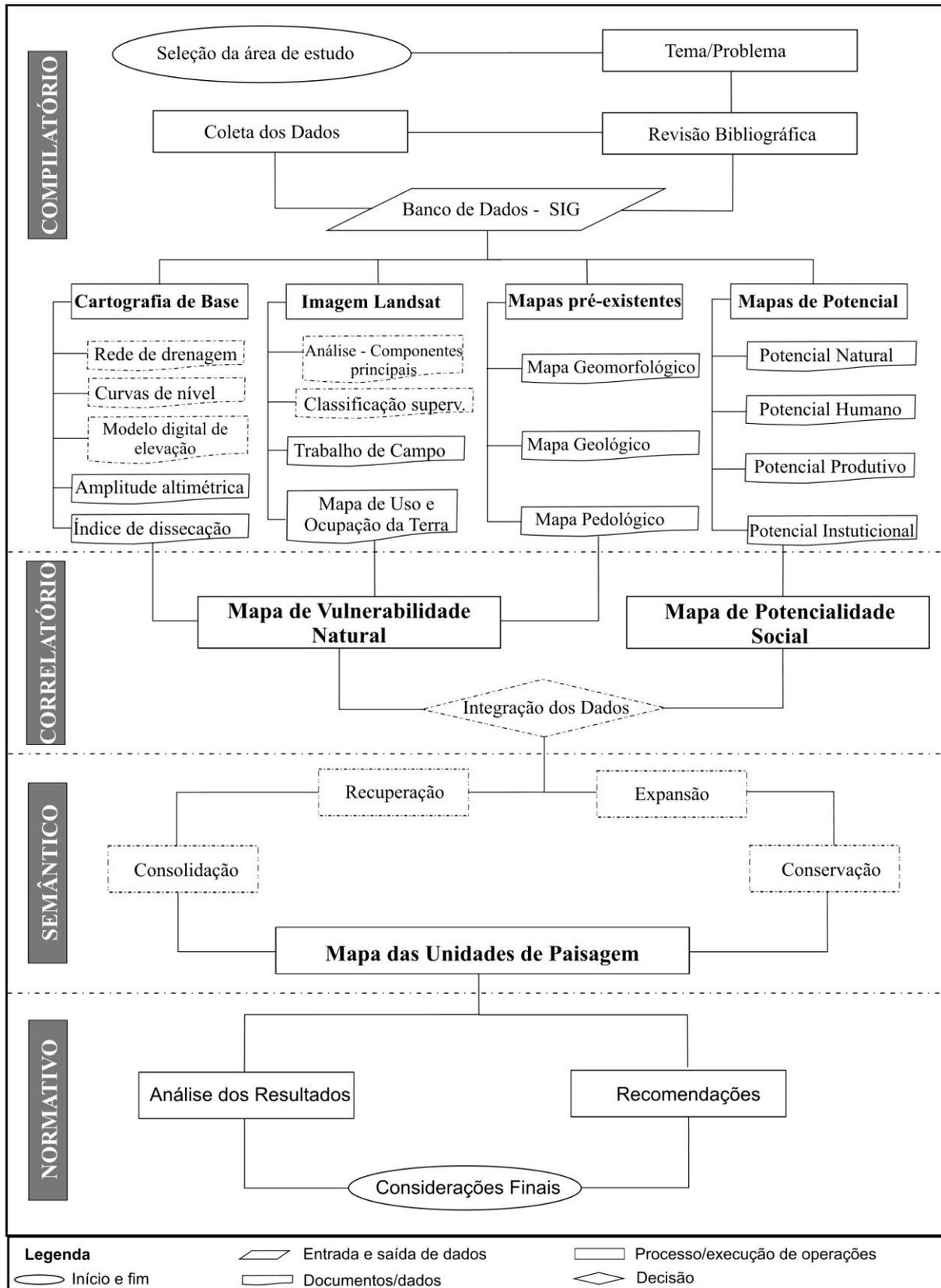


Figura 9 – Etapas desenvolvidas na pesquisa de acordo com os níveis compilatório, correlatório, semântico e normativo.

3.2.1 Nível Compilatório

O nível compilatório corresponde à primeira fase da pesquisa constituída basicamente pela coleta de dados e informações de diferentes naturezas e pela sua seleção. A coleta de dados secundários, relativos ao censo demográfico e agropecuário do IBGE, bem como das bases cartográficas, dos mapas temáticos pré-existentes e dos dados dos sensores remotos, fizeram parte desta primeira etapa. De posse destes, o processo seguinte abarcou a seleção dos dados e sua compilação, ou seja, sua representação cartográfica. De acordo com Ross (2007), nesse momento, o domínio do conhecimento teórico-conceitual é de suma importância, para não se desprezar dados que, na realidade, possam ter grande significado e se aproximem da verdade dos fatos reais. É necessário ter clareza acerca das informações a serem obtidas neste momento, a fim de que não se tenha um volume de dados muito maior do que realmente seja necessário.

3.2.1.1 Coleta de dados

As cartas topográficas na escala 1/50000, disponibilizadas pela 1ª Divisão de Levantamento (1ª DL), foram adquiridas junto à Biblioteca Central da Universidade Federal de Santa Maria. Já, a malha digital dos setores censitários foi obtida junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no item *Download* em Geociências. As imagens de satélite *Landsat 5* (bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7), sensor *TM*, órbita 222, ponto 79, data da passagem 01/09/2011, e uma imagem ortorectificada do *Landsat 5* (GLS 2005 – bandas 3, 4 e 5), sensor *TM*, órbita 222, ponto 79, data da passagem 03/11/2005, foram adquiridas no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Os mapas temáticos de Geologia (2003a), Geomorfologia (2003b) e Solos (2003c) foram obtidos junto ao IBGE, na escala 1/250000, Folha Erechim/Lages SG.22-Y-D/Z-C. Os dados necessários à elaboração dos Mapas de Potencial, referentes ao Censo Demográfico de 2010 e ao Censo Agropecuário de 2006, também foram obtidos junto ao IBGE.

3.2.1.2 Criação do banco de dados no SIG

De posse dos dados previamente coletados, o procedimento seguinte correspondeu à elaboração do banco de dados geográficos no SIG SPRING versão 5.0.6. No software, criou-se um banco de dados e um projeto referente à área de estudo, utilizando a Projeção UTM, Datum SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), Zona 22, Origem: Long. $051^{\circ}00'00''$, e também se criou um retângulo envolvendo toda a área em estudo (X1: 347800m X2: 328400m e Y1: 6938700m, Y2: 6960700m).

O banco de dados armazenou todas as informações, sejam no formato raster (matricial) ou vetorial, em planos de informação (PI), de acordo com as categorias pré-estabelecidas (*Temática, Imagem, Cadastral, Modelo Numérico do Terreno*), e ainda permitiu a atualização dos dados e a geração de interações espaciais entre eles.

3.2.1.3 Base Cartográfica

A base cartográfica municipal foi elaborada por meio da digitalização das informações contidas nas cartas topográficas via *mouse*. Criaram-se categorias e PIs para cada um dos temas editados: limite municipal, rede de drenagem, rede viária, curvas de nível e toponímias. As curvas de nível, em especial, foram editadas na categoria *Modelo Número do Terreno* (MNT), permitindo assim a geração de uma grade triangular (TIN) e, a partir dela, uma grade retangular. Deste modo, gerou-se um PI com as variações altimétricas importantes para a análise do tema geomorfologia.

3.2.1.4 Mapas Temáticos

Os mapas temáticos preexistentes de Solos, Geologia e Geomorfologia foram digitalizados manualmente no Spring, onde foram criadas categorias temáticas e PIs referentes a cada um dos temas. Às classes temáticas, intrínsecas a cada tema, foram atribuídas as cores de acordo com os mapas originais no sistema RGB.

O mapa de uso e ocupação da terra foi elaborado com base na interpretação da imagem de satélite e com validação dos dados a campo, que serão apresentados a seguir. Já os mapas temáticos de Potencial Natural, Humano, Produtivo e Institucional foram elaborados com base nos dados do censo demográfico e outras fontes, por meio da análise da dinâmica/restrrição, e apresentados de acordo com o grau de potencialidade.

3.2.1.5 Processamento Digital de Imagem

Nesta etapa, utilizou-se uma imagem de satélite Landsat 5, de resolução 30 metros e as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7. No *software* SPRING, foram utilizadas as técnicas de processamento da imagem, que incluem a correção geométrica, a atenuação dos efeitos atmosféricos, a aplicação do contraste e a análise por componentes principais.

Inicialmente, realizou-se a correção geométrica da imagem, que consiste na reorganização dos pixels em relação ao sistema de coordenadas SIRGAS 2000, utilizando-se como base a imagem ortorrectificada nas bandas 3, 4 e 5.

Após a imagem estar georreferenciada, realizou-se a atenuação dos efeitos atmosféricos, de acordo com a proposta de Chavez Jr. (1988), que consiste na subtração do pixel escuro. Esse procedimento engloba a leitura dos pixels escuros da imagem, que correspondem à sombra do relevo, de nuvens e água sem sedimentos em todas as bandas, em duas combinações: bandas 3, 4 e 5 e bandas 1, 2 e 7, em um total de dez amostras com uma janela de tamanho 5x5. A partir dos resultados encontrados, selecionaram-se os menores valores de cada banda.

A etapa seguinte consistiu na criação de uma categoria *Temática* para que, por meio da operação *LEGAL*, fossem identificados, nas bandas, os menores valores (pixels mais escuros) e se verificasse a compatibilidade das informações. Por fim, utilizou-se a ferramenta de operações aritméticas, em que os menores valores encontrados foram aplicados às respectivas bandas e resultaram na imagem de saída (C) por meio da operação (Equação 1).

$$C = \text{Ganho} * A + \text{Offset} \quad (1)$$

Em que:

$$\text{Ganho} = 1$$

A = imagem de entrada

Offset = menor valor

Posteriormente realizou-se a aplicação do contraste do tipo linear. O contraste permite modificar o histograma da imagem aplicando uma transformação aos valores dos pixels, fazendo com que a variação dos níveis de cinza da imagem ocupe toda a faixa de valores possíveis de serem representados, visando, assim, facilitar a interpretação visual das imagens (CENTENO, 2003).

Em seguida, aplicou-se a análise por componentes principais, que tem como objetivo fundamental determinar a extensão da correlação existente entre as bandas e, através de uma transformação matemática apropriada, diminuir a correlação existente entre elas (CRÓSTA, 1992). Os componentes principais consistem na geração de novas bandas, não correlacionadas, de tal forma que o máximo de informação possível se encontre nos primeiros componentes. Esse procedimento envolve uma transformação linear de dados originais, por meio da rotação e translação de eixos no espaço de atributos espectrais. Este método elimina a repetição de dados, resumindo as informações que interessam em um conjunto menor.

Para a aplicação da técnica, as bandas foram combinadas em dois grupos: bandas 1, 2 e 3, e bandas 5 e 7. A banda 4 foi reservada para a combinação final, representando os dados na faixa do verde. No SPRING, utilizou-se a ferramenta dos componentes principais e automaticamente se aplicou a técnica. Como resultado, foram obtidos cinco componentes principais, dos quais, para fins deste estudo, utilizou-se somente a primeira componente principal da combinação das bandas 1, 2 e 3, e a primeira componente principal da combinação das bandas 5 e 7. A tabela 1 apresenta o resultado da aplicação da análise por componentes principais.

Tabela 1 – Resultado da aplicação da análise por componentes principais nas combinações das bandas 1, 2 e 3, e bandas 5 e 7, e suas percentagens.

Análise por Componentes Principais		
Componente Principal (CP)	Bandas 1, 2, 3	Bandas 5, 7
Primeira	93,81%	98,15%
Segunda	3,75%	1,85%
Terceira	2,44%	-

Após a aplicação da análise, realizou-se a combinação das bandas na composição RGB, em que as primeiras componentes principais das bandas 1, 2 e 3 representaram o canal azul (B), a banda 4, o canal verde (G), e as primeiras componentes principais das bandas 5 e 7, o canal vermelho (R), conforme a figura 10.

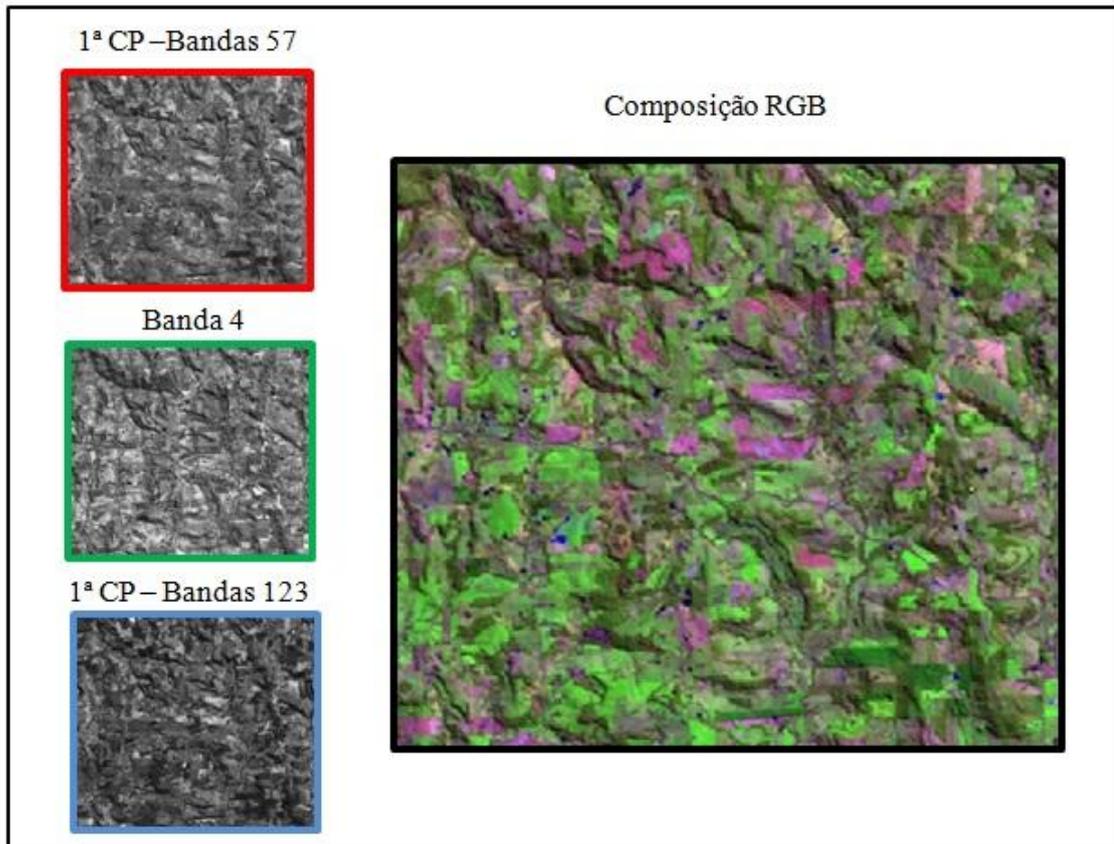


Figura 10 – Composição RGB por componentes principais e banda 4.

Esta combinação RGB da imagem foi utilizada para a interpretação das Unidades Territoriais Básicas (UTBs) e também para o mapeamento do uso e ocupação da terra, importantes para a análise da ecodinâmica inerente à metodologia de elaboração do mapa de vulnerabilidade natural à perda do solo.

3.2.2 Nível Correlatório

O segundo nível denominado de correlatório, conforme o próprio nome indica, é a fase de correlacionar os dados, para posteriormente estabelecer a interpretação deles. Esta operação é importante e seletiva, porque permite ao pesquisador aprimorar sua interpretação e análise das informações de caráter homogêneo, isto é, dados de mesma natureza obtidos no mesmo espaço geográfico.

Nessa etapa, aplicou-se a álgebra de mapas, que consistiu em modificar o formato dos mapas temáticos em numéricos, ou seja, substituiu as classes temáticas por valores determinados (valores numéricos). Os mapas temáticos de solos, geomorfologia, geologia, vegetação/uso e ocupação da terra foram analisados, a partir da álgebra de mapas, de acordo com o grau de pedogênese/morfogênese, em uma escala de valores de 1 a 3 e resultaram no mapa de vulnerabilidade natural à perda de solo. Os mapas temáticos de potencial natural, humano, produtivo e institucional, por sua vez, também foram analisados, de acordo com a dinâmica/restrrição, em uma escala de valores de 1 a 3 e resultaram no mapa de potencialidade social.

3.2.2.1 Avaliação da Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo

A análise da vulnerabilidade natural à perda de solo, representada no mapa temático, foi elaborada com base na metodologia proposta por Crepani et al. (1996), para subsidiar o ZEE da Amazônia. Essa metodologia foi desenvolvida a partir do conceito de ecodinâmica de Tricart (1977), baseado na relação morfogênese/pedogênese, e da potencialidade para estudos integrados das imagens de satélite *Landsat*, visto que permitem uma visão sinótica e holística da paisagem (CREPANI et al., 1996).

De acordo com a metodologia, primeiramente se elabora um mapa de unidades homogêneas de paisagem, obtido através da análise, interpretação e classificação da imagem de satélite, denominado de Unidades Territoriais Básicas (UTBs). Em seguida, são associadas as informações temáticas preexistentes (geomorfologia, geologia, solos, vegetação, clima) ao mapa de unidades territoriais, identificando e caracterizando as unidades ambientais ou de paisagens.

Nesta pesquisa, consideraram-se as informações referentes à geomorfologia, à geologia, aos solos e à vegetação, juntamente com o uso e ocupação da terra, pois foi possível analisar, além do grau de cobertura vegetal, os diferentes usos da terra e as implicações no meio. Devido à impossibilidade de obtenção de dados climáticos do município, referentes à pluviosidade anual e à duração do período chuvoso, eles não foram considerados para a análise.

A metodologia ainda nos propõe uma classificação do grau de estabilidade ou vulnerabilidade (resistência ao processo natural à erosão) de cada unidade, segundo as relações de morfogênese e pedogênese, a partir da análise integrada das rochas, do solo, do relevo e da vegetação. Desse modo, quando predomina a morfogênese, prevalecem os processos erosivos modificadores da forma do relevo, e, quando predomina a pedogênese, prevalecem os processos formadores do solo. A vulnerabilidade foi expressa pela atribuição de valores de estabilidade em uma escala de 1 a 3 para cada unidade de paisagem (Tabela 2).

Tabela 2 – Avaliação da estabilidade/vulnerabilidade das unidades de paisagem de acordo com a relação pedogênese/morfogênese.

Unidade	Relação pedogênese/morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

Fonte: Crepani et al. (1996), modificada de Tricart (1977).

Para a definição e atribuição dos valores de vulnerabilidade/estabilidade de cada classe temática, fez-se necessário seguir alguns critérios propostos por Crepani et al. (1996) e também tomar como base o trabalho de campo realizado anteriormente a esta etapa:

- Para a geomorfologia: formas do relevo e os índices morfométricos referentes à dissecação do relevo pela drenagem e amplitude altimétrica;
- Para a geologia: história e evolução do ambiente geológico (grau de coesão das rochas);
- Para os solos: basicamente se considerou o grau de desenvolvimento dos solos (processos de formação de solos ou de relevo);
- Para a vegetação/uso e ocupação da terra: a densidade de cobertura vegetal.

Deste modo, as classes de cada mapa temático foram substituídas pelos valores de vulnerabilidade preestabelecidos no SIG. Em seguida, por meio de operações de álgebra de mapas utilizando a linguagem de programação do software SPRING, os atributos de cada mapa foram integrados, apresentando como resultado final um mapa síntese. As etapas detalhadas da integração das informações e da elaboração do mapa das unidades de paisagem serão descritas a seguir.

3.2.2.2 Unidades Territoriais Básicas

As Unidades Territoriais Básicas (UTBs), segundo Becker e Egler (1996), são as células elementares de informação e análise para um ZEE. Uma célula é uma entidade geográfica que contém atributos ambientais que permitem diferenciá-la das demais e, além disso, possui vínculos dinâmicos que a articulam a uma complexa rede integrada por outras unidades territoriais (CREPANI et al., 1996).

As UTBs podem ser divididas em duas categorias: as unidades de paisagem natural e os polígonos de ação antrópica. As unidades de paisagem natural são definidas, nas imagens, pela interpretação de seus elementos, tais como a textura, o relevo, a drenagem e tonalidades de cinza. Os polígonos de ação antrópica correspondem às feições decorrentes da intervenção humana na paisagem e são identificados pelas alterações na tonalidade de cinza dentro de padrões característicos.

Para a elaboração do mapa cadastral das UTBs, realizou-se primeiramente a interpretação da imagem *Landsat*, na composição RGB, com a banda 4 e as primeiras componentes principais da combinação das bandas 1, 2 e 3 e a primeira componente principal das bandas 5 e 7. Esta etapa constou de uma segmentação da imagem pelo modo regiões. Posteriormente, visando à melhor delimitação das UTBs, considerando os elementos como textura, relevo, drenagem, tonalidade de cinza e alterações, editou-se os polígonos por meio da edição vetorial do SIG. Esse tipo de mapa possibilitou identificar os polígonos (UTBs) como objetos geográficos e atribuir a cada um diferentes atributos (Figura 11).

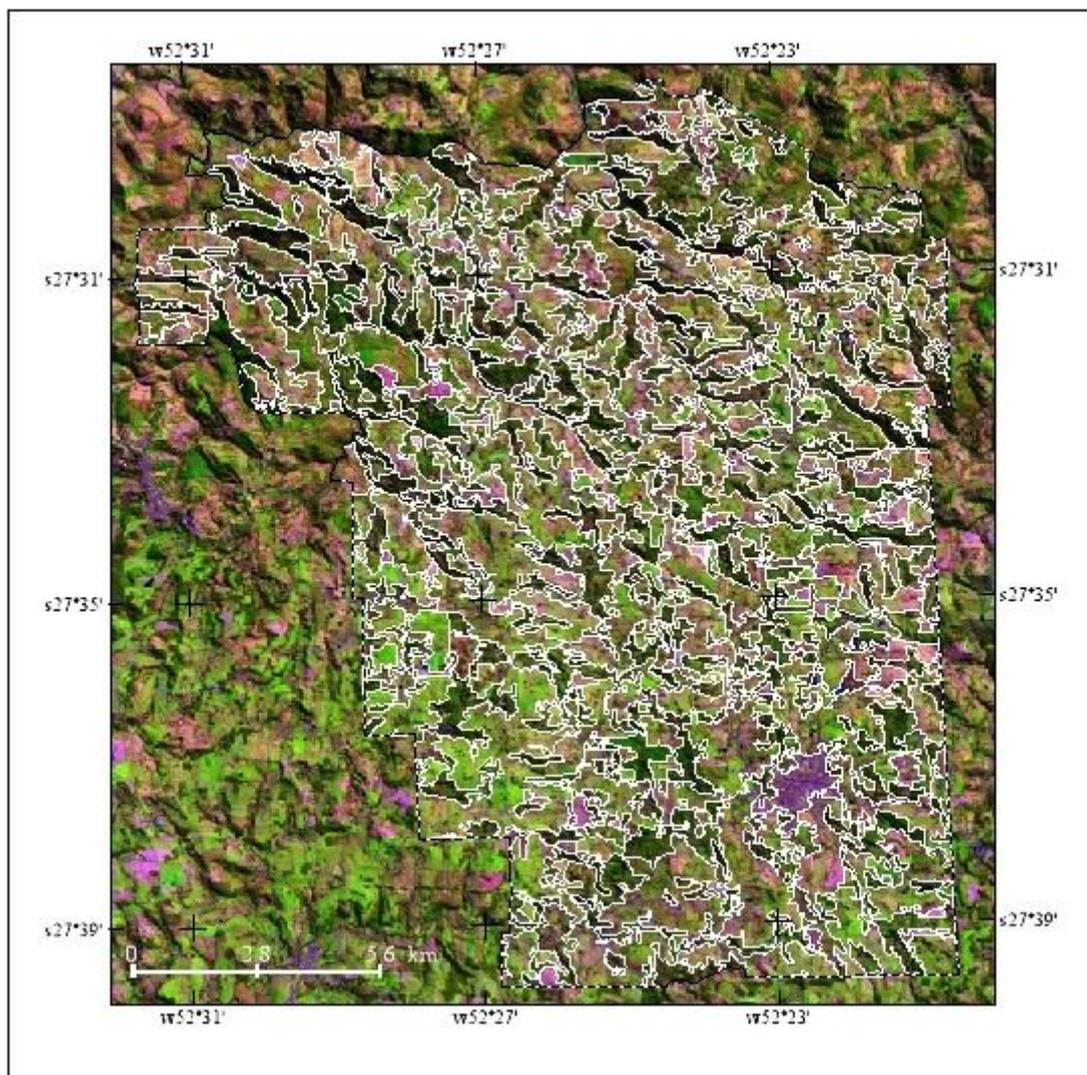


Figura 11 – Mapa cadastral das Unidades Territoriais Básicas (UTBs).

Após as UTBs terem sido delimitadas na categoria *Cadastral*, criou-se uma categoria *Objeto* responsável por agrupar os atributos referentes a elas. As unidades foram transformadas em objetos com nome e rótulo, para posterior identificação. Em seguida, elaborou-se uma tabela com os diferentes atributos definidos para as UTBs, no qual foram incluídos também os atributos que permitem complementar a descrição das UTBs com as informações sociais e econômicas, e vice-versa (Tabela 3).

Tabela 3 – Tabela de atributos das UTBs e seu significado.

Atributos	Significado
ID	Identificador gerado pelo SPRING
NOME	Nome estabelecido pelo usuário
AREA	Área de cada objeto mapeado
PERIMETRO	Perímetro de cada objeto mapeado
GEOL_VUL	Valores de estabilidade/vulnerabilidade para a geologia
GEOL_CLS	Classe de geologia
HIPS_VUL	Valores de estabilidade/vulnerabilidade para a amplitude altimétrica
HIPS_CLS	Classes de amplitude altimétrica
INT_VUL	Valores de estabilidade/vulnerabilidade para a amplitude interfluvial
INT_CLS	Classes de amplitude interfluvial
MORF_VUL	Valores de estabilidade/vulnerabilidade para a morfografia
MORF_CLS	Classes de morfografia
GEOM_VUL	Valores de estabilidade/vulnerabilidade para o tema geomorfologia
GEOM_CLS	Classes de geomorfologia
VEG_VUL	Valores de estabilidade/vulnerabilidade para o uso da terra e vegetação
VEG_CLS	Classes de uso e vegetação
SOL_VUL	Valores de estabilidade/vulnerabilidade para os solos
SOL_CLS	Classes de solos
MED_VUL	Valores de estabilidade/vulnerabilidade média
MED_POT	Valores da potencialidade social média
HUM_POT	Valores de potencialidade para o potencial humano
PROD_POT	Valores de potencialidade para o potencial produtivo
INST_POT	Valores de potencialidade para o potencial institucional
NAT_POT	Valores de potencialidade para o potencial natural
SINT_CLS	Classes de síntese entre vulnerabilidade e potencialidade

Deste modo, poderão ser realizadas análises e sínteses com base nos mapas obtidos sobre as UTBs ou sobre os setores censitários. Este modelo georrelacional permitiu realizar consultas sobre cada uma das unidades (nome, área, classes), enquanto a álgebra de mapas possibilitou relacionar os diferentes temas (solos, geologia, geomorfologia) a cada uma das unidades, por meio dos atributos contidos na tabela, atualizando-os sempre que necessário.

3.2.2.3 Álgebra de Mapas

A álgebra de mapas teve como objetivo principal integrar os dados referentes aos mapas temáticos de solos, geomorfologia, geologia e vegetação/uso e ocupação da terra

(temas físicos) ao mapa cadastral de UTBs. Além disso, possibilitou integrar os dados dos mapas de potencial natural, humano, produtivo e institucional (temas socioeconômicos) ao mapa cadastral dos setores censitários, e, por fim, integrá-los em um mapa síntese.

Para tanto, a álgebra dos mapas foi executada através de programas de Linguagem Espacial para Processamento Algébrico (LEGAL) no Spring. Dessa forma, cada tema foi analisado individualmente, de acordo com a relação morfogênese/pedogênese (temas físicos), e foi atribuído um grau de estabilidade/vulnerabilidade a eles, já, para os temas socioeconômicos, observou-se a relação dinamismo/restricção e atribuiu-se um grau de baixo/alto potencial.

Na álgebra de mapas, utilizaram-se *operações pontuais e zonais*. Primeiramente, executou-se a *operação pontual de ponderação* para cada tema especificado, que transformou os geocampos temáticos (PI de entrada) em geocampos numéricos (PI de saída), por meio do operador *Pondere*. A linguagem executada permitiu definir uma tabela com todas as características do mapeamento. Assim, definiu-se os programas de ponderação em LEGAL, apresentando as tabelas com as classes dos PIs de entrada e os respectivos valores ponderados de saída.

Em seguida, executou-se a *operação de média zonal*, que consistiu na atualização, na tabela, do cálculo do valor médio de estabilidade/vulnerabilidade ou baixa/alta potencialidade, ponderado pela área da classe do tema dentro da UTB ou do setor censitário, isto é, classes com áreas maiores tiveram maior participação no valor atribuído à unidade ou ao setor. Deste modo, por meio do operador *Atualize*, associado ao *operador média zonal* (MedZ), os valores médios foram distribuídos na tabela de geo-objetos de UTBs e dos setores censitários.

A terceira operação realizada consistiu na *operação de maioria zonal*, que permitiu distribuir, na tabela de geo-objetos, o nome da classe que ocorreu em maior quantidade dentro das UTBs e dos setores censitários. Também foi utilizado o operador *Atualize*, juntamente com o *operador maioria zonal* (MaiZ).

Outras operações foram executadas, entre elas destacam-se: a operação de espacialização, por meio do operador *Espacialize*, para os valores de estabilidade/vulnerabilidade e alta/baixa potencialidade nas UTBs, gerando um novo geocampo numérico com um único valor para as UTBs; e a operação pontual de fatiamento, operador *Fatie*, para a definição dos intervalos de classes dos mapas de potenciais e de vulnerabilidade natural à perda de solo.

3.2.2.4 Solos

O mapa de solos foi elaborado com base no mapa preexistente fornecido pelo IBGE (2003c) na escala 1:250000. Primeiramente, criou-se um PI em uma categoria *Temática* para a digitalização e vetorização das informações contidas nele, de forma que a nomenclatura das classes de solos foi atualizada com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). Em seguida, definiu-se o grau de estabilidade/vulnerabilidade dos solos, observando-se o seu grau de desenvolvimento, bem como a partir de dados bibliográficos (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores de estabilidade/vulnerabilidade atribuídos às classes de solos.

Classes de Solos	Valores de estabilidade/vulnerabilidade	Variável visual cor*
Cambissolo Háplicos	2,0	R: 255 G: 215 B:10
Latossolo Bruno	1,0	R: 255 G: 195 B: 195
Neossolo Litólico	3,0	R: 179 G: 185 B: 206

* As cores utilizadas na representação do Mapa de Solos pertencem ao sistema RGB (*red, green, blue*).

De acordo com Crepani et al. (1996), solos estáveis se caracterizam por serem bem desenvolvidos, com grande profundidade e porosidade, sendo considerados solos velhos ou maduros como, por exemplo, os Latossolos, e, por isso, receberão valores próximo a 1,0. Os solos intermediários, representados pela classe de solos do tipo Podzólico, apresentam profundidades menores, são menos instáveis e menos intemperizados se comparados aos Latossolos, por isso receberão valores próximos a 2,0. Os solos mais vulneráveis são representados pelos solos jovens e pouco desenvolvidos, isto é, com pouca evolução dos perfis do solo e que ainda estão se desenvolvendo a partir dos materiais de origem recentemente depositados ou situados em altas declividades. Como exemplo desses solos mais jovens, temos os Litólicos, os Aluviais, os Orgânicos e os Hidromórficos, que receberão valores de instabilidade próximos a 3,0.

Deste modo, após a definição do grau de estabilidade/vulnerabilidade dos solos, foram elaboradas as programações. Primeiramente, executou-se a *operação pontual de ponderação* (Apêndice A1), em que o geocampo temático foi convertido em geocampo numérico. Em

seguida, aplicou-se a *operação média zonal* – MedZ (Apêndice A2), para que cada UTB recebesse um valor único de estabilidade/vulnerabilidade do tema solos. E, por fim, aplicou-se a *operação maioria zonal* – MaiZ (Apêndice A3), para que o nome da classe de solos de maior ocorrência fosse distribuído na tabela de geo-objetos das UTBs.

3.2.2.5 Geomorfologia

O mapa temático de geomorfologia foi elaborado observando-se o mapa temático fornecido pelo IBGE (2003b) e procurou descrever o modelado do terreno, integrando as informações concernentes às formas dos topos (morfografia) e aos índices morfométricos referentes à variação altimétrica (amplitude altimétrica) e à intensidade de dissecação do relevo pela drenagem (dimensão interfluvial).

Deste modo, de acordo com Crepani et al. (1996), para se obter o grau de estabilidade/vulnerabilidade do tema geomorfologia, deve-se observar as formas de relevo e os índices morfométricos. Para os relevos planos e suavemente ondulados, os interflúvios tabulares e as colinas de topos aplainados, deverão ser atribuídos valores de estabilidade (variam de 1,0 a 1,6). Já, os relevos ondulados, dissecados em colinas, deverão receber valores de estabilidade que variam de 1,7 a 2,3, enquanto os relevos fortemente ondulados a escarpados, dissecados em ravinas e cristas, receberão valores mais próximos à instabilidade (2,4 a 3,0). Assim, as unidades que apresentarem valores altos de amplitude e de dissecação favorecerão os processos morfogenéticos (valores próximos a 3,0), enquanto que, em situação de baixos valores, predominarão os processos pedogenéticos (valores próximos a 1,0).

Formas do Relevo

As formas do relevo foram definidas de acordo com a proposta metodológica de Ross (1992), correspondentes ao 4º Taxon. Segundo o autor, as formas de relevo individualizadas dentro de cada Unidade de Padrão de Formas Semelhantes podem ser de agradação, tais como as planícies fluviais, os terraços fluviais, ou de denudação, resultantes do desgaste erosivo, como as formas com topos planos, aguçados ou convexos.

A morfografia foi delimitada a partir da rugosidade topográfica visualizada na imagem de satélite e com base nas informações obtidas no trabalho de campo (fotografias, descrições

das áreas). As unidades identificadas corresponderam às formas de planície fluvial, topos aguçados, topos convexos, topos tabulares e superfícies planas, que permitiram a integração das informações referentes aos outros índices morfométricos. Posteriormente, definiram-se os valores referentes à estabilidade/vulnerabilidade das formas do relevo, segundo a metodologia proposta. As formas do relevo e o grau de vulnerabilidade atribuído a cada uma das classes pode ser verificado na tabela 5.

Tabela 5 – Valores de estabilidade/vulnerabilidade atribuídos às classes de formas do relevo.

Classes de formas do relevo	Valores de estabilidade/vulnerabilidade
Formas de planície fluvial	3,0
Formas com topos aguçados	3,0
Formas com topos convexos	2,0
Formas com topos tabulares	1,0
Formas de superfícies planas	1,0

Após definir o grau de estabilidade/vulnerabilidade das formas do relevo, foram elaboradas as programações da álgebra de mapas. Inicialmente, executou-se a *operação pontual de ponderação*, em que o geocampo temático de formas do relevo foi convertido em geocampo numérico. A seguir, aplicou-se a *operação média zonal* (MedZ), para que cada UTB recebesse um valor único de estabilidade/vulnerabilidade do tema. E, por fim, aplicou-se a *operação maioria zonal* (MaiZ), para que o nome da classe de formas do relevo de maior ocorrência fosse distribuído na tabela de geo-objetos UTBs.

Amplitude Altimétrica

A amplitude altimétrica foi obtida ao se calcular a variação altimétrica para cada uma das unidades geomorfológicas definidas durante a elaboração do tema morfografia. Para isso, utilizou-se como referência as isolinhas e os pontos cotados digitalizados das cartas topográficas na categoria MNT. Foram geradas grades triangulares e retangulares, resultando em imagens de níveis de cinza que permitiram avaliar o resultado da interpolação. Posteriormente, definiram-se as classes de amplitudes altimétricas, segundo Ross (1994), bem como o grau de estabilidade/vulnerabilidade (Tabela 6).

Tabela 6 – Valores de estabilidade/vulnerabilidade atribuídos às classes de amplitude altimétrica.

Classes de amplitude altimétrica (m)	Valores de estabilidade/vulnerabilidade
< 20	1,0
20 -50	1,5
50 – 110	2,0
110 – 230	2,5
> 230	3,0

Fonte: Modificado de Ross (1994).

Do mesmo modo que ao tema formas do relevo, foram elaboradas as programações da álgebra de mapas. Inicialmente, executou-se a *operação pontual de ponderação*, em que o geocampo temático de amplitude altimétrica foi convertido em geocampo numérico. Logo, aplicou-se a *operação média zonal* (MedZ), para que cada UTB recebesse um valor único de estabilidade/vulnerabilidade do tema. E, finalmente, aplicou-se a *operação maioria zonal* (MaiZ), para que o nome da classe de amplitude altimétrica de maior ocorrência fosse distribuído na tabela de geo-objetos UTBs.

Dimensão Interfluvial

A dimensão interfluvial retratou a dissecação do relevo pela drenagem e foi obtida, seguindo as orientações de Crepani et al. (1996), para cada uma das unidades geomorfológicas definidas durante a elaboração do tema morfografia. Chegou-se à dimensão por meio do cálculo da média aritmética de três medidas de distância entre um vale e outro dentro de cada unidade.

Assim, foram definidas as classes de dimensão dos interflúvios que melhor representassem os resultados obtidos, também norteados pelas definições de Ross (1994). Após as classes temáticas terem sido determinadas, definiu-se o seu grau de estabilidade/vulnerabilidade (Tabela 7).

Tabela 7 – Valores de estabilidade/vulnerabilidade atribuídos às classes de dimensão dos interflúvios.

Classes de dimensão dos interflúvios (m)	Valores de estabilidade/vulnerabilidade
< 250	3,0
250 - 750	2,5
750 - 1750	2,0
1750 - 3750	1,5
> 3750	1,0

Fonte: Modificado de Ross (1994).

A partir dessas classes, executou-se uma *operação pontual de ponderação*, em que o geocampo temático foi substituído pelo geocampo numérico com os valores de estabilidade/vulnerabilidade. Em seguida, aplicou-se a *operação média zonal* (MedZ) e a *operação maioria zonal* (MaiZ), para que cada UTB recebesse o valor médio de estabilidade/vulnerabilidade e a classe de dimensão interfluvial de maior ocorrência.

Unidades Geomorfológicas

As Unidades Geomorfológicas resultaram da integração das informações referentes às formas de relevo e aos índices morfométricos. As Unidades possuem duas origens: formas agradacionais ou de acumulação, representadas pela letra maiúscula **A**, seguidas de duas letras minúsculas que indicam a gênese e o processo da forma de acumulação; e as formas denudacionais, representadas pela letra **D**, seguida de uma letra minúscula caracterizando a forma do topo, e de dois algarismos extraídos da matriz dos índices de dissecação (ROSS, 1992; MEDEIROS, 1999). O quadro 1 mostra a matriz dos índices de dissecação das formas de relevo utilizada.

Dimensão Interfluvial Média	Muito Baixa (> 3750m)	Baixa (1750 a 3750m)	Média (750 – 1750m)	Alta (250 – 750m)	Muito Alta (< 250m)
Entalhamento Médio dos Vales	1	2	3	4	5
Muito Fraco (< 20m) 1	1,0 11 1,0	1,5 12 1,0	2,0 13 1,0	2,5 14 1,0	3,0 15 1,0
Fraco (20 a 50 m) 2	1,0 21 1,5	1,5 22 1,5	2,0 23 1,5	2,5 24 1,5	3,0 25 1,5
Médio (50 a 110m) 3	1,0 31 2,0	1,5 32 2,0	2,0 33 2,0	2,5 34 2,0	3,0 35 2,0
Forte (110 a 230m) 4	1,0 41 2,5	1,5 42 2,5	2,0 43 2,5	2,5 44 2,5	3,0 45 2,5
Muito Forte (> 230m) 5	1,0 51 3,0	1,5 52 3,0	2,0 53 3,0	2,5 54 3,0	3,0 55 3,0

Quadro 1 – Matriz dos índices de dissecação das formas de relevo.

Fonte: Modificado de Ross (1992).

Observando o quadro 1, verificam-se os valores de estabilidade/vulnerabilidade associados a cada uma das células da matriz dos índices de dissecação (número do centro da célula). O número do canto superior direito da célula refere-se ao valor de vulnerabilidade da dimensão interfluvial, enquanto o número do canto inferior esquerdo da célula refere-se ao valor de vulnerabilidade atribuído ao entalhamento médio dos vales.

A vulnerabilidade final do tema geomorfologia foi obtida por meio de uma *operação pontual de média aritmética* dos valores referentes às formas do relevo, à amplitude altimétrica (grau de entalhamento dos vales) e à dimensão interfluvial (Apêndice B1), resultando em uma grade numérica dos valores. Posteriormente, foi executada uma *operação pontual Booleana*, para atribuir as classes temáticas definidas, de acordo com a morfografia e os índices morfométricos (Apêndice B2). As classes geomorfológicas e o grau de estabilidade/vulnerabilidade de cada uma podem ser observados na tabela 8.

Tabela 8 – Classes temáticas e valores de estabilidade/vulnerabilidade definidos para o mapa de geomorfologia.

Geo-Classe	Descrição	Forma	Grau de entalhamento	Dimensão interfluvial	Vulnerabilidade
Apf	Formas de planície fluvial	3,0	-	-	3,0
Da54	Formas com topos aguçados	3,0	3,0	2,5	2,8
Da53	Formas com topos aguçados	3,0	3,0	2,0	2,6
Da41	Formas com topos aguçados	3,0	2,5	1,0	2,1
Dc43	Formas com topos convexos	2,0	2,5	2,0	2,1
Dc42	Formas com topos convexos	2,0	2,5	1,5	2,0
Dc33	Formas com topos convexos	2,0	2,0	2,0	2,0
Dc41	Formas com topos convexos	2,0	2,5	1,0	1,8
Dc24	Formas com topos convexos	2,0	1,5	2,5	2,0
Dc15	Formas com topos convexos	2,0	1,0	3,0	2,0
Dc34	Formas com topos convexos	2,0	2,0	2,5	2,1
Dp23	Formas de superfícies planas	1,0	1,5	2,0	1,5
Dt32	Formas com topos tabulares	1,0	2,0	1,5	1,5
Dt42	Formas com topos tabulares	1,0	2,5	1,5	1,6
Dt33	Formas com topos tabulares	1,0	2,0	2,0	1,6
Dt32	Formas com topos tabulares	1,0	2,0	1,5	1,5
Dt43	Formas com topos tabulares	1,0	2,5	2,0	1,8

3.2.2.6 Geologia

O mapa Geológico foi elaborado de acordo com o mapa disponibilizado pelo IBGE (2003a), sendo que foi digitalizado e vetorizado no SIG do Spring, na categoria *Temática*. No

mapa geológico, foi importante observar os aspectos relacionados ao ambiente geológico onde o Município está inserido. Conforme proposto por Crepani et al. (1996), as rochas que apresentarem maior grau de coesão receberão valores próximos à estabilidade (1,0), já, para as rochas que apresentarem valores intermediários no seu grau de coesão, serão atribuídos valores intermediários (2,0) e, por último, às rochas que apresentarem os menores valores nos graus de coesão, serão atribuídos valores próximos à vulnerabilidade (3,0).

Devido à escala da fonte dos dados, foi possível identificar apenas uma classe temática de geologia, constituída basicamente de rochas efusivas básicas como os basaltos. A tabela 9 apresenta a classe temática e o grau de vulnerabilidade atribuído a ela.

Tabela 9 – Valores de estabilidade/vulnerabilidade atribuídos às classes de geologia.

Geologia				
Era	Período	Grupo	Formação	Valor de vulnerabilidade
Mesozóica	Juro-Cretáceo	São Bento	Serra Geral (JKsg)	1,5

A partir dessa classe temática, foram realizadas as programações algébricas. Inicialmente, efetuou-se uma *operação pontual de ponderação*, em que o geocampo temático foi substituído pelo geocampo numérico com os valores de estabilidade/vulnerabilidade. Em seguida, aplicou-se a *operação média zonal* (MedZ), para que cada UTB recebesse o valor médio de estabilidade/vulnerabilidade, e também a *operação maioria zonal* (MaiZ), para que as UTBs recebessem a classe de dimensão interfluvial de maior ocorrência.

3.2.2.7 Uso e Ocupação da Terra

O mapa de uso e ocupação da terra foi elaborado com base na interpretação da imagem de satélite, após terem sido realizadas as técnicas de processamento da imagem descritas no item 3.2.1.5. A etapa seguinte correspondeu à aplicação da segmentação da imagem. Nesse sentido, a segmentação é a etapa que geralmente antecede a classificação e consiste na divisão da imagem em um conjunto de regiões homogêneas e significativas, de modo que os pixels

definidos em cada região possuem propriedades e atributos idênticos (SPRING, 2011). Utilizou-se o método de crescimento por regiões, que é uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente regiões adjacentes espacialmente podem ser agrupadas.

Posteriormente, efetuou-se a classificação da imagem, que consiste em, a partir dos valores do contador digital de uma imagem em várias bandas, gerar uma nova imagem, mais simples, onde cada área estará associada a uma classe (CENTENO, 2003). Desta forma, os valores numéricos associados a cada região serão identificados em termos de um tipo de cobertura da superfície terrestre imageada (água, solo, vegetação), chamados de temas (CRÓSTA, 1992).

A classificação aplicada foi do tipo supervisionada, em que foram informados *a priori* o conjunto de classes (total de oito) e as amostras para as quais as regiões da imagem seriam mapeadas. Empregou-se o classificador por regiões, sendo que, no mapeamento, todos os pixels que formam a região foram definidos em uma mesma classe. Este classificador utiliza, além da informação espectral de cada pixel, a informação espacial que envolve a relação entre os pixels e seus vizinhos.

Foram adquiridas amostras de cada tema, sendo que 50% das amostras foram de aquisição e 50% de teste. Para todas as amostras, utilizou-se o classificador *Bhattacharya*, com um limiar de aceitação de 99,9%, pois apresentou os melhores resultados. Com as amostras selecionadas, verificou-se se elas estavam de acordo, por meio da análise das amostras. Neste processo, ainda se observou quais amostras de teste estavam sendo confundidas com outras classes e também o percentual de rejeição. Após o ajuste das amostras e a execução da classificação, efetuou-se o mapeamento, em que as classes foram associadas aos temas previamente definidos de acordo com os usos da terra.

Na definição das classes de uso da terra, consideraram-se as quatro principais categorias: áreas antrópicas não-agrícolas, áreas antrópicas agrícolas, áreas de vegetação natural e águas. De acordo com IBGE (2006), as classes de uso e ocupação da terra podem ser compreendidas como:

- Área urbanizada: áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, predominando as superfícies artificiais não-agrícolas;
- Corpos d'água continentais: referem-se aos corpos d'água naturais e artificiais como rios, canais, lagos e lagoas de água doce, represas e açudes;

- Campos: compreendem as áreas cobertas por gramíneas e pequenos arbustos durante o ano inteiro. São destinadas especialmente para o gado de corte e, em alguns casos, para o gado leiteiro;
- Culturas: compreendem as culturas temporárias e permanentes. As primeiras referem-se às culturas de curta ou média duração, como os cereais e as hortaliças, que, após a sua produção, deixam o terreno disponível para outro plantio. Já as culturas permanentes, de ciclo longo, permitem colheitas sucessivas, sem a necessidade de um novo plantio a cada ano, como as espécies frutíferas e a erva-mate;
- Pastagem: são aquelas áreas destinadas ao pastoreio do gado, formadas pelo plantio de forragens perenes, estando o solo coberto por vegetação de gramíneas ou leguminosas;
- Reflorestamento: compreendem as áreas de plantio ou formação de maciços com espécies florestais nativas ou exóticas. Neste uso, não se considera se o plantio é realizado em áreas anteriormente povoadas com espécies florestais ou não, pois reflorestamento denota todas as áreas povoadas por espécies florestais;
- Floresta nativa: consideram-se as formações arbóreas, incluindo aqui as áreas de Floresta Estacional Decidual (estrutura florestal com a perda das folhas dos estratos superiores durante o período desfavorável), e Floresta Ombrófila Mista (estrutura florestal que compreende a área de distribuição natural da *Araucária angustifolia*);
- Solo exposto: compreende aquelas áreas em pousio, sem nenhuma cobertura florestal, muitas vezes sendo preparadas para o plantio ou para a rotação de culturas.

Após a elaboração do mapeamento, realizou-se o trabalho de campo, a fim de coletar amostras de teste dos temas definidos. No campo, os temas foram fotografados e foi determinada sua posição geográfica por meio das coordenadas fornecidas pelo *GPS*. Procurou-se obter o máximo de amostras possíveis com distribuição em toda a área municipal.

Novamente, no banco de dados, as amostras identificadas a campo foram conferidas com o mapeamento de uso da terra, obtendo-se um bom resultado no mapeamento temático. Posteriormente, definiram-se os valores de estabilidade/vulnerabilidade das classes de uso, em que o tema vegetação ficará associado ao tema de uso da terra, visto que o mesmo visa a avaliar a quantidade de cobertura vegetal (Tabela 10).

Tabela 10 – Valores de estabilidade/vulnerabilidade atribuídos às classes de uso e ocupação da terra e à variável visual cor.

Uso e cobertura da terra	Grau de vulnerabilidade	Variável visual cor*
Área urbanizada	3,0	R: 255 G: 168 B: 192
Corpos d'água	1,5	R: 75 G: 78 B: 255
Campos	2,6	R: 218 G: 233 B: 134
Culturas	2,8	R: 255 G: 214 B: 0
Floresta exótica	2,2	R: 51 G: 112 B: 0
Floresta nativa	1,3	R: 115 G: 168 B: 0
Pastagem	2,5	R: 205 G: 137 B: 0
Solo exposto	3,0	R: 230 G: 30 B: 30

* As cores utilizadas na representação do Mapa de Uso e Ocupação da Terra pertencem ao sistema RGB (*red, green, blue*).

Fonte - Adaptado de Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2006).

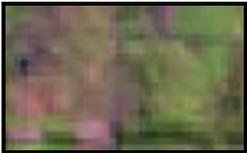
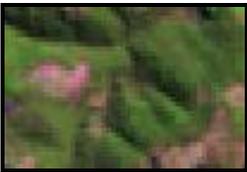
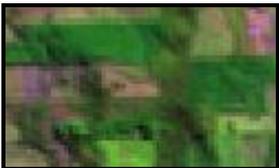
Com base no mapeamento, executaram-se as operações algébricas. Inicialmente, efetuou-se uma *operação pontual de ponderação*, em que o geocampo temático de vegetação/uso da terra foi substituído pelo geocampo numérico com os valores de estabilidade/vulnerabilidade. Posteriormente, aplicou-se a *operação média zonal* (MedZ) e a *operação maioria zonal* (MaiZ), para que cada UTB recebesse o valor médio de estabilidade/vulnerabilidade e a classe de temática de maior ocorrência.

3.2.2.8 Trabalho de Campo

O trabalho de campo foi realizado nos dias 11, 12 e 13 de julho, no município de Barão de Cotegipe. Para a sua realização, utilizou-se um *GPS Garmin*, duas máquinas fotográficas, uma prancheta para a notação, cartas topográficas da área e um mosaico da imagem do *Google Earth*. As rotas e os pontos de maior interesse a serem coletados foram definidos previamente, visando otimizar o trabalho de campo.

Elaborou-se uma planilha de informações a serem observadas e informadas junto a cada ponto coletado, que visaram orientar melhor a identificação das amostras de uso da terra na imagem de satélite e a posterior análise (Tabela 11).

Tabela 11 – Identificação dos usos da terra e vegetação na imagem de satélite, a campo e sua descrição.

Área na imagem	Fotografia	Descrição
 Área urbana		Ponto: 60 Amostra: Área urbana Localização: Descrição (geologia, solos):
 Corpos d'água		Ponto: 01 Amostra: Açude Localização: Descrição (geologia, solos):
 Campo		Ponto: 26 Amostra: Campo Localização: Descrição (geologia, solos):
 Culturas		Ponto: 53 Amostra: Culturas Localização: Descrição (geologia, solos):
 Floresta nativa		Ponto: 41 Amostra: Floresta nativa Localização: Descrição (geologia, solos):
 Floresta exótica		Ponto: 43 Amostra: Floresta exótica Localização: Descrição (geologia, solos):

Os itens ponto e amostra foram definidos previamente de acordo com o trajeto a ser realizado no campo e visaram identificar os dados associados à amostra correspondente à classe de uso da terra. A localização se referiu às coordenadas geográficas do lugar de captura da fotografia, bem como do nome da localidade em que estava situado. O item descrição permitiu descrever as principais características do seu entorno, como geomorfologia, vegetação, acesso, entre outros. Os dados coletados a campo permitiram identificar, na imagem de satélite, os usos da terra e os tipos de vegetação com maior acurácia.

O trabalho de campo possibilitou maior compreensão das relações no espaço, especialmente do homem com o meio, e, além de contribuir para o mapeamento de uso e ocupação da terra, permitiu orientar melhor a elaboração do tema de morfografia. Com esse trabalho, foi possível visualizar as diferentes interferências do homem no meio, de acordo com as características do lugar.

3.2.2.9 Mapa de Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo

O mapa de vulnerabilidade natural à perda de solo, como a metodologia propõe, foi elaborado a partir da integração dos quatro temas trabalhados: solos, geomorfologia, geologia e vegetação/uso e ocupação da terra. Para a definição do grau de estabilidade/vulnerabilidade final, executou-se uma *operação pontual de média aritmética* dos quatro temas trabalhados (Apêndice C1). O resultado desta operação foi uma nova grade de valores de vulnerabilidade.

A partir desta nova grade de valores, executaram-se as operações zonais. A operação seguinte constou da *operação média zonal* (MedZ), para que cada UTB recebesse o valor médio da estabilidade/vulnerabilidade na tabela de atributos (Apêndice C2). Posteriormente, utilizou-se o operador *Espacialize*, para a operação de espacialização dos valores dentro de cada UTB (Apêndice C3). Por último, executou-se o operador *Fatie*, para o fatiamento dos valores da escala de ponderação de 1,0 a 3,0 em 21 classes de estabilidade/vulnerabilidade, conforme o quadro 2 (Apêndice C4).

Unidade de Paisagem	Média			Grau de Vulnerabilidade	Grau de Saturação					
					R	G	B	Cores		
U1	↑	3,0		Vulnerável	255	0	0			
U2		2,9			255	51	0			
U3		2,8			255	102	0			
U4		2,7			255	153	0			
U5	V U L N E R A B I L I D A D E	2,6	E S T Á B I L I D A D E	Moderadamente Vulnerável	255	204	0			
U6		2,5			255	255	0			
U7		2,4			204	255	0			
U8		2,3		153	255	0				
U9		2,2		102	255	0				
U10		2,1		51	255	0				
U11		2,0		0	255	0				
U12		1,9		0	255	51				
U13		1,8		0	255	102				
U14		1,7		0	255	153				
U15		1,6		0	255	204				
U16		1,5		0	255	255				
U17		1,4		0	204	255				
U18		1,3		0	153	255				
U19		↓		1,2		Estável	0	102	255	
U20				1,1			0	51	255	
U21				1,0			0	0	255	

Quadro 2 – Representação dos valores e das classes de estabilidade/vulnerabilidade das unidades de paisagem.

Fonte: Modificado de Crepani et al. (1996).

Deste modo, a representação final do mapa de vulnerabilidade natural à perda do solo deu-se em uma escala de estabilidade/vulnerabilidade com 21 classes, que posteriormente foram associadas as cinco grandes classes (Estável, Moderadamente Estável, Medianamente Estável/Vulnerável, Moderadamente Vulnerável e Vulnerável), conforme o apêndice C5. As unidades mais estáveis apresentaram valores próximos a 1,0, as intermediárias, próximos a 2,0 e as unidades mais vulneráveis, próximos a 3,0.

3.2.2.10 Avaliação da Potencialidade Social e Econômica

A análise do potencial social e sua representação cartográfica tiveram como base a metodologia indicada por Becker e Egler (1996) e buscaram representar o dinamismo ecológico-econômico. A potencialidade social foi avaliada de acordo com os dados dos setores censitários do município, obtidos a partir do censo demográfico do IBGE para o ano de 2010 e do censo agropecuário de 2006.

Seguindo a proposta de Becker e Egler (1996), a potencialidade de cada unidade territorial foi estabelecida de acordo com a relação entre os fatores dinâmicos e os fatores restritivos, em termos econômicos, sociais e políticos, a partir de quatro grupos de parâmetros considerados como componentes básicos para o desenvolvimento sustentável: potencial natural, humano, produtivo e institucional. De acordo com a análise integrada destes quatro grupos, o potencial social de cada setor foi expresso em valores de potencial (alto, médio e baixo). A tabela 12 apresenta os valores de potencialidade atribuídos a cada um dos potenciais, de acordo com os critérios de dinamismo ou restrição.

Tabela 12 – Valores do potencial social de acordo com o dinamismo/restrrição dos setores censitários.

Potencial	Condições para o desenvolvimento humano	Valor
Alto	Prevalecem os fatores dinâmicos	3,0
Médio	Equivalência entre os valores dinâmicos e restritivos	2,0
Baixo	Prevalecem os fatores restritivos	1,0

Fonte – Becker e Egler (1996).

Os grupos de parâmetros (potencial natural, humano, produtivo e institucional) e os indicadores (dados coletados referentes a cada potencial) para expressar o dinamismo/restrrição foram coletados junto ao IBGE, com base no censo demográfico de 2010, censo agropecuário de 2006, banco de dados – Cidades@ e especialmente no Banco de Dados Agregados (Quadro 3).

Parâmetros	Indicadores	Dados Necessários
Potencial Produtivo	Densidade rodoviária	Extensão total de estradas
	Rendimento do chefe de família	Total de chefes com/sem rendimento
	Rentabilidade agropecuária	Valor da produção animal e vegetal/área
Potencial Institucional	Autonomia político-administrativa	% de receitas próprias/total de receitas municipais
	Participação político eleitoral	% de votantes/total de eleitores
Potencial Natural	Cobertura florestal	% de cobertura florestal/área
	Aptidão agrícola dos solos	Área total /tipo do solo
Potencial Humano	Serviços de saúde	n° de estabelecimentos/ habitantes atendidos
	Abastecimento de água	n° de domicílios abastecidos/total
	Saneamento domiciliar	n° de domicílios atendidos/total
	Coleta de lixo	n° de domicílios servidos/total
	Alfabetização	n° de alfabetizados - população maior que 5 anos/total

Quadro 3 – Parâmetros, indicadores e dados necessários para a elaboração do mapa de Potencial Social.

Após a coleta dos dados necessários para cada um dos indicadores, observou-se o dinamismo/restrrição, e atribuíram-se os valores de alto/baixo potencial, por meio da álgebra de mapas integrada, à base dos setores censitários.

3.2.2.11 Setores Censitários

Na análise dos dados do potencial social, utilizou-se a base dos setores censitários fornecida pelo IBGE no formato *shapefile*, totalizando 22 setores (12 urbanos – numerados de 01 a 10 e 21 e 22, e 10 rurais – numerados de 11 a 20). No SIG, criou-se uma categoria *Cadastral* e uma categoria *Objeto* responsáveis por agrupar os atributos referentes a eles. Os setores foram transformados em objetos, com nome e rótulos. Elaborou-se também uma tabela com os diferentes atributos definidos para os setores (Tabela 13).

Tabela 13 – Tabela de atributos dos setores censitários e seu significado.

Atributos	Significado
ID	Identificador gerado pelo SPRING
NOME	Nome estabelecido pelo usuário
AREA	Área de cada objeto mapeado
PERIMETRO	Perímetro de cada objeto mapeado
HUM_POT	Valores de potencialidade para o potencial humano
HUM_CLS	Classes de potencial humano
PROD_POT	Valores de potencialidade para o potencial produtivo
PROD_CLS	Classes de potencial produtivo
INST_POT	Valores de potencialidade para o potencial institucional
INST_CLS	Classes de potencial institucional
NAT_POT	Valores de potencialidade para o potencial natural
NAT_CLS	Classes de potencial natural
MED_POT	Valores de potencialidade social média para os setores
GEOL_VUL	Valores de estabilidade/vulnerabilidade para a geologia
GEOM_VUL	Valores de estabilidade/vulnerabilidade para a geomorfologia
VEG_VUL	Valores de estabilidade/vulnerabilidade para a vegetação
SOL_VUL	Valores de estabilidade/vulnerabilidade para os solos
MED_VUL	Valores de estabilidade/vulnerabilidade média

Observando-se a tabela 13, é possível verificar as informações que foram adicionadas à tabela de atributos dos setores censitários, na análise do potencial social, passíveis de serem consultadas no banco de dados. A álgebra de mapas possibilitou relacionar os quatro potenciais a cada um dos setores censitários, por meio dos atributos contidos na tabela, atualizando-os sempre que necessário.

3.2.2.12 Potencial Natural

O mapa de potencial natural foi elaborado com base nos dados de cobertura florestal, obtidos pela operação medida de classes no SIG do mapa de vegetação/uso e ocupação da terra, e de aptidão agrícola dos solos, adquirida com base na medida de classes do mapa de solos.

Para a análise do dinamismo/restrrição, com vistas a atribuir os valores de alta/baixa potencialidade deste tema, observou-se, para o indicador de cobertura florestal, a quantidade de área (hectares) verde em relação à área total de cada setor. Para o indicador de aptidão agrícola dos solos, levou-se em consideração a área ocupada por cada tipo de solo em relação à área total de cada setor. Assim foram atribuídos valores respectivos de cada solo de acordo com estabilidade/vulnerabilidade, bem como se realizaram operações de proporção pela área ocupada. Como resultado desta análise, foram obtidos os valores de alto/baixo potencial para cada setor no parâmetro potencial natural (Tabela 14).

Tabela 14 – Indicadores e valores de alto/baixo potencial por setores censitários para o potencial natural.

Potencial Natural							
Indicadores/Valor do Potencial				Indicadores/Valor do Potencial			
Setores	Cobertura florestal	Aptidão agrícola dos solos	Média do Potencial	Setores	Cobertura florestal	Aptidão agrícola dos solos	Média do Potencial
01	1,3	3,0	2,2	12	2,3	2,8	2,6
02	1,0	3,0	2,0	13	2,9	2,7	2,8
03	1,4	3,0	2,2	14	2,3	2,8	2,6
04	1,9	3,0	2,5	15	2,3	1,8	2,1
05	2,2	3,0	2,6	16	3,0	1,4	2,2
06	2,0	1,0	1,5	17	2,7	1,0	1,9
07	2,0	1,0	1,5	18	2,3	2,2	2,3
08	2,0	2,5	2,3	19	2,7	1,8	2,3
09	2,0	2,5	2,3	20	2,4	2,5	2,5
10	2,0	2,5	2,3	21	1,3	3,0	2,2
11	2,1	2,9	2,5	22	1,0	3,0	2,0

Ao observar a tabela 14, verifica-se que os valores representativos do potencial natural resultaram de uma média aritmética entre os valores atribuídos ao grau de cobertura florestal e da aptidão agrícola dos solos.

Posteriormente, no SIG, criou-se uma categoria *Temática* e um PI, para representação dos dados e análise por meio da álgebra de mapas. A primeira operação executada foi a *operação pontual de ponderação* (Apêndice D1), na qual se atribuiu a cada classe os respectivos valores de alto/baixo potencial. Logo, foram realizadas as operações zonais:

operação média zonal (MedZ), para que cada setor censitário recebesse o valor médio do grau de potencial (Apêndice D2), e *operação maioria zonal* (MaiZ), para que a classe temática de maior ocorrência fosse adicionada à tabela de atributos dos setores (Apêndice D3). Por último, executou-se o operador *Fatie*, para o fatiamento das classes temáticas no mapa de potencial natural, de acordo com os valores de alto/baixo potencial, na escala de 21 classes, conforme o Quadro 3 (Apêndice D4) e também o fatiamento para as cinco classes de potencial natural (Apêndice D5).

3.2.2.13 Potencial Humano

O potencial humano foi avaliado de acordo com o dinamismo/restrrição expressos nos dados de serviços da saúde, abastecimento de água, saneamento domiciliar, coleta de lixo e alfabetização. Com exceção dos dados de serviços da saúde, que foram adquiridos no diretório Cidades@ do *site* do IBGE, os demais foram obtidos do censo demográfico de 2010.

Para a análise do indicador serviços da saúde, considerou-se o total de leitos hospitalares pelo número de habitantes de cada setor; para o indicador abastecimento de água, considerou-se o total de domicílios abastecidos com água (rede geral, poço ou nascente, outras formas) pelo total de domicílios de cada setor; para o saneamento domiciliar, considerou-se o total de domicílios com esgotamento sanitário na rede geral, com fossa séptica, fossa rudimentar, lançado em vala, lançado em rio ou lago pelo total de domicílios; no indicador coleta de lixo, foram considerados os dados relativos ao total de lixo coletado diretamente, queimado, enterrado, jogado em terreno baldio, jogado em rio ou lago, jogado em outro lugar, pelo total de domicílios do setor censitário; e, por último, no indicador alfabetização, considerou-se o total de pessoas alfabetizadas (maiores que 5 anos) pelo número total de pessoas residentes por setores.

Foram avaliados individualmente cada um dos indicadores, observando-se o dinamismo/restrrição, e atribuiu-se um valor respectivo de alto/baixo potencial para cada setor censitário, resultando o potencial humano de uma média desses valores (Tabela 15).

Tabela 15 – Indicadores e valores de alto/baixo potencial por setores censitários para o potencial humano.

Potencial Humano						
Setores	Indicadores/Valores do Potencial					
	Serviços de saúde	Abastecimento de água	Saneamento domiciliar	Coleta de lixo	Alfabetização	Média do Potencial
01	3,0	2,9	2,6	3,0	2,6	2,8
02	2,8	3,0	2,6	3,0	2,7	2,8
03	1,4	2,9	2,4	2,9	1,3	2,2
04	2,6	2,9	2,9	3,0	2,0	2,7
05	1,9	2,7	2,1	2,5	1,0	2,0
06	1,2	2,0	1,6	1,6	2,1	1,7
07	1,2	2,0	1,6	1,6	2,1	1,7
08	1,0	1,3	1,5	1,3	2,9	1,6
09	1,0	1,3	1,5	1,3	2,9	1,6
10	1,0	1,3	1,5	1,3	2,9	1,6
11	1,6	2,0	1,7	1,8	2,6	1,9
12	1,7	1,9	1,6	2,0	2,6	1,9
13	1,1	1,7	1,7	1,9	1,6	1,6
14	1,5	2,0	1,6	1,7	3,0	2,0
15	1,6	2,0	1,5	1,6	2,6	1,9
16	1,6	1,8	1,6	1,8	1,9	1,7
17	1,2	1,8	1,6	1,6	1,3	1,5
18	1,4	1,8	1,5	1,7	2,3	1,7
19	1,5	1,5	1,4	1,9	2,1	1,7
20	1,6	1,4	1,5	1,6	2,6	1,7
21	3,0	2,9	2,6	3,0	2,6	2,8
22	2,8	3,0	2,6	3,0	2,7	2,8

De posse destes dados, no SIG, criou-se uma categoria *Temática* e um PI para representação dos dados e análise algébrica. Primeiramente, executou-se a *operação pontual de ponderação*, na qual se atribuiu a cada classe os respectivos valores de alto/baixo potencial. A seguir, executaram-se as operações zonais: *operação média zonal (MedZ)*, para que cada setor censitário recebesse o valor médio do grau de potencial, e *operação maioria zonal (MaiZ)*, para que a classe temática de maior ocorrência fosse adicionada na tabela de atributos dos setores. Por último, executou-se o operador *Fatie*, para o fatiamento das classes temáticas do mapa de potencial humano, de acordo com os valores de alto/baixo potencial.

3.2.2.14 Potencial Produtivo

Para a análise do potencial produtivo, foram observados três indicadores de maior importância. Os dados deste parâmetro tiveram diferentes fontes de consulta: os dados de densidade rodoviária, adquiridos junto ao SIG por meio da medida de classes do tema estradas; o indicador rendimento do chefe da família, adquirido junto aos dados do censo demográfico do IBGE; e o indicador rentabilidade agropecuária, adquirido junto ao IBGE e decorrente da pesquisa agropecuária municipal.

O dinamismo/restrrição foi avaliado individualmente para cada um dos temas e, posteriormente, foram atribuídos os valores de alto/baixo potencial, em que o potencial produtivo resultou da média dos indicadores avaliados (Tabela 16).

Na avaliação do dinamismo/restrrição dos dados de densidade rodoviária, observou-se o total de estradas em km² pela área total (km²) do setor censitário. Para o indicador de rendimento do chefe da família, avaliou-se o total de rendimento de cada setor pelo total de chefes de família existentes em cada um. Por fim, no indicador rentabilidade agropecuária, considerou-se o total de rentabilidade agropecuária (animal e vegetal) pela área total do setor.

Após terem sido definidos os valores de alto/baixo potencial para o potencial produtivo, criou-se, no SIG, uma categoria *Temática* e um PI para representação dos dados e análise por meio da álgebra de mapas.

Inicialmente, executou-se a *operação pontual de ponderação*, na qual se atribuiu a cada classe os respectivos valores de potencial. Em seguida, executaram-se as operações zonais: *operação média zonal* (MedZ), para que cada setor censitário recebesse o valor médio do grau de potencial, e *operação maioria zonal* (MaiZ), para que a classe temática de maior valor fosse adicionada na tabela de atributos nos setores. Por último, executou-se o operador *Fatie*, para o fatiamento das classes temáticas do mapa de potencial produtivo, de acordo com os valores de alto/baixo potencial.

Tabela 16 – Indicadores e valores de alto/baixo potencial por setores censitários para o potencial produtivo.

Potencial Produtivo				
Indicadores/Valores do Potencial				
Setores	Densidade rodoviária	Rendimento do chefe de família	Rentabilidade agropecuária	Média do Potencial
01	2,2	2,2	1,0	1,8
02	1,3	2,9	1,0	1,7
03	1,0	1,1	1,0	1,0
04	2,4	2,4	1,0	1,9
05	1,5	1,7	1,0	1,4
06	3,0	1,9	3,0	2,6
07	3,0	1,9	3,0	2,6
08	2,9	1,4	3,0	2,4
09	2,9	1,4	3,0	2,4
10	2,9	1,4	3,0	2,4
11	1,1	3,0	1,0	1,7
12	1,0	1,8	1,4	1,4
13	1,1	1,7	3,0	1,9
14	1,1	2,3	1,1	1,5
15	1,1	3,0	1,0	1,7
16	1,0	1,3	1,4	1,2
17	1,0	1,2	1,7	1,3
18	1,0	1,0	1,7	1,2
19	1,0	1,5	1,1	1,2
20	1,0	1,7	1,1	1,3
21	2,2	2,2	1,0	1,8
22	1,3	2,9	1,0	1,7

3.2.2.15 Potencial Institucional

O potencial institucional foi avaliado, de acordo com o dinamismo/restrrição, com base nos indicadores de autonomia político-administrativa e participação político eleitoral. Os dados referentes à participação político eleitoral foram adquiridos junto ao Tribunal Eleitoral Regional (TER), relativos à base de dados 2012, e os dados referentes à autonomia político-

administrativa foram obtidos na base de dados da FEE, em nível municipal, para o ano de 2010.

Na avaliação e atribuição dos valores de alto/baixo potencial, observou-se, com relação à autonomia político-administrativa, o total de receitas arrecadadas pelo total de despesas municipais. Já, para o indicador de participação político eleitoral, considerou-se o número total de votantes da última eleição pelo total de votantes aptos. Os valores potenciais foram definidos com base no dinamismo/restrição para cada tema e, para o potencial institucional, utilizou-se a média deles (Tabela 17).

Tabela 17 – Indicadores e valores de alto/baixo potencial por setores censitários para o potencial institucional.

Potencial Institucional							
Indicadores/Valores do Potencial				Indicadores/Valores do Potencial			
Setores	Autonomia político-administrativa	Participação político eleitoral	Média do Potencial	Setores	Autonomia político-administrativa	Participação político eleitoral	Média do Potencial
01	1,9	2,7	2,3	12	1,9	2,6	2,3
02	1,9	2,7	2,3	13	1,9	2,6	2,3
03	1,9	2,7	2,3	14	1,9	1,8	1,9
04	1,9	2,7	2,3	15	1,9	1,8	1,9
05	1,9	2,7	2,3	16	1,9	2,6	2,3
06	1,9	1,7	1,8	17	1,9	2,6	2,3
07	1,9	1,7	1,8	18	1,9	2,6	2,3
08	1,9	2,6	2,3	19	1,9	1,0	1,5
09	1,9	2,6	2,3	20	1,9	1,0	1,5
10	1,9	2,6	2,3	21	1,9	2,7	2,3
11	1,9	3,0	2,5	22	1,9	2,7	2,3

Igualmente aos demais potenciais já descritos, com base nos dados obtidos, criou-se uma categoria *Temática* e um PI no SIG. Executaram-se as operações algébricas, iniciando com a *operação pontual de ponderação*. Em seguida, efetuaram-se as operações zonais: *operação média zonal* (MedZ), para que cada setor censitário recebesse o valor médio do grau de potencial e *operação maioria zonal* (MaiZ), para que a classe temática de maior ocorrência fosse adicionada na tabela de atributos dos setores. Por fim, executou-se o operador *Fatie*,

para o fatiamento das classes temáticas do mapa de potencial institucional, de acordo com os valores de alto/baixo potencial.

3.2.2.16 Mapa de Potencial Social

O mapa de potencial social foi elaborado de acordo com uma média ponderada dos quatro potenciais: natural, humano, produtivo e institucional. Para esta operação, considerou-se basicamente o número de indicadores analisados, com peso 1,0 em cada um dos potenciais. Desta maneira, tem-se que o potencial social (**PotSocial**) é resultado da operação 2:

$$\text{PotSocial} = (\text{PotNatural} * 2,0 + \text{PotHumano} * 5,0 + \text{PotProdutivo} * 3,0 + \text{PotInstitucional} * 2,0) / 12 \quad (2)$$

Em que:

PotNatural: potencial natural multiplicado pelo peso 2,0

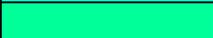
PotHumano: potencial humano multiplicado pelo peso 5,0

PotProdutivo: potencial produtivo multiplicado pelo peso 3,0

PotInstitucional: potencial institucional multiplicado pelo peso 2,0

Para esta operação, criou-se uma categoria *Temática* e um PI no banco de dados do SIG. A *operação pontual de média ponderada* do potencial social foi executada por meio da integração das grades dos potenciais, de acordo com os pesos considerados para cada um dos potenciais (Apêndice E1). Em seguida, executou-se o operador algébrico *Fatie*, para o fatiamento das classes temáticas do potencial social, de acordo com os valores da grade (Apêndice E2), segundo o quadro 4, na escala de 21 classes e posteriormente, realizou-se o fatiamento em cinco classes temáticas (Apêndice E3). Por fim, efetuou-se a *operação média zonal* (MedZ), para que cada setor censitário recebesse o valor médio do grau de potencial na tabela de atributos (Apêndice E4).

Assim, a representação final do mapa de potencial social deu-se em uma escala de potencial alto/baixo com 21 classes que posteriormente foram associadas as cinco grandes classes (Baixo, Moderadamente Baixo, Medianamente Baixo/Alto, Moderadamente Alto e Alto). Os setores com potencial baixo apresentaram valores próximos a 1,0, os intermediários, próximos a 2,0, e os setores com potencial alto, próximos a 3,0.

Unidade de Paisagem	Média			Grau de Potencial Social	Grau de Saturação			
					R	G	B	Cores
U1	↑	3,0	↓	Alto	0	0	255	
U2		2,9			0	51	255	
U3		2,8			0	102	255	
U4		2,7			0	153	255	
U5	D I N A M I S M O	2,6	R E S T R I Ç Ã O	Moderadamente Alto	0	204	255	
U6		2,5			0	255	255	
U7		2,4		Medianamente Alto/Baixo	0	255	204	
U8		2,3			0	255	153	
U9		2,2			0	255	102	
U10		2,1			0	255	51	
U11		2,0		Moderadamente Baixo	0	255	0	
U12		1,9			51	255	0	
U13		1,8			102	255	0	
U14		1,7			153	255	0	
U15	1,6	Baixo	204	255	0			
U16	1,5		255	255	0			
U17	1,4		255	204	0			
U18	1,3	Baixo	255	153	0			
U19	1,2		255	102	0			
U20	1,1		255	51	0			
U21	1,0		255	0	0			

Quadro 4 – Representação dos valores e das classes de alto/baixo potencial dos setores censitários de acordo com o potencial social.

3.2.3 Nível Semântico

No nível semântico, a interpretação foi fundamental para se obter resultados conclusivos a partir dos dados selecionados e correlacionados aos níveis anteriores. Neste momento, estabeleceram-se algumas generalizações possíveis e os dados, antes de carácter factual ou numérico, passaram a ser vistos de acordo com sua representação e significação. Assim, o mapa de vulnerabilidade natural e o de potencialidade social foram representados em um único mapa síntese, o mapa das unidades de paisagem, de subsídios à gestão territorial. Este último, resultado da integração dos dados, possibilitou a análise individual de

dada unidade homogênea, de acordo com os critérios de consolidação, conservação, recuperação e expansão.

3.2.3.1 Mapa das Unidades de Paisagem

O mapa das unidades de paisagem, síntese de todas as informações, consistiu na integração do mapa de vulnerabilidade natural à perda de solo com o mapa de potencialidade social, por meio da álgebra de mapas. De acordo com a metodologia descrita por Becker e Egler (1996), a síntese das unidades de paisagem poderá apresentar unidades produtivas de expansão ou consolidação e unidades críticas de recuperação ou conservação, de acordo com os valores de vulnerabilidade ou potencialidade da unidade (Figura 12).

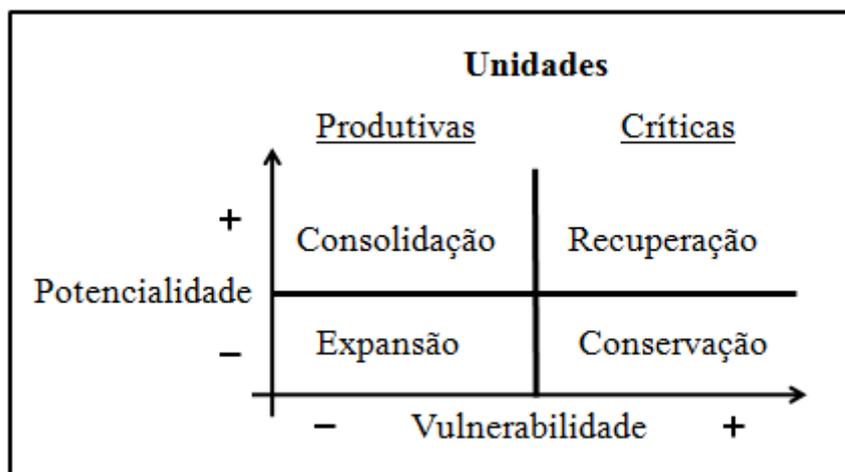


Figura 12 – Classificação das unidades de paisagem de consolidação, expansão, recuperação e de conservação.

Fonte – Modificado de Becker e Egler (1996).

Assim, de acordo com a figura 12, foram consideradas unidades produtivas de consolidação ou de fortalecimento do desenvolvimento humano aquelas que apresentaram baixa vulnerabilidade e alta potencialidade. As unidades que apresentaram baixa potencialidade e baixa vulnerabilidade foram definidas como unidades de expansão do

potencial produtivo, pois seus fatores determinantes, físicos e sociais, permitem o desenvolvimento desta unidade.

Com relação às unidades críticas, foram consideradas unidades de recuperação aquelas que apresentaram alta potencialidade e alta vulnerabilidade, devido ao alto potencial de desenvolvimento (fatores sociais) e à elevada vulnerabilidade natural. Já as unidades que apresentaram alta vulnerabilidade e baixa potencialidade foram consideradas de conversação, devido, sobretudo, ao elevado grau de vulnerabilidade natural.

No banco de dados do SIG, criou-se uma categoria *Temática* e um PI para que as informações relativas à vulnerabilidade e à potencialidade fossem integradas. Além disso, executou-se uma *operação Booleana* para que fossem criadas as classes temáticas de recuperação, expansão, consolidação e conservação, de acordo com os valores de vulnerabilidade e potencialidade presentes nas grades numéricas (Apêndice F1). Nesse sentido, considerou-se alta potencialidade valores acima de 2,0 e baixa, valores abaixo de 2,0, bem como para a vulnerabilidade (alta, valores maiores que 2,0, e baixa, menores que 2,0).

A síntese desta integração resultou em unidades relativamente homogêneas, mas não estáticas, isto é, em unidades que poderão expandir ou não sua área, de acordo com as iniciativas de implementação e ações ambientais. Desse modo, este instrumento servirá como subsídio para gestão territorial no município, pois integrou os aspectos naturais e humanos presentes na paisagem.

3.2.4 Nível Normativo

O último nível, o normativo, apresenta o produto da pesquisa como um modelo representado através de mapas que traduzem de maneira simples o resultado final. Nesta etapa, foram expostos os resultados e as análises dos dados representados cartograficamente no mapa de unidades de paisagem, o mapa síntese. Além disso, algumas recomendações importantes foram destacadas, para fins de implementação de ações de planejamento municipal e contribuição para a ciência geográfica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Cartografia Analítica: análise e interpretação dos aspectos ambientais

4.1.2 Solos

De acordo com o mapa de solos do IBGE (2003c), foram identificados três tipos de solos no município de Barão de Cotegipe (Figura 13), pertencentes às classes de Cambissolos, Latossolos e Neossolos, na escala 1:250000.

Os Cambissolos são solos rasos a profundos, constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente, variando de bem drenados a imperfeitamente drenados, e estão em processo de transformação (EMBRAPA, 2006; STRECK et al., 2008). No município, destacou-se a presença dos Cambissolos Háplicos, que se caracterizam por não serem húmicos e nem de caráter flúvico. Localizam-se especialmente na porção norte, representando 36,63% da área, e, por serem originados de basalto, apresentam melhor fertilidade química em relação aos solos originados de riolito ou granito, recebendo valor de vulnerabilidade 2,0.

Os Latossolos são solos normalmente profundos e homogêneos (transição difusa ou gradual dos horizontes), altamente intemperizados, com predomínio de caulinita e óxidos de ferro e bem drenados (STRECK et al., 2008). Os Latossolos Brunos, encontrados desde a porção sul estendendo-se até o norte do município, ocupando 60,82% do território, são considerados solos mais estáveis (valor 1,0), em função de suas características físicas (profundos, bem drenados, muito porosos, bem estruturados) e pela boa aptidão agrícola.

Os Neossolos compreendem solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, pois são solos novos, pouco desenvolvidos a partir dos mais diversos tipos de rochas (EMBRAPA, 2006; STRECK et al., 2008). Destacam-se ainda, no município, os Neossolos Litólicos, situados na sua porção nordeste e em pequena proporção (2,55%). São considerados solos mais vulneráveis, pois apresentam um horizonte A ou O assentado diretamente sobre horizonte C ou sobre materiais com 90% ou mais da sua massa construída por fragmentos de rochas com diâmetro maior que 2 mm, com contato lítico (rocha, camada R) dentro de 50 cm da superfície do solo.

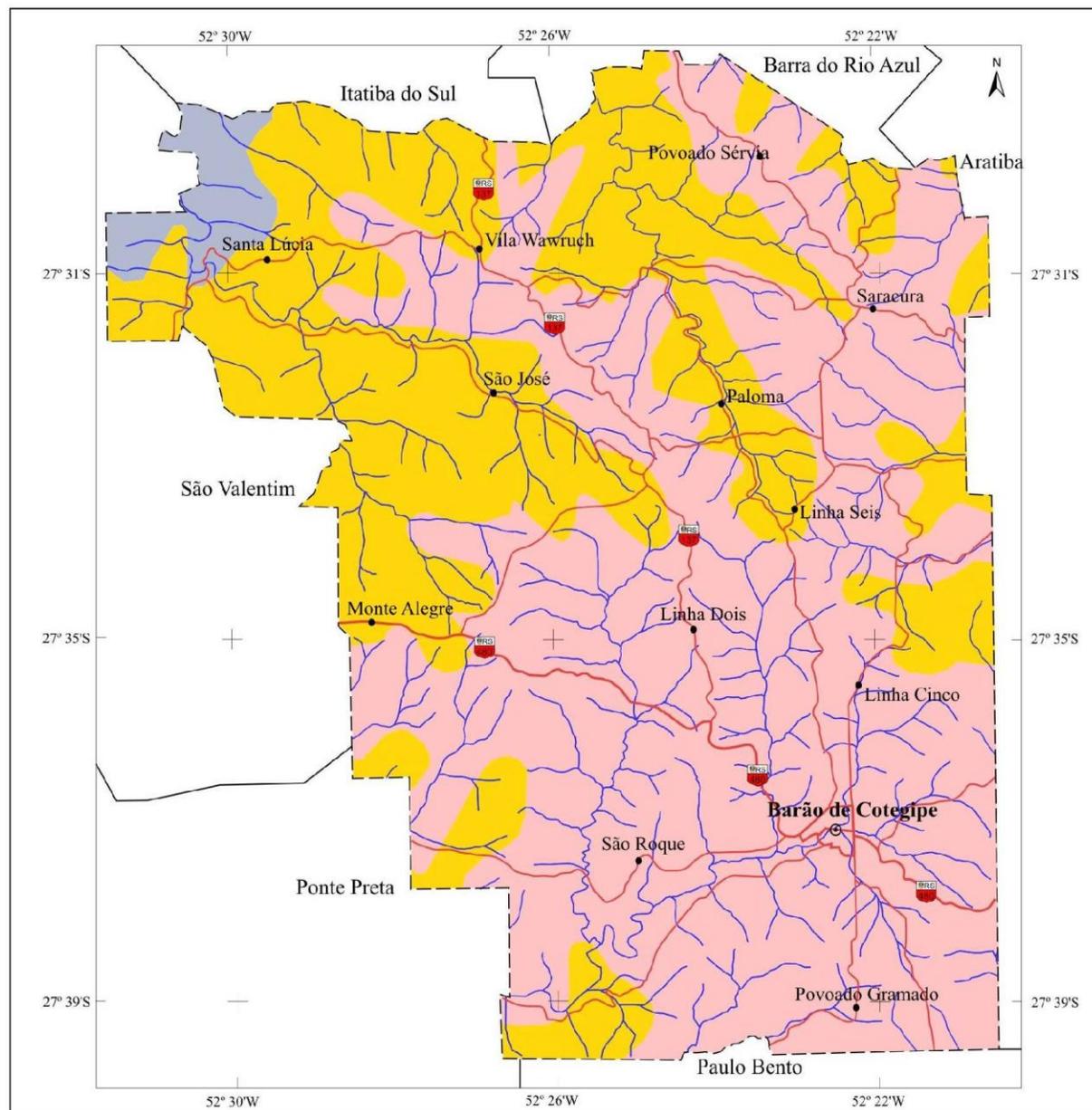
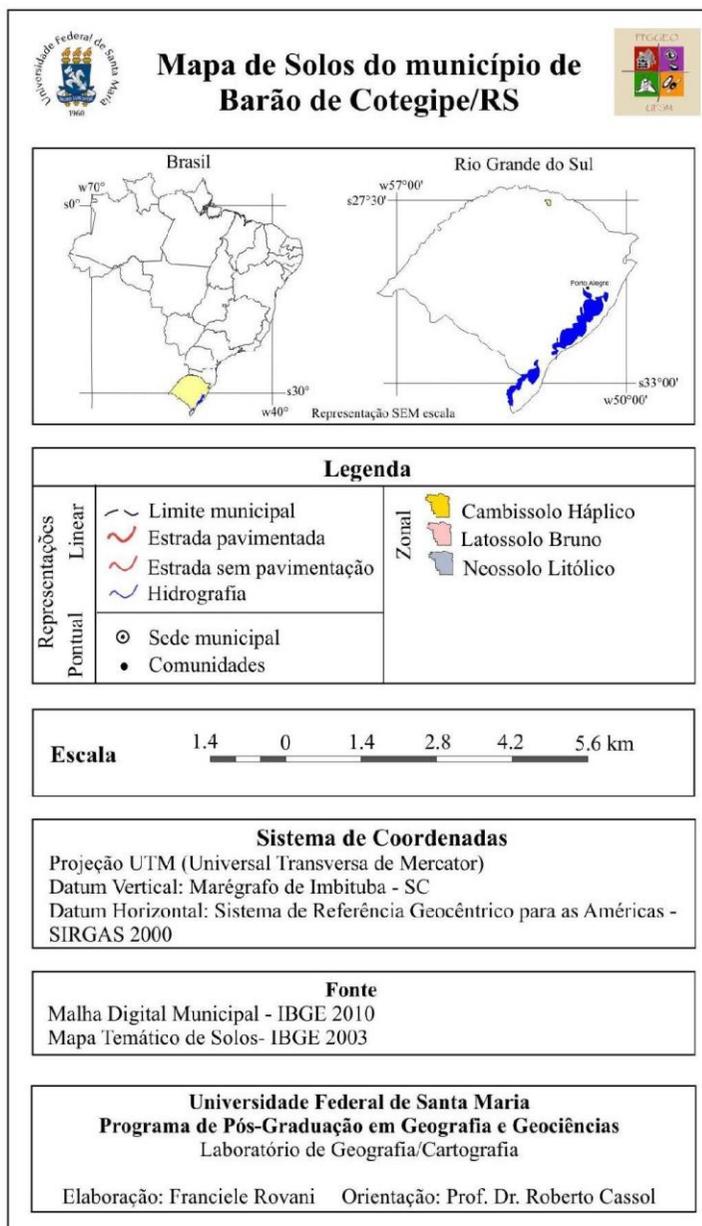


Figura 13 - Mapa de Solos do município de Barão de Cotegipe/RS.



4.1.3 Geomorfologia

No Rio Grande do Sul, segundo o IBGE (2003b), são encontrados três Domínios Morfoestruturais: Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares Quaternários, Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares e Domínio Morfoestrutural dos Embasamentos em Estilos Complexos. A região norte no Estado está compreendida no subdomínio morfoestrutural da Bacia e Coberturas Sedimentares do Paraná, correspondendo a planaltos monoclinais, com inclinações para oeste em consequência do mergulho das rochas da Província Paraná (IFC, 2002).

O município em estudo situa-se no domínio morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, na unidade morfoescultural do Planalto das Araucárias. Nesta unidade de planaltos, as características morfológicas são definidas em função das diferenciações litológicas, heterogeneidade. Essas diferenciações se referem principalmente à Formação Serra Geral, que compreende o substrato litológico fundamental, constituído por uma sequência espessa de rochas vulcânicas predominantemente básicas, mas também ácidas nas porções superiores dos derrames, bem como à cobertura de arenitos cenozóicos em sua porção sudeste, correspondente a Formação Tupanciretã (IFC, 2002).

Destaca-se também a presença das rochas efusivas ácidas e das rochas efusivas básicas em áreas distintas. As primeiras ocorrem principalmente em áreas mais planas e conservadas, com pequena amplitude altimétrica que acompanha os eixos da drenagem, sendo conhecidas regionalmente com o nome de Campos Gerais. Nas áreas onde ocorrem as rochas efusivas básicas, o relevo geralmente se apresenta dissecado, com vales profundos e encostas em patamares, caracterizando assim o que se denominou de Planalto Dissecado Rio Iguaçu – Rio Uruguai.

O mapa geomorfológico do município de Barão de Cotegipe, com detalhes na escala 1:50000, pode ser observado na figura 14. Ele foi elaborado com base na morfografia (formas dos topos) e nos índices morfométricos referentes à variação altimétrica, e na intensidade de dissecação do relevo pela drenagem (dimensão interfluvial). As unidades morfológicas foram definidas com base nos padrões das formas dos topos, e nas formas de agradação (Apf – planície fluvial) ou denudação (Da – Formas com topos aguçados, Dc – Formas com topos convexos, Dp – formas de superfícies planas e Dt – formas com topos tabulares), seguidas de um número referente aos índices morfométricos.

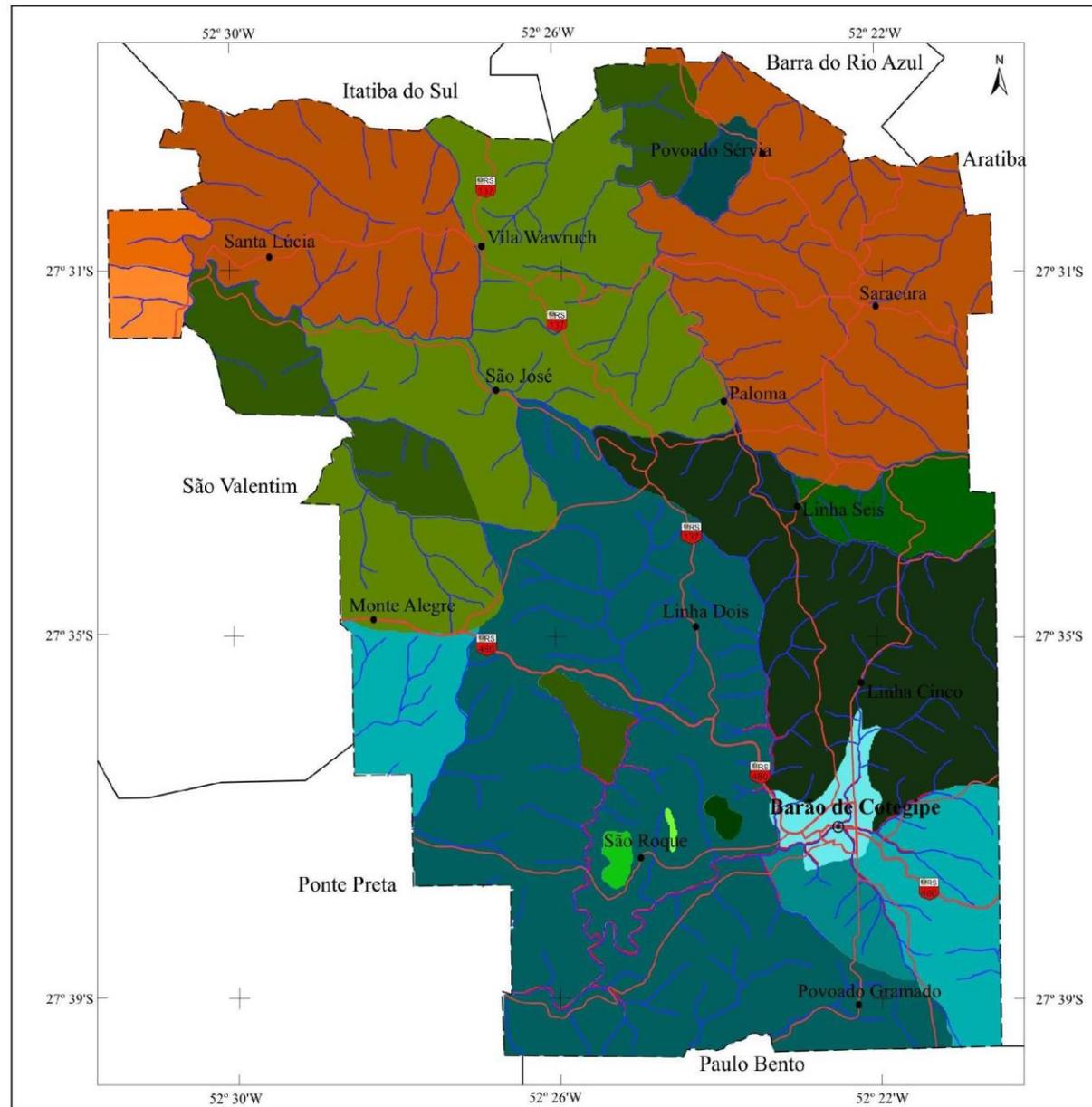
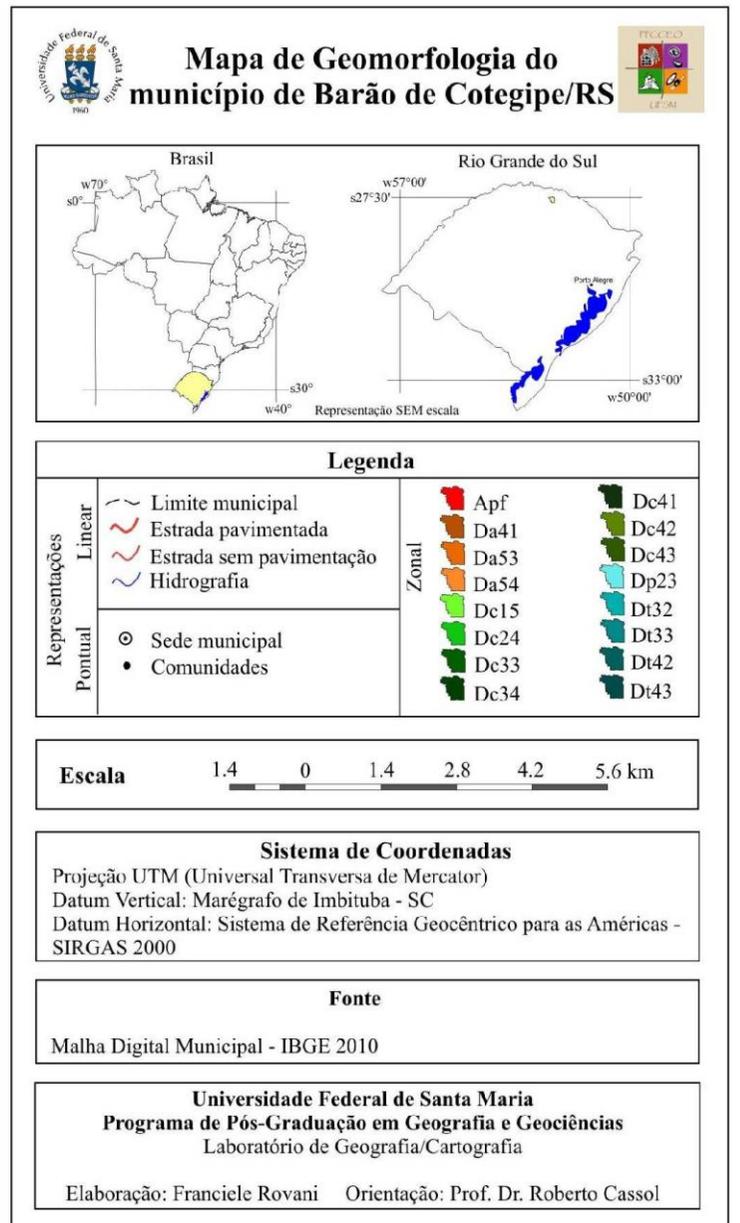


Figura 14 - Mapa de Geomorfologia do município de Barão de Cotegipe/RS.



Ao observar a figura 14, verifica-se que as formas com topos tabulares estão situadas principalmente na porção sul e centro do município, nas áreas com grau de entalhamento entre 50 a 110 metros e com predomínio da baixa dimensão interfluvial na classe de 1750 a 3750 metros. Estas formas apresentaram valores de vulnerabilidade de estável à moderadamente estável, pois representam relevos suavemente ondulados e interflúvios tabulares.

As formas com topos convexos encontram-se principalmente no leste, noroeste e norte do município e em algumas áreas isoladas, predominaram nas áreas com grau de entalhamento médio a forte (50 a 110 m e 110 a 230 m respectivamente) e com dimensão interfluvial variada desde as classes muito alta (<250 m) até muito baixa (>3750 m). Pelo fato de serem áreas com relevos ondulados, dissecados em colinas, receberam valores de vulnerabilidade próximos a 2,0, caracterizando-se como mediamente estável/vulnerável.

A terceira forma com maior ocorrência refere-se às formas com topos aguçados, localizados principalmente na porção norte, caracterizando relevos fortemente ondulados a escarpados, dissecados em ravinas e cristas, e, assim, apresentando valores de vulnerabilidade próximos a 3,0. Apresentaram grau de entalhamento forte (110 a 230 metros) a muito forte (> 230 metros) e dimensão interfluvial variada de muito baixa (>3750 m), média (750 a 1750 m) e alta (250 a 750 m).

As formas de superfícies planas, localizadas na área urbana do município, receberam valores de vulnerabilidade da classe de moderadamente estável, por serem áreas relativamente planas, apresentarem grau de entalhamento fraco (20 a 50 m) e dimensão interfluvial média (750 a 1750 m). Por último, as formas de planície fluvial, situadas na porção sul do município, receberam valores de vulnerabilidade 3,0, sendo assim consideradas áreas vulneráveis, pois apresentam grande potencial de morfogênese.

4.1.4 Geologia

O mapa de geologia foi elaborado com base em IBGE (2003a), na escala 1:250000 e pode ser observado na figura 15.

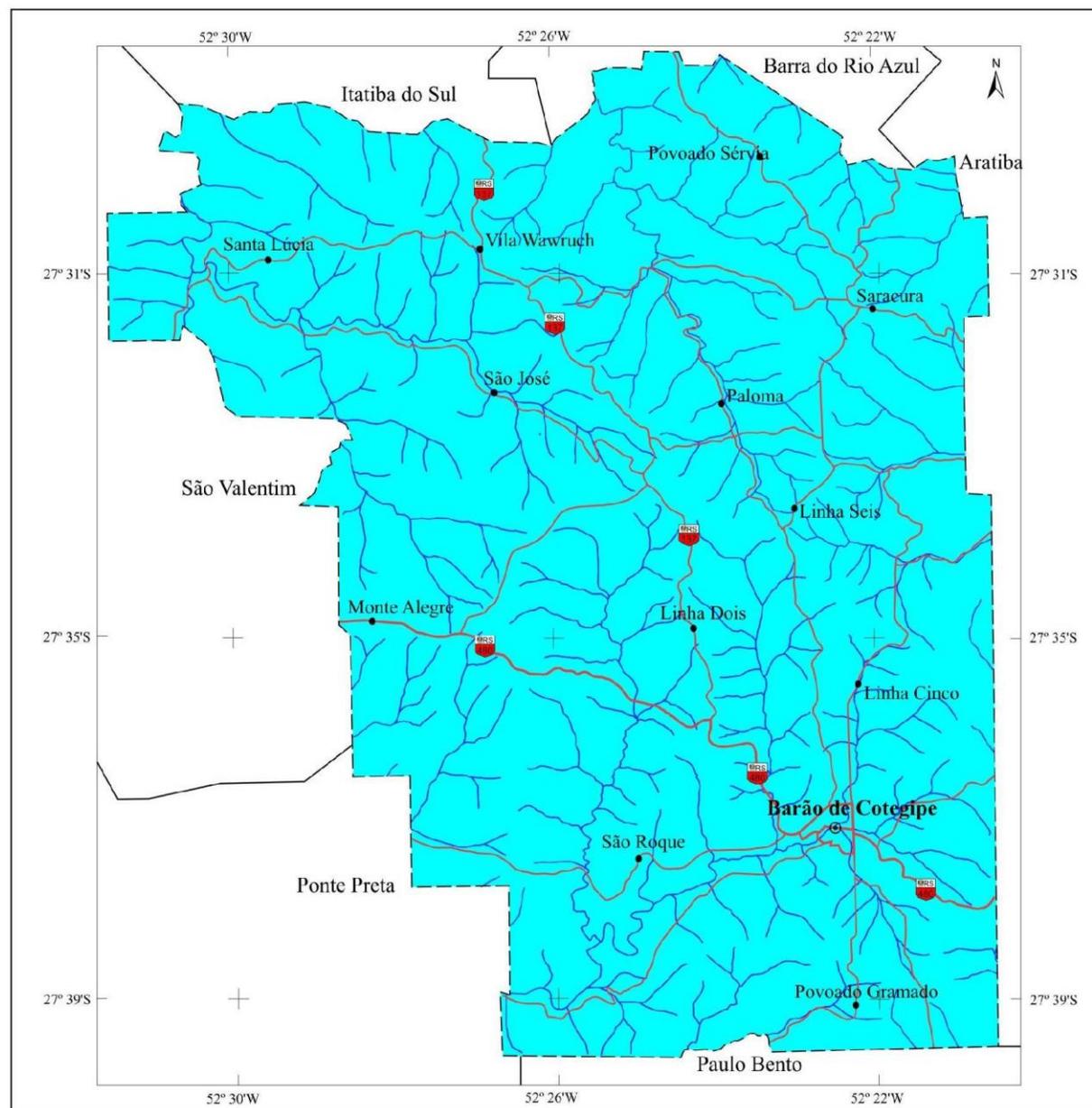
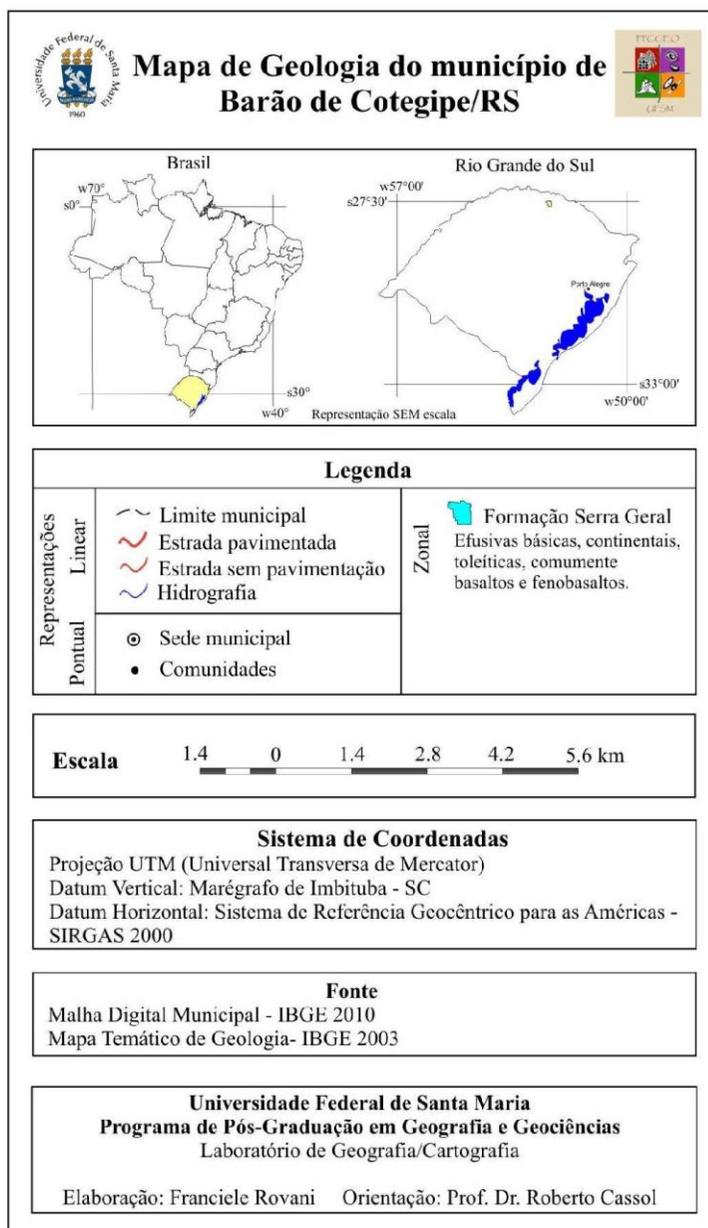


Figura 15 - Mapa de Geologia do município de Barão de Cotegipe/RS.



Com base na figura 15, verifica-se a presença de apenas uma classe do tema geologia, em função da escala original dos dados de 1:250000, denominada de Formação Serra Geral. Esta formação é constituída de rochas efusivas básicas, continentais, toleíticas, comumente basaltos e fenobasaltos. De acordo com IBGE (2003a), normalmente campeando as efusivas básicas, ocorre uma sequência de rochas de composição ácida constituída por riolitos felsíticos, riolitos felsíticos, dacitos felsíticos e seus correspondentes termos vítreos.

Esta formação tem idade aproximada de 110 a 160 milhões de anos, com origem na Era Mesozóica, no Período Juro-Cretáceo, e pertence ao Grupo São Bento (Formações Rosário do Sul, Botucatu e Serra Geral). Caracteriza-se pela maior estabilidade com relação à perda natural de solo, pois as rochas que a constituem apresentam maior grau de coesão quando comparadas aos arenitos, aos xistos, aos siltitos, de menor grau de coesão, e prevalecem os processos modificadores das formas do relevo.

4.1.5 Uso e Ocupação da Terra

O mapa de uso e ocupação da terra (Figura 16) visou identificar os usos da terra e os tipos de vegetação presentes no município, com base na interpretação da imagem de satélite *Landsat 5* e com o auxílio do trabalho de campo. Foram definidas oito classes de uso de maior relevância, e sua área de ocupação em hectares e em percentagem pode ser visualizada na tabela 18.

Tabela 18 – Classes de vegetação, uso e ocupação da terra e sua área ocupada em hectares e em percentagem.

Vegetação/Usos da terra	Área ocupada (ha)	Área ocupada (%)
Área urbanizada	170,38	0,65
Corpos d'água	19,84	0,07
Campos	1237,92	4,76
Culturas	12517,58	48,14
Floresta exótica	502,66	1,93
Floresta nativa	8375,42	32,21
Pastagem	2734,64	10,51
Solo exposto	451,51	1,73

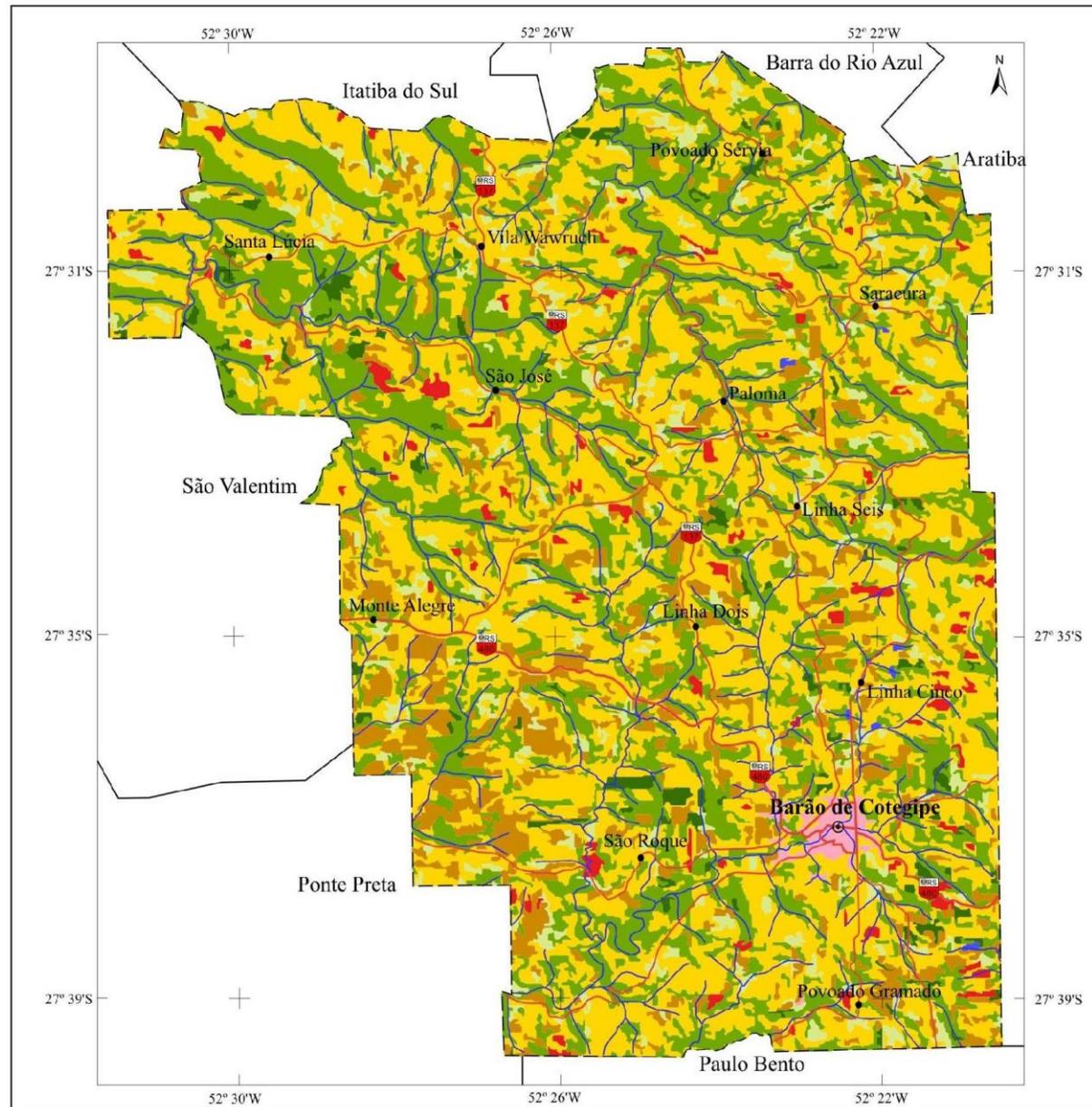
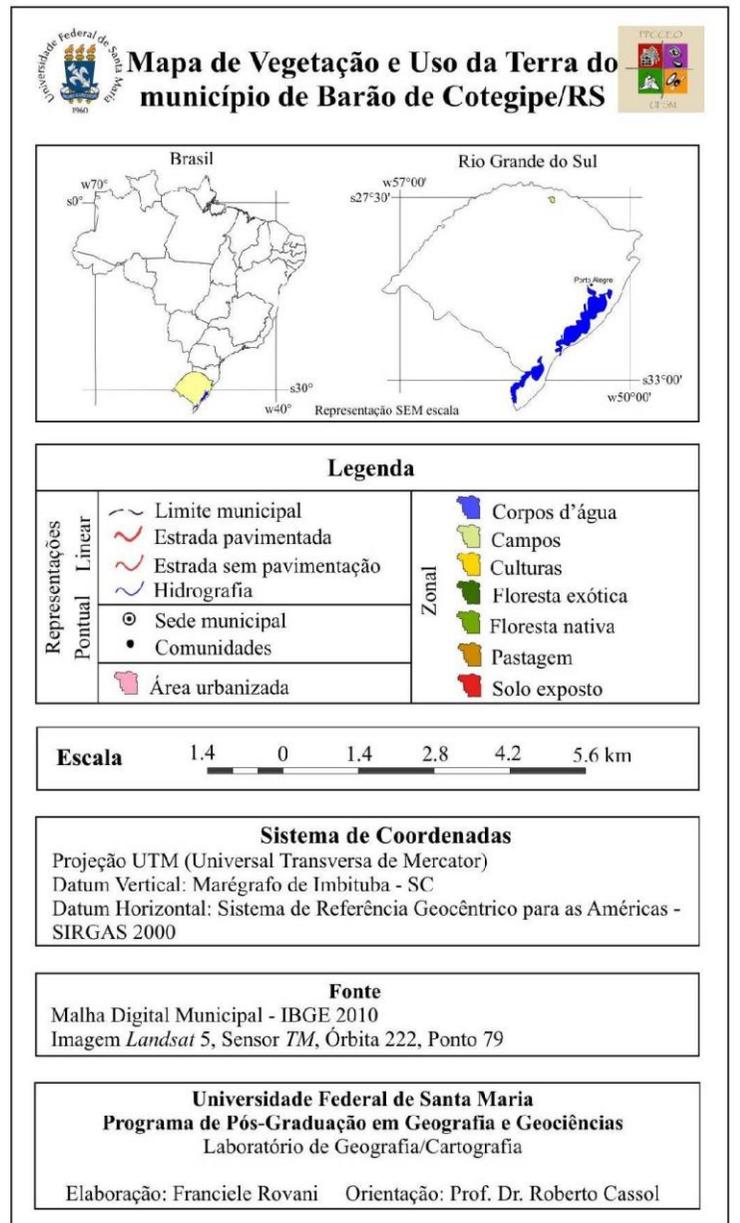


Figura 16 - Mapa de Vegetação e Uso da Terra do município de Barão de Cotegipe/RS.



Com base na figura 16 e na tabela 18, pode-se observar que o uso da terra de maior predominância no Município foi o das culturas, representando 48,14% da área total. Esta classe compreende as culturas temporárias, tais como milho, soja, feijão e trigo, e as áreas com culturas permanentes, como a erva-mate, os pomares de cítricas e os parreirais. Estas culturas, distribuídas de forma heterogênea em toda área de estudo, representam grau de vulnerabilidade relativamente alto, pois propiciam a perda de solo por meio das técnicas agrícolas de modo intensivo.

As áreas com floresta nativa, compreendendo a Floresta Ombrófila Mista (Floresta das Araucárias) e a Floresta Estacional Decidual (Floresta Subtropical do Alto Uruguai), correspondem a 32,21% da área total. Elas estão situadas principalmente nas áreas de maior declividade, nas encostas, e, de maneira mais expressiva, na parte norte do Município, nas áreas de relevo mais acidentado, margeando o leito dos rios. Estas áreas, ainda que, em partes, já antropofizadas, representam, na grande maioria, as áreas de preservação permanente (APP) ainda existentes e, por isso, caracterizam-se como áreas mais estáveis.

A terceira classe que aparece em maior proporção é a das pastagens (10,51%), plantadas principalmente neste período de análise. Estas áreas distribuídas de modo irregular são utilizadas principalmente para pastagens, para o gado leiteiro no inverno e, no verão, são utilizadas para o cultivo de culturas como milho, soja ou feijão. Devido a este tipo de uso, elas correspondem ao grau de moderadamente vulnerável à perda de solo.

Os campos compreendem as áreas cobertas por gramíneas e pequenos arbustos durante o ano inteiro e são destinados à criação do gado de corte e, em parte, do gado leiteiro. Localizam-se em pequenas porções do município, representando 4,76% da área total, e também se constituem em áreas moderadamente vulneráveis, pois o pisoteio do gado, durante vários ciclos produtivos, intensifica a possibilidade de desenvolvimento de ravinas, valos e, assim, da erosão.

As áreas com floresta exótica representam 1,93% da área municipal e estão em expansão, devido a incentivos para este cultivo, já que se caracteriza como um investimento rentável em longo prazo. As principais espécies cultivadas são de eucalipto e pinus, sendo que o primeiro ganha destaque na produção de madeira em toras e em lenha utilizadas na construção civil e em indústrias. Elas estão localizadas em algumas propriedades, como fonte de renda extra ou investimento futuro, e foram consideradas áreas medianamente estáveis/vulneráveis, pois, apesar de constituir uma cobertura vegetal mais duradoura, apresentam uso intensivo do solo.

A classe de uso de solo exposto corresponde àquelas áreas sem cobertura vegetal, que provavelmente estão em pousio e que serão utilizadas posteriormente para algum cultivo. Elas representam pequenas porções isoladas, perfazendo 1,73% da área total. Áreas com pouca ou sem cobertura vegetal se tornam potenciais áreas de lixiviação e perda do solo, sendo assim consideradas vulneráveis.

A área urbanizada mapeada compreende o perímetro urbano definido pelos setores censitários, ela está situada a sudeste do município, representando 0,65% de sua área total. Apresentou uma considerável expansão no decorrer dos anos, devido, sobretudo, ao êxodo rural intensivo, em que a população do meio rural, frente às inúmeras dificuldades encontradas na produção agrícola, exigências de mercado e mão de obra escassa, encontrou no meio urbano a possibilidade de emprego assalariado e a certeza de uma renda mensal. Assim, essas áreas urbanas, com a impermeabilização do solo e ocupação muitas vezes inadequada, constituem-se em áreas vulneráveis à perda de solo.

Os corpos d'água basicamente constituídos por reservatórios artificiais, como açudes, são utilizados para consumo diário de água para a criação de gado, suínos e aves, além de serem destinados à piscicultura, em desenvolvimento no município, visto que ela se constitui num incentivo aos agricultores, a fim de dinamizarem a produção na propriedade. Estas áreas são consideradas moderadamente estáveis por não apresentarem significativos potenciais à perda de solo em relação as demais classes de uso.

4.1.6 Mapa de Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo

O mapa de vulnerabilidade natural à perda do solo, resultante da integração das informações referentes aos valores de estabilidade/vulnerabilidade dos solos, da geomorfologia, da geologia e da vegetação e uso da terra com base nas UTBs, pode ser observado na figura 17.

As classes de estabilidade e vulnerabilidade foram definidas de acordo com o quadro 2. As unidades que apresentaram valores entre 1,0 a 1,3 foram definidas como estáveis, as que apresentaram valores de 1,4 a 1,7 foram classificadas de moderadamente estável. Os valores no intervalo de 1,8 a 2,2 definiram a classe de medianamente estável/vulnerável, os valores entre 2,3 a 2,6 determinaram a classe de moderadamente vulnerável e, por fim, as unidades com valores entre 2,7 a 3,0 foram classificadas de vulneráveis.

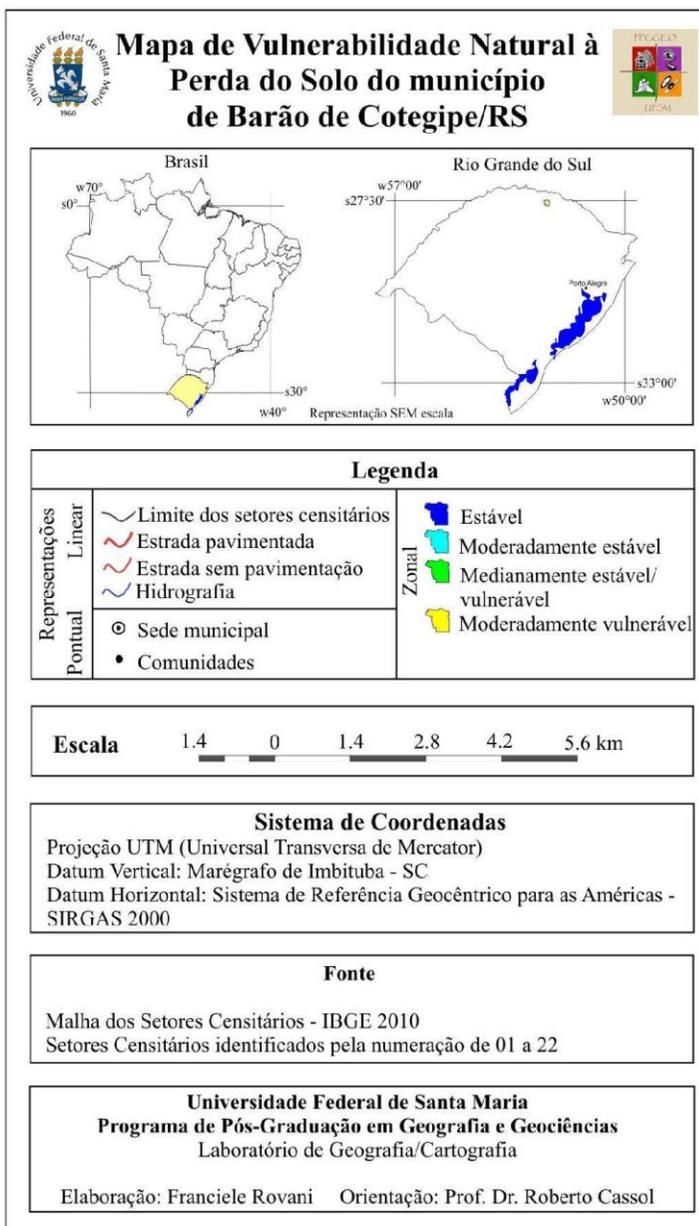
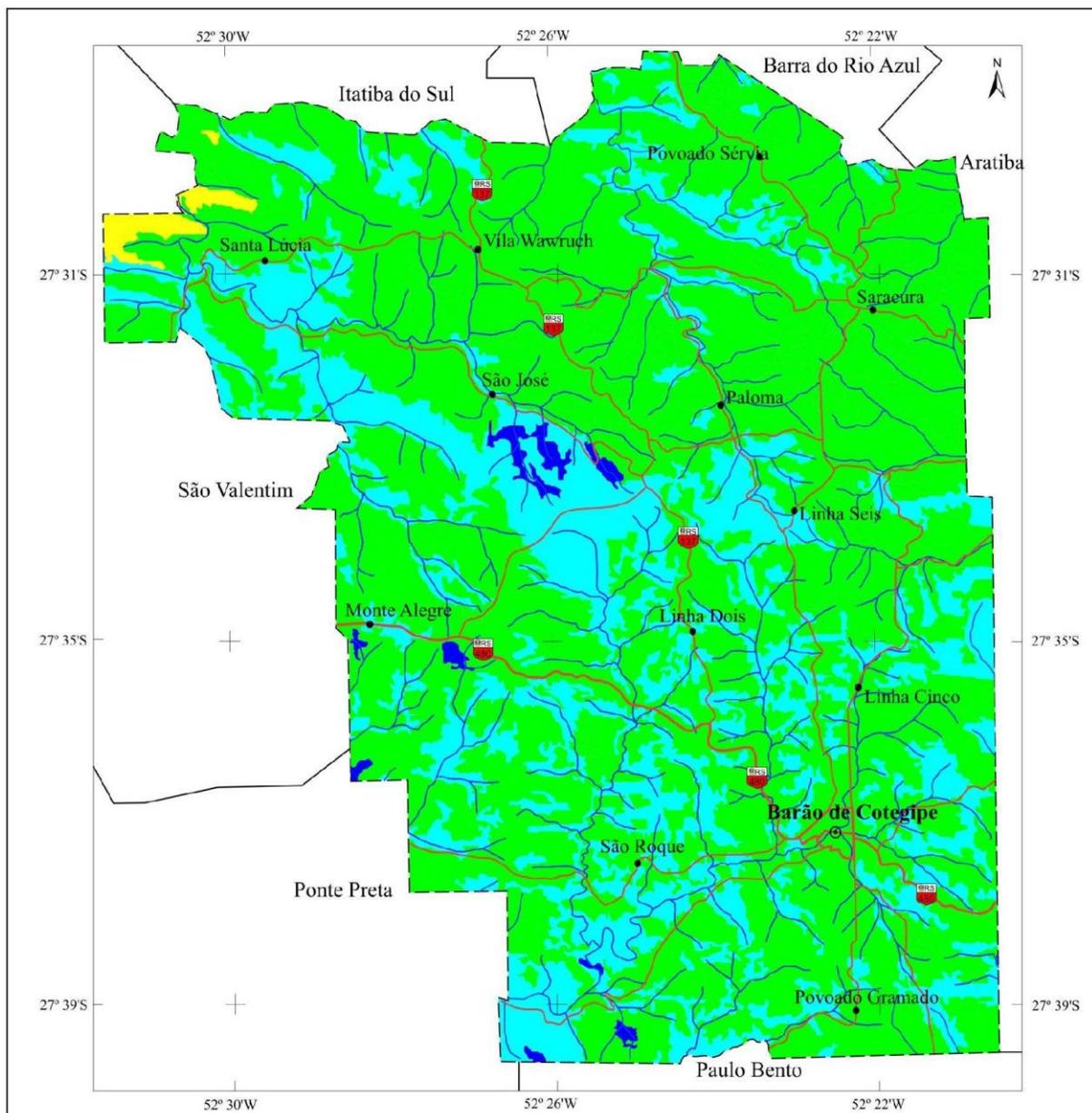


Figura 17 - Mapa de Vulnerabilidade Natural à Perda do Solo do município de Barão de Cotegipe/RS.

Ao observar a figura 17, pode-se verificar a presença de 4 classes de estabilidade/vulnerabilidade, variando desde a classe estável até a classe moderadamente vulnerável, com predomínio da classe medianamente estável/vulnerável.

As UTBs mais estáveis (classe estável e moderadamente estável) à perda de solo representam as áreas relativamente homogêneas com relação às características de solo, geologia, geomorfologia, vegetação e uso da terra, totalizando 26,82% da área municipal. Estão situadas principalmente nas áreas com a presença de cobertura vegetal, especialmente das florestas nativas, em encostas e topos de morros convexos e tabulares. Além disso, caracterizam as unidades que apresentam maior estabilidade à perda de solo, em relação às demais, e desta forma devem ser preservadas.

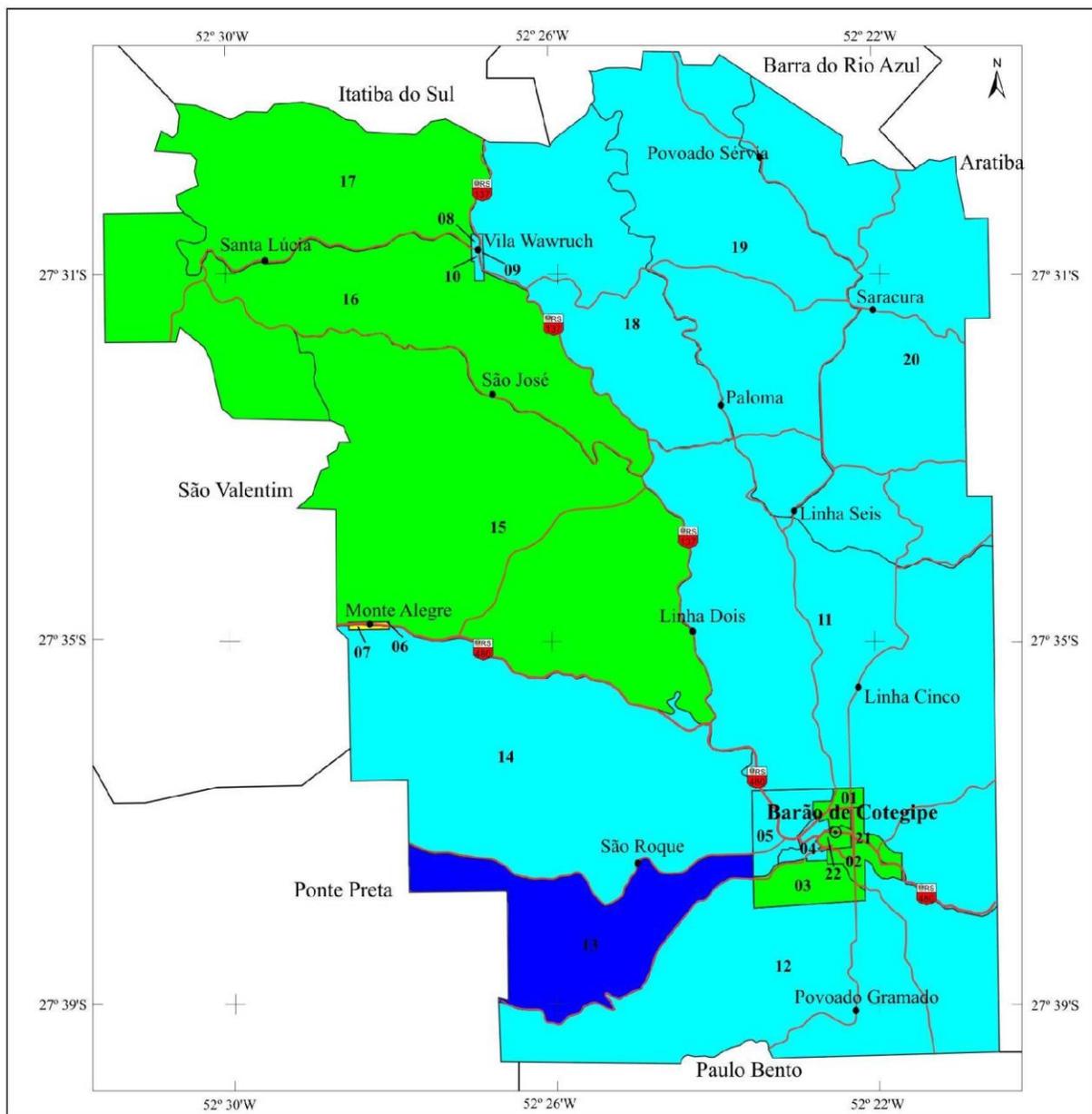
As UTBs identificadas como medianamente estável/vulnerável, em maior proporção (72,53%), estão na transição entre as unidades mais estáveis e as mais vulneráveis, sendo encontradas na maior parte territorial. Na porção norte do município, prevaleceu a classe medianamente estável por compreender unidades com solos do tipo cambissolo háplicos, topos de morros aguçados, convexos e presença da floresta nativa e culturas. As unidades classificadas como medianamente vulneráveis predominaram na porção leste, oeste e sul, com características muito próximas às anteriores, porém se diferenciando com os solos do tipo latossolo bruno, topos de morros tabulares e convexos e menor ocorrência de vegetação. Estas são unidades que representam um equilíbrio entre a pedogênese e morfogênese.

Por seguinte, apresentam-se as unidades classificadas como moderadamente vulneráveis (0,71%) e que requerem maiores cuidados, pois nelas predominam os processos de morfogênese, modificadores do relevo. Em especial, identificaram-se unidades na parte noroeste do município, com a presença de solos do tipo neossolo litólico, topos de morros aguçados e com a presença de vegetação e culturas.

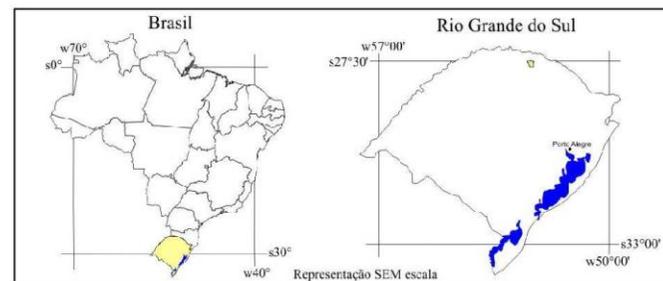
4.2 Cartografia Analítica: análise e interpretação dos aspectos sociais

4.2.1 Potencial Natural

O mapa de potencial natural representa a integração das informações referentes à cobertura florestal e à aptidão agrícola dos solos por setores censitários (Figura 18).



Mapa do Potencial Natural do município de Barão de Cotegipe/RS



Legenda

Representações		Zonal	
Lineal	— Limite dos setores censitários	■ Alto	■ Moderadamente alto
	— Estrada pavimentada	■ Medianamente alto/baixo	
Pontual	— Estrada sem pavimentação	■ Moderadamente baixo	
	⊙ Sede municipal		
	• Comunidades		

Escala 1.4 0 1.4 2.8 4.2 5.6 km

Sistema de Coordenadas

Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator)
 Datum Vertical: Marégrafo de Imbituba - SC
 Datum Horizontal: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS 2000

Fonte

Malha dos Setores Censitários - IBGE 2010
 Setores Censitários identificados pela numeração de 01 a 22

Universidade Federal de Santa Maria
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências
 Laboratório de Geografia/Cartografia

Elaboração: Franciele Rovani Orientação: Prof. Dr. Roberto Cassol

Figura 18 - Mapa do Potencial Natural do município de Barão de Cotegipe/RS.

No mapa da figura 18, verificou-se que os setores censitários apresentaram variação no potencial natural, passando pelas classes de alto (dinamismo) até moderadamente baixo (restrição). Nos setores situados a sudoeste, sul, oeste, nordeste e no perímetro urbano do município, prevaleceram as classes de potencial moderadamente alto. Já, os setores localizados a oeste, noroeste, e parte sul e leste do perímetro urbano foram classificados de potencial médio a baixo.

O setor censitário 13 destacou-se por apresentar potencial alto, pois possui maior cobertura florestal e boa aptidão agrícola dos solos (4,10% da área total). Por conseguinte, os setores 6 e 7 destacaram-se dos demais por se classificarem com potencial moderadamente baixo (0,04%), devido, sobretudo, à presença de pouca cobertura florestal, em relação a sua área, e aptidão agrícola dos solos relativamente baixa.

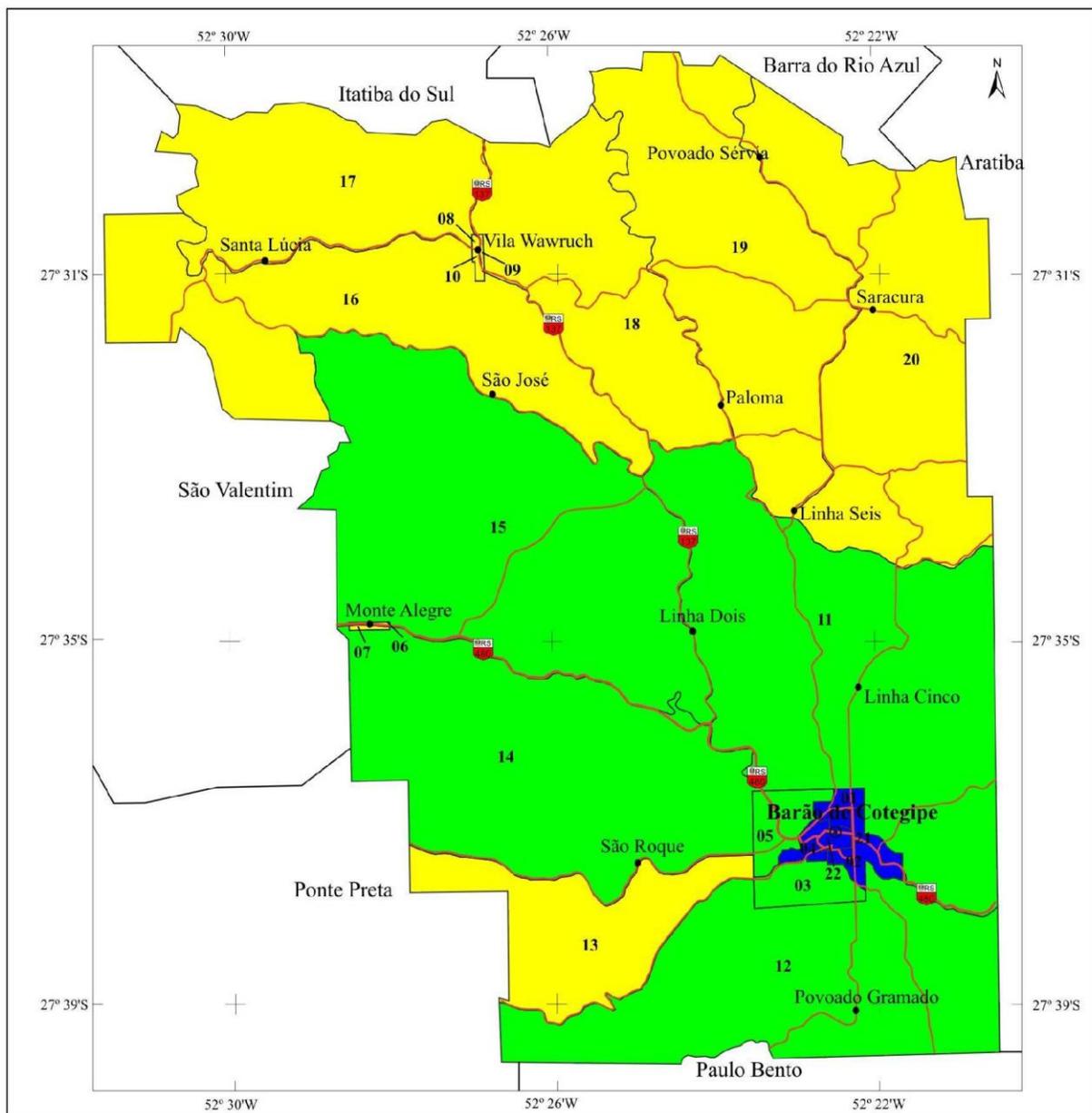
Os setores 04, 05, 08 a 12, 14, 18 a 20 foram classificados pelo seu potencial natural ser moderadamente alto (63,71%), com valores entre 2,3 a 2,6, e apresentarem principalmente boa aptidão agrícola dos solos e presença de áreas verdes consideráveis em relação a sua área total. Isto significa que esses setores apresentam maior preservação da cobertura florestal, e, assim, destaca-se a sua importância como recurso ecológico.

A classe de médio potencial, compreendendo os valores entre 1,8 a 2,2, predominou nos setores urbanos 01, 02, 03, 21 e 22 e nos setores rurais 15 a 17, representando 32,15% da área municipal. Esses setores apresentaram variações entre a presença de cobertura vegetal pela sua área, bem como os menores índices de aptidão agrícola dos solos, representando algumas restrições.

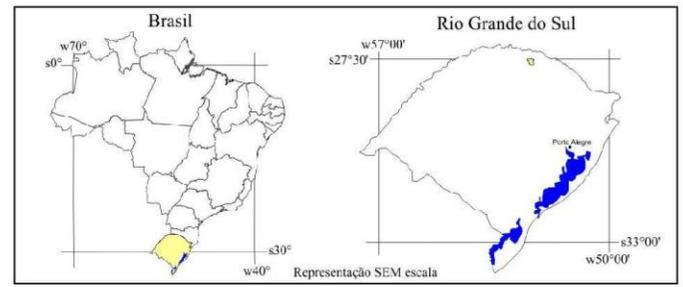
Esta representação do potencial natural poderá se modificar principalmente no que se refere à presença de cobertura florestal, de maior relevância para este potencial, pois a interferência humana na dinâmica do ambiente é notória. Assim, é de fundamental importância que ocorra a preservação dos recursos florestais ainda existentes no município, para a manutenção do equilíbrio ecológico e do desenvolvimento sustentável.

4.2.2 Potencial Humano

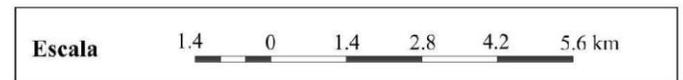
O mapa do potencial humano apresenta a integração dos dados referentes aos serviços de saúde, abastecimento de água, saneamento domiciliar, coleta de lixo e alfabetização (Figura 19).



Mapa do Potencial Humano do município de Barão de Cotegipe/RS



Representações		Zonal	
Linear	<ul style="list-style-type: none"> Limite dos setores censitários Estrada pavimentada Estrada sem pavimentação 	Alto	<ul style="list-style-type: none"> Medianamente alto/baixo Moderadamente baixo
Pontual	<ul style="list-style-type: none"> Sede municipal Comunidades 		



Sistema de Coordenadas
 Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator)
 Datum Vertical: Marégrafo de Imbituba - SC
 Datum Horizontal: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS 2000

Fonte
 Malha dos Setores Censitários - IBGE 2010
 Setores Censitários identificados pela numeração de 01 a 22

Universidade Federal de Santa Maria
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências
 Laboratório de Geografia/Cartografia
 Elaboração: Franciele Rovani Orientação: Prof. Dr. Roberto Cassol

Figura 19 - Mapa do Potencial Humano do município de Barão de Cotegipe/RS.

De acordo com a figura 19, verificou-se que o município apresenta setores com alto potencial humano, especialmente na área urbana, assim como setores com potencial médio a moderadamente baixo, de acordo com o dinamismo ou restrição encontrado nas informações compiladas. O potencial humano objetivou apresentar a atual realidade municipal, no que diz respeito ao saneamento básico, atendimento à saúde e à educação.

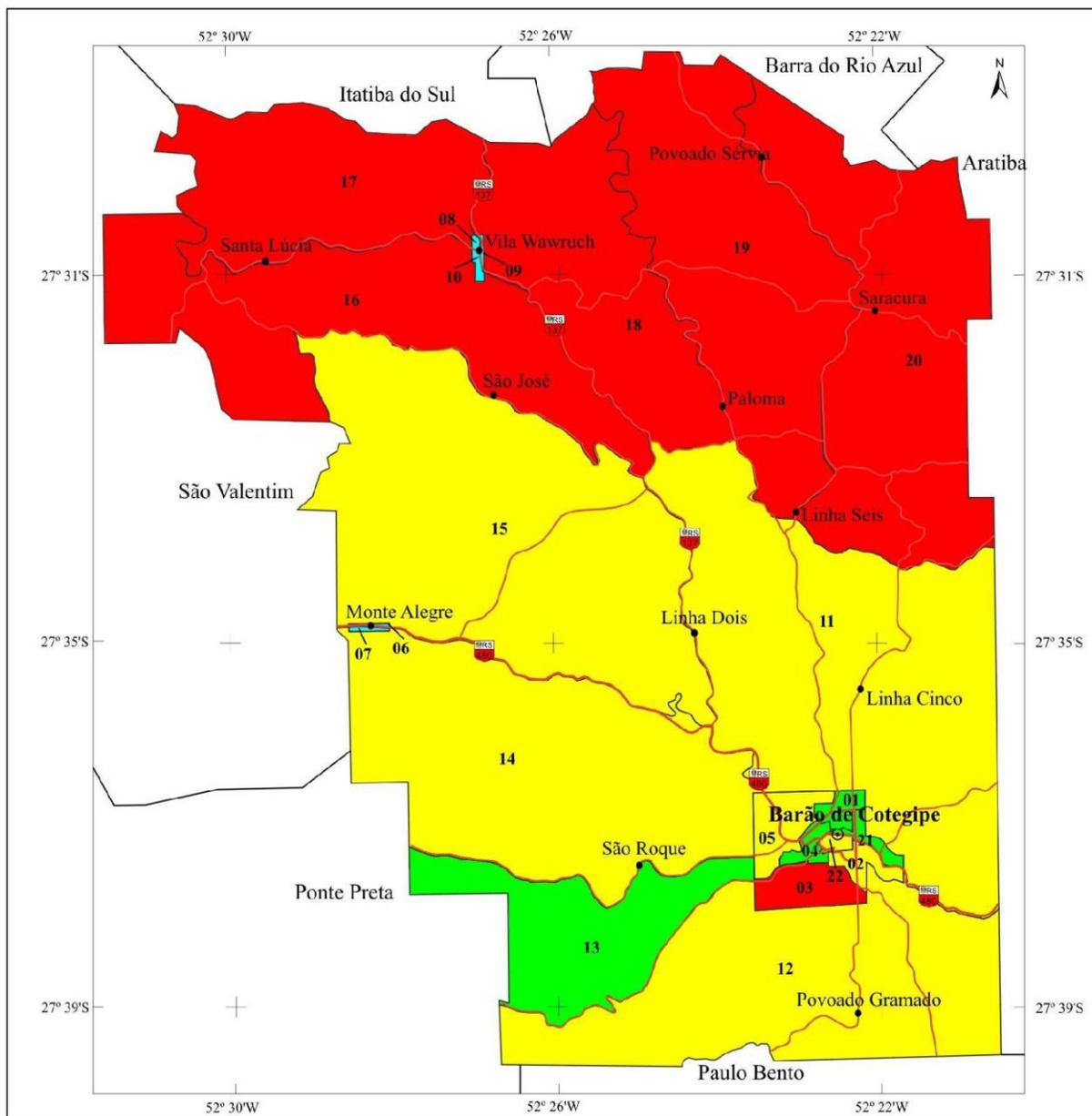
Os setores 01, 02, 04, 21 e 22, localizados no perímetro urbano, apresentaram potencial humano alto (0,93%). Este potencial alto é um aspecto muito importante, pois significa que há um forte dinamismo nestes setores e que o município está conseguindo atender às necessidades básicas da população, com relação ao abastecimento de água, coleta de lixo, serviços e saúde e, conseqüentemente, apresentando altos índices de alfabetização em relação à população residente nos domicílios.

Os setores localizados especialmente na metade sul, com exceção do setor 13, apresentaram um potencial humano médio, valores entre 1,8 a 2,2, e representaram 52,30% da área municipal. Na grande maioria, o índice de alfabetização se apresentou elevado, porém os serviços de saúde se mostraram deficitários, isto é, há poucos agentes de saúde para a população ser atendida, bem como do abastecimento de água, que passou a ser por poço artesiano ou fonte. A coleta de lixo também se apresentou precária, juntamente com o saneamento domiciliar.

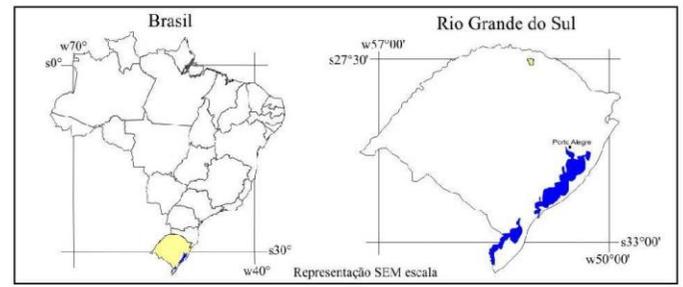
Os setores localizados ao norte do município e o setor 13, ao sul, apresentaram potencial moderadamente baixo (46,87%), com valores entre 1,4 a 1,7. Novamente, a alfabetização prevaleceu, demonstrando que, no aspecto educacional, a população está tendo acesso a ela, inclusive a do meio rural. No entanto, os serviços da saúde, em termos hospitalares, não apresentam capacidade suficiente para o atendimento à população municipal. O abastecimento de água e o saneamento domiciliar, em alguns casos, ocorrem de forma rudimentar, bem como a coleta do lixo. Ressalta-se que, muitas vezes, o lixo acaba por ser queimado, jogado em terrenos baldios ou em rios, causando poluição ao ambiente e diminuindo a própria qualidade de vida.

4.2.3 Potencial Produtivo

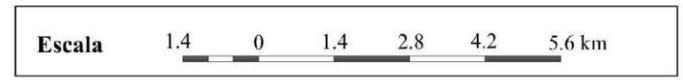
O potencial produtivo representa o dinamismo e/ou restrição com relação à densidade rodoviária, rendimento familiar e rentabilidade agropecuária (Figura 20).



Mapa do Potencial Produtivo do município de Barão de Cotegipe/RS



Representações		Zonal	
Linear	<ul style="list-style-type: none"> Limite dos setores censitários Estrada pavimentada Estrada sem pavimentação 	<ul style="list-style-type: none"> Moderadamente alto Medianamente alto/baixo Moderadamente baixo Baixo 	
Pontual	<ul style="list-style-type: none"> Sede municipal Comunidades 		



Sistema de Coordenadas
 Projecção UTM (Universal Transversa de Mercator)
 Datum Vertical: Marégrafo de Imbituba - SC
 Datum Horizontal: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS 2000

Fonte
 Malha dos Setores Censitários - IBGE 2010
 Setores Censitários identificados pela numeração de 01 a 22

Universidade Federal de Santa Maria
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências
 Laboratório de Geografia/Cartografia
 Elaboração: Franciele Rovani Orientação: Prof. Dr. Roberto Cassol

Figura 20 - Mapa do Potencial Produtivo do município de Barão de Cotegipe/RS.

Observando a figura 20, pode-se verificar a presença de setores com potencial baixo até moderadamente alto. O potencial produtivo objetiva representar a dimensão e a diversificação da estrutura produtiva e sua capacidade de inovar frente às necessidades do mercado produtor no município, especialmente, o agropecuário e as indústrias de beneficiamento dos produtos.

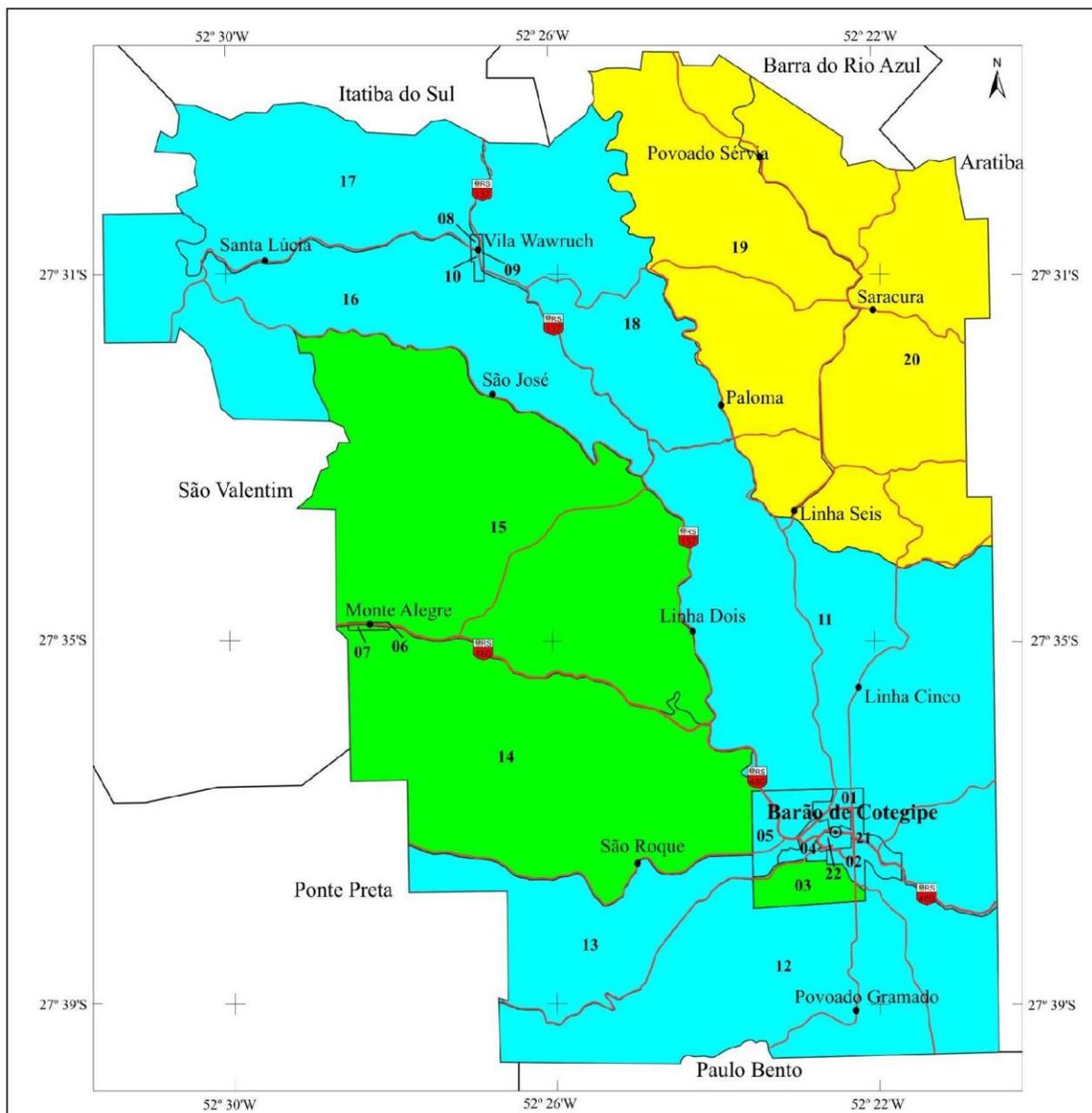
Os setores 06 a 10 do meio rural, mas definidos pelo IBGE como urbanos, foram os que se destacaram na classe de potencial produtivo moderadamente alto (0,13%). Esses setores apresentaram os maiores valores de potencial, especialmente com relação à rentabilidade agropecuária e à densidade rodoviária, principalmente devido a sua pequena área territorial e rendimento considerável do chefe da família. A classe de potencial medianamente alto/baixo, valores entre 1,8 a 2,2, destacou-se nos setores da área urbana (01, 04 e 21) e no setor 13, perfazendo 4,68% da área total, e se constituindo na transição entre o potencial moderadamente alto e/ou baixo. O setor 13 apresentou boa rentabilidade agropecuária, diferentemente dos setores da área urbana que se destacaram mais com relação à densidade rodoviária e ao rendimento do chefe de família.

Nesse sentido, mais da metade da área territorial municipal (51,90%), na metade sul, foi classificada como potencial produtivo moderadamente baixo, com valores entre 1,4 a 1,7. Esses setores censitários apresentaram expressivo rendimento do chefe da família, no entanto se percebeu baixa densidade rodoviária e pequena rentabilidade agropecuária, sendo que este último pode ter sido influenciado pelos dados dos setores urbanos, que de fato não se destacam neste índice.

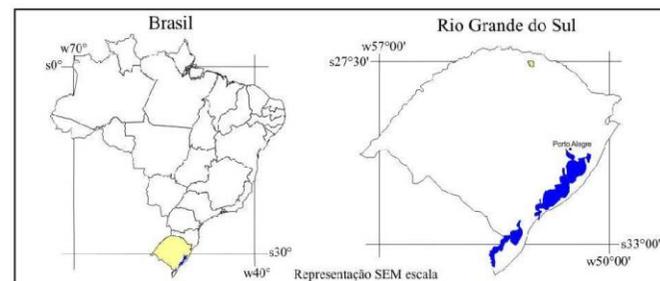
Os setores rurais localizados principalmente ao norte do município (16 a 20) e o setor urbano 03, apresentaram baixo potencial produtivo, representando 43,29% da área total municipal. Isto significa que há restrições nestes setores nos três indicadores analisados: densidade rodoviária, rendimento do chefe de família e rentabilidade agropecuária. Apesar do potencial baixo ser um aspecto negativo, isto não significa que estes setores são desprovidos de dinâmica produtiva. Um aspecto que pode ser considerado é de que, na porção norte, devido ao relevo não ser tão favorável à agricultura, ocorram restrições na produção agrícola, bem como na rede viária.

4.2.4 Potencial Institucional

O mapa de potencial institucional resultou da integração dos dados relativos à autonomia político-administrativa e da participação político eleitoral (Figura 21).



Mapa do Potencial Institucional do município de Barão de Cotegipe/RS



Legenda

Representações	Lineal	Zonal
	<ul style="list-style-type: none"> Limite dos setores censitários Estrada pavimentada Estrada sem pavimentação 	<ul style="list-style-type: none"> Moderadamente alto Medianamente alto/baixo Moderadamente baixo
Pontual	<ul style="list-style-type: none"> Sede municipal Comunidades 	

Escala 1:4 0 1:4 2:8 4:2 5:6 km

Sistema de Coordenadas

Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator)
 Datum Vertical: Marégrafo de Imbituba - SC
 Datum Horizontal: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS 2000

Fonte

Malha dos Setores Censitários - IBGE 2010
 Setores Censitários identificados pela numeração de 01 a 22

Universidade Federal de Santa Maria
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências
 Laboratório de Geografia/Cartografia

Elaboração: Franciele Rovani Orientação: Prof. Dr. Roberto Cassol

Figura 21 - Mapa do Potencial Institucional do município de Barão de Cotegipe/RS.

Com base na figura 21, constatou-se que o potencial institucional, apesar de levar em consideração a autonomia político-administrativa em nível municipal e não setorial, apresentou-se entre moderadamente alto a moderadamente baixo. O potencial institucional demonstra o nível de organização social, a efetividade da autonomia municipal e a prática social dos agentes institucionais e da população.

Os setores que apresentaram classes de potencial moderadamente alto, valores entre 2,3 a 2,5, foram os setores localizados na área urbana (1, 2, 4, 5, 21 e 22), o setor 11, a leste, os setores ao sul (12 e 13) e os localizados a noroeste e norte (08 a 10 e 16 a 18) do município. Estes abarcam mais da metade da área total, com 52,65%, diferenciando-se dos demais, devido, sobretudo, a sua notável participação político eleitoral, isto é, o comprometimento da população destes setores com relação à última eleição realizada.

Com relação aos setores que se caracterizaram com potencial institucional médio, valores entre 1,8 a 2,2, eles representam 27,17% da área total. Os setores a oeste do município 06, 07, 14 e 15 e o setor 03 da área urbana apresentaram média participação político eleitoral, o que foi definitivo para a classificação.

Os setores 19 e 20 foram classificados pelo seu potencial moderadamente baixo, representando 20,18%. Esse resultado decorre da baixa participação político eleitoral quando comparada aos demais setores censitários, isso pode de dar devido ao fato das pessoas ainda manterem seu vínculo eleitoral com o município, mas não participarem efetivamente das eleições.

O potencial institucional, como os demais potenciais, representa, de maneira simples, o dinamismo ou a restrição dos setores de acordo com os dados quantitativos. Porém, esses dados utilizados nas análises apresentam uma dinâmica temporal e espacial, e, deste modo, certamente apresentarão novos cenários em curto espaço de tempo. Assim, destaca-se a importância da atualização destes potenciais sempre que for necessário tomar decisões que envolvam um destes aspectos.

4.2.5 Mapa de Potencial Social

O potencial social, síntese dos potenciais natural, humano, produtivo e institucional, pode ser visualizado na figura 22.

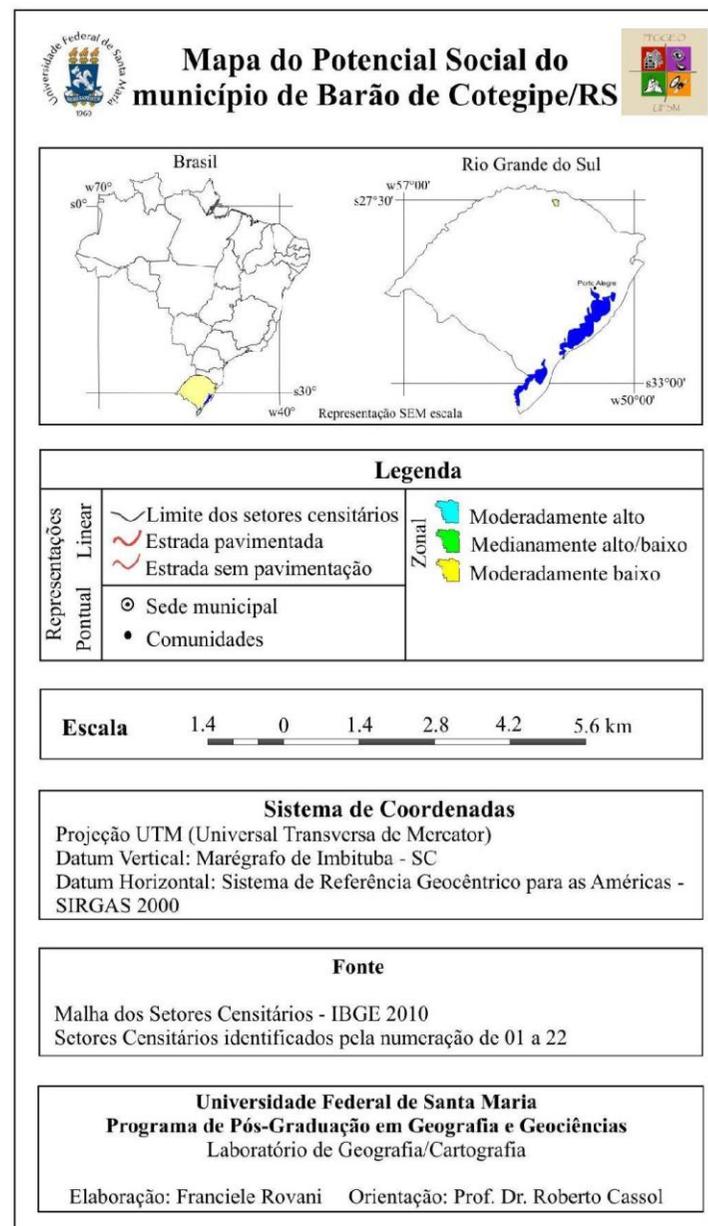
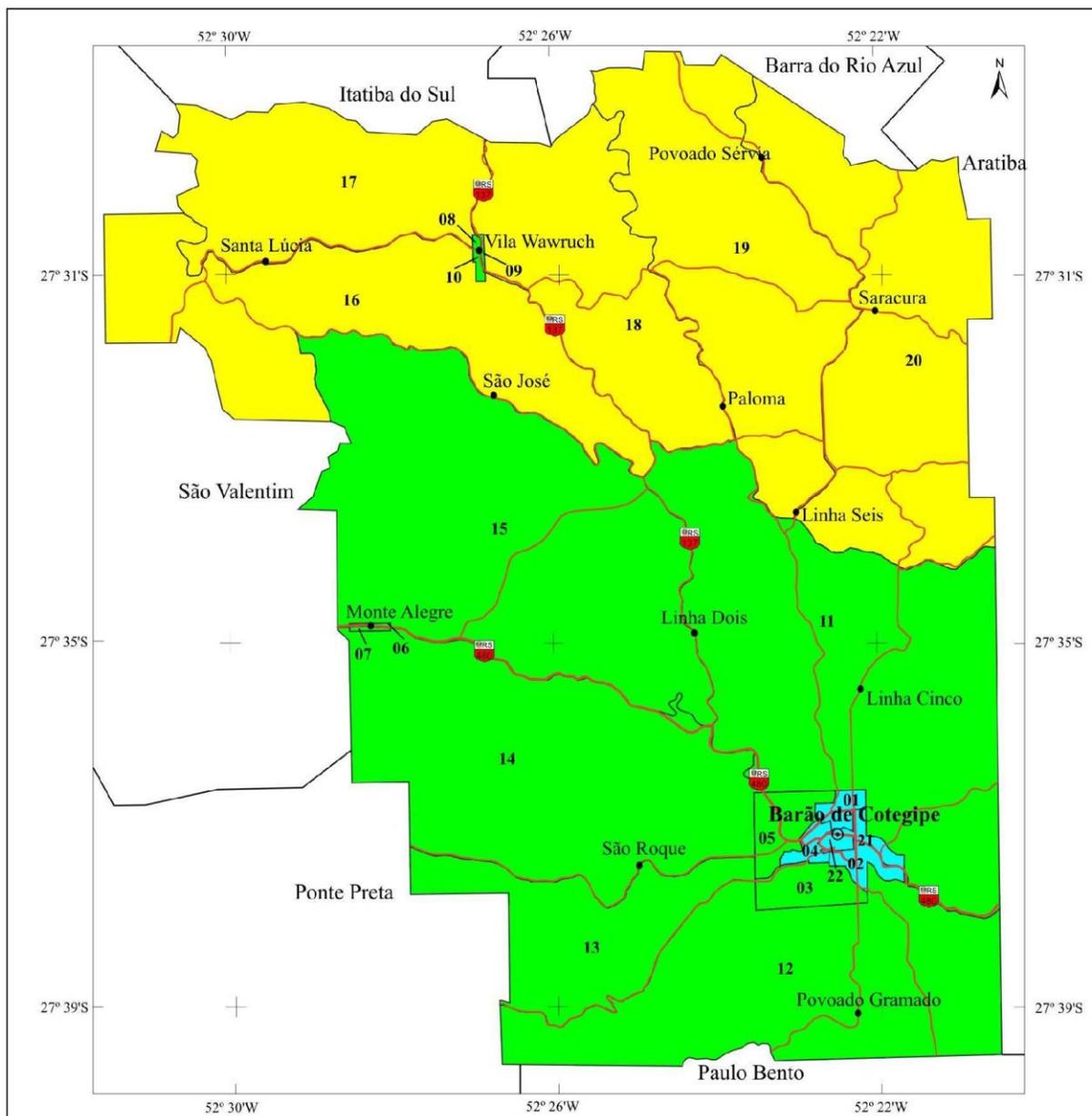


Figura 22 - Mapa do Potencial Social do município de Barão de Cotegipe/RS.

Ao observar a figura 22, o mapa do potencial social, percebe-se que no município, em síntese, há certa homogeneidade da potencialidade, demonstrando um equilíbrio entre o dinamismo e a restrição. Esta representação do potencial social visa principalmente identificar os fatores impulsionadores do desenvolvimento endógeno do município, bem como aqueles que apresentam restrições e merecem ser destacados, pois possivelmente apresentarão novos cenários, se decisões concretas forem tomadas.

Os setores que apresentaram potencial social moderadamente alto, valores entre 2,3 a 2,6, estão situados na área urbana (01, 02, 04, 21 e 22), representando 0,93% da área total, mas concentram a maior parte da população quando comparados com os setores do meio rural. Destacam-se com o potencial humano e institucional principalmente por terem melhor acesso ao saneamento básico, à educação e à participação da população no meio institucional. Porém, o baixo potencial natural, basicamente relacionado à cobertura florestal, e o médio potencial produtivo foram fundamentais para este cenário.

Os demais setores urbanos 06 a 10 e os setores rurais 11 a 15, localizados na metade sul do município, apresentaram potencial social médio, isto é, valores entre 1,8 a 2,2. Esta classe foi majoritária, representando 56,43% da área municipal, o que pode ser considerado um aspecto positivo, mas que possivelmente é capaz de avançar com estímulos municipais, diante das representações e constatações. O potencial que apresentou maior destaque foi o natural, sobretudo pela presença da cobertura florestal e boa aptidão agrícola dos solos. Por conseguinte, os potenciais produtivo, institucional e humano não apresentaram significativos contrastes.

Os setores localizados ao norte do município, 16 a 20, foram classificados com potencial social moderadamente baixo, com valores entre 1,4 e 1,7, representando 42,64% da área municipal. Destacaram-se mais com relação ao potencial natural, pela presença das florestas nativas, e ao potencial institucional, porém o potencial humano mostrou-se moderadamente baixo, o que aponta uma deficiência, principalmente com o saneamento domiciliar, acesso a água potável e coleta do lixo. O potencial produtivo também se apresentou baixo em relação aos demais setores, o que indica que fatores naturais, tais como relevo acidentado, também influenciam na rentabilidade agropecuária e nas vias de acesso.

Esta representação mostra que o município necessita dar maior ênfase às necessidades apresentadas, especialmente no potencial produtivo e no potencial humano. Com relação ao primeiro, porque representa a base econômica municipal, constituída basicamente pela agropecuária, podendo, assim, dinamizar os modos de produção e investir mais e melhor na agricultura familiar e na diversidade de produtos agrícolas. Já, no que diz respeito ao

potencial humano, a prioridade se justifica devido ao fato dele estar estritamente relacionado à qualidade de vida da população, onde se inclui o acesso à educação, o atendimento à saúde e o saneamento básico.

4.3 Cartografia de Síntese

4.3.1 Mapa das Unidades de Paisagem

A cartografia de síntese, resultado da integração das informações ambientais e sociais, ou seja, do mapa de vulnerabilidade natural à perda de solo e do mapa de potencial social, visou apresentar o mapa das unidades de paisagem de acordo com a figura 12. Os mapas de síntese apresentam cenários que possibilitam a sensibilização aos problemas ambientais e sociais, destinados não somente à conscientização do estado da dinâmica ambiental, mas também para subsidiar as ações e decisões no planejamento territorial.

Esta representação possibilitou definir as unidades em duas grandes classes: produtivas ou críticas. As unidades produtivas foram divididas em: *produtivas de consolidação* ou de fortalecimento do desenvolvimento humano (baixa vulnerabilidade e alta potencialidade) e *produtivas de expansão* do potencial produtivo (baixa potencialidade e baixa vulnerabilidade). Já, as unidades críticas foram divididas em: unidades *críticas de recuperação*, por apresentarem alto potencial de desenvolvimento (fatores sociais) e elevada vulnerabilidade natural (alta potencialidade e alta vulnerabilidade), e unidades *críticas de conservação*, sobretudo pelo elevado grau de vulnerabilidade natural (alta vulnerabilidade e baixa potencialidade).

A integração das informações, no banco de dados do SIG, foi possível por meio da programação em LEGAL, demonstrando a eficácia do tratamento e análise dos dados geográficos no SIG. Devido à representação espacial dos dados de vulnerabilidade natural ter como base as UTBs, e os dados do potencial social ter como base os setores censitários, optou-se por representar as unidades de paisagem com base nas UTBs, pois favorecem melhor a ideia de continuidade e dinâmica espacial. O mapa das unidades de paisagem pode ser observado na figura 23.

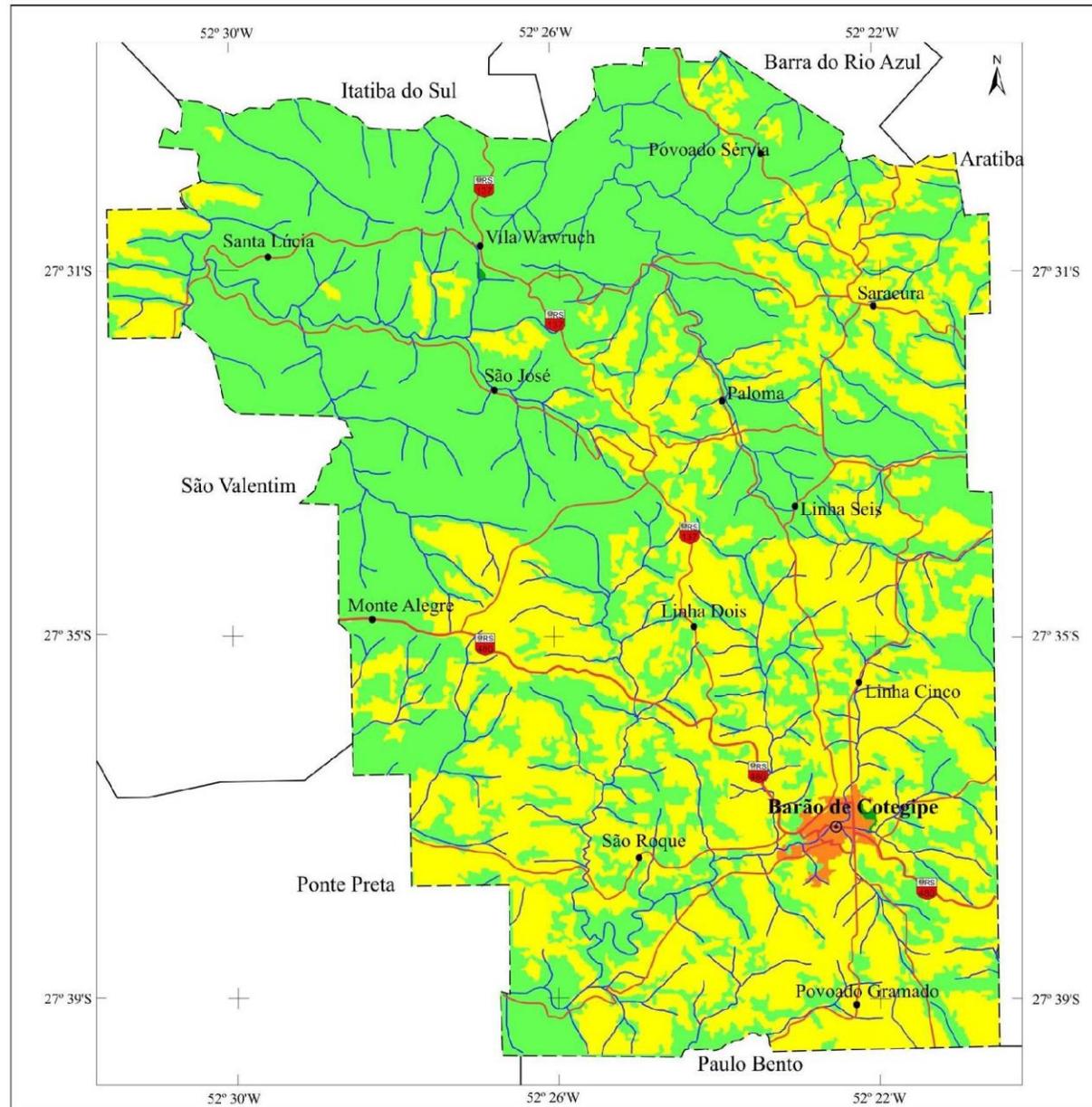
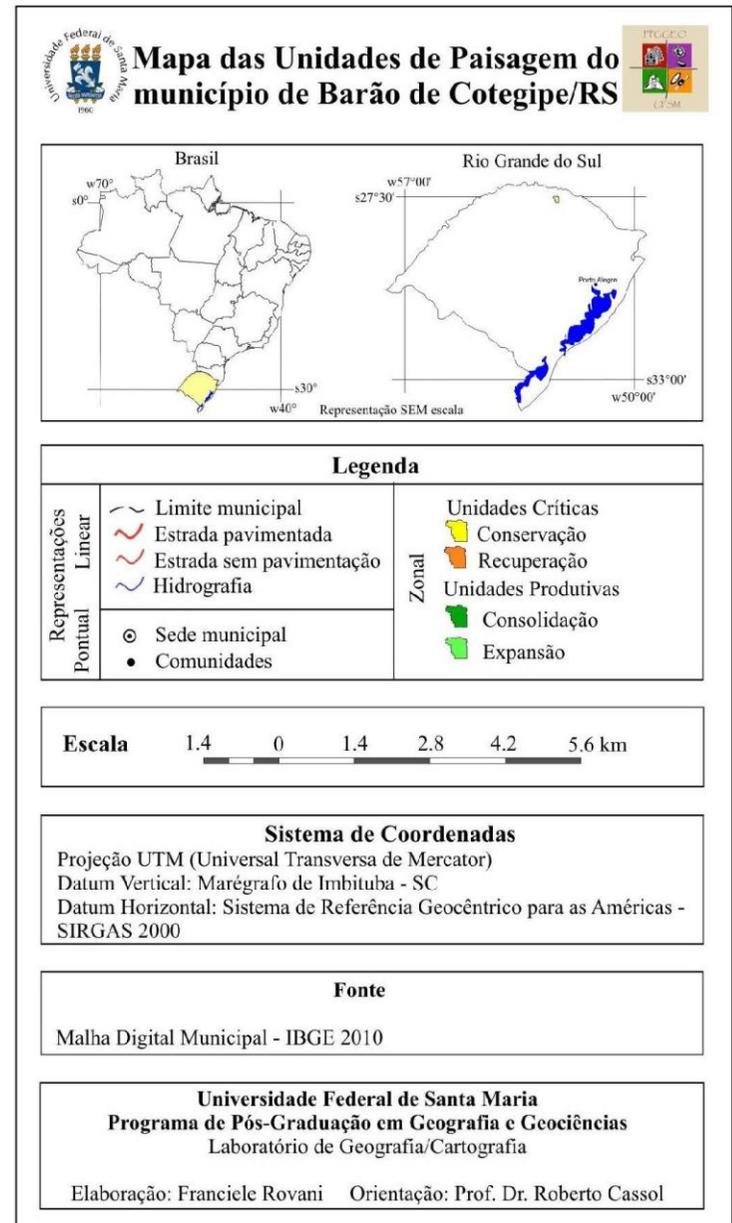


Figura 23 - Mapa das Unidades de Paisagem do município de Barão de Cotegipe/RS.



Com base na figura 23, pode-se observar que, no Município, praticamente predominaram duas classes de unidades, as críticas de conservação e as unidades produtivas de expansão. Já as classes de unidades críticas de recuperação e produtivas de consolidação se restringiram a unidades específicas.

As unidades críticas de conservação localizadas principalmente a noroeste, leste, sudeste, sul, sudoeste e em pequenas porções a noroeste do município, representam 40,21% da área total. São unidades caracterizadas especialmente por apresentarem elevado grau de vulnerabilidade natural e baixo grau de potencialidade, ou seja, são unidades vulneráveis à perda do solo e que apresentam restrições no potencial social. Estas unidades possibilitam o uso racional e sustentável dos recursos naturais, visando manter uma harmonia entre o homem e o meio. As boas práticas sociais associadas às políticas ambientais no processo de tomada de decisões econômicas possibilitam a valorização e proteção do meio natural.

As unidades críticas de recuperação representaram 0,66% da área municipal e estão localizadas especialmente na área urbana. Suas principais características são o alto potencial social e a alta vulnerabilidade natural, significando que requerem maior atenção especialmente com a questão natural. O alto potencial favorece o desenvolvimento social e a dinâmica que, no entanto, são restringidos pela presença da vulnerabilidade natural do ambiente. Deste modo, a recuperação destas unidades, por estarem localizadas no meio urbano, refere-se ao resgate de suas condições de solo e ambiente, visando à obtenção de uma estabilidade do meio e na melhoria da qualidade do ambiente e da vida das pessoas.

Com relação às unidades produtivas de consolidação, que se apresentaram bastante pontuais, representando somente 0,05% da área municipal, pode-se afirmar que suas características indicam o fortalecimento do desenvolvimento humano, sobretudo pela baixa vulnerabilidade natural e alta potencialidade social. Isto indica que estas unidades são potenciais para o desenvolvimento produtivo, diante do potencial social apresentado e das áreas de estabilidade natural.

As unidades produtivas de expansão, localizadas principalmente na parte norte e noroeste, adentrando nas demais áreas, totalizaram mais da metade da área municipal com 59,08%. São caracterizadas pela baixa potencialidade social e também pela baixa vulnerabilidade natural, permitindo, assim, a expansão do potencial produtivo de maneira sustentável e dinâmica. A diversidade do setor produtivo é fundamental para que essa expansão ocorra e resulte na manutenção da estabilidade natural associada à baixa potencialidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os avanços das ciências, das técnicas e dos métodos de análise, bem como a preocupação com as questões ambientais que relacionassem a sociedade e a natureza, permitiram, de modo significativo, o desenvolvimento de mapeamentos cartográficos detalhados do meio ambiente. As escalas de análise e o tratamento gráfico e visual das unidades de paisagem passaram a ser aspectos fundamentais, pois além de descrever a paisagem cartograficamente, visam registrar, tratar e comunicar visualmente a informação.

O desenvolvimento de diferentes metodologias de mapeamento, estudo e análise das paisagens em distintas escalas geográficas colaboraram para o avanço da Cartografia Ambiental e impulsionaram novas pesquisas nesta temática. A Cartografia analítica, buscando apresentar dados sociais e ambientais, e a Cartografia de síntese, integrando as informações dos mapas analíticos, possibilita a representação gráfica e visual das paisagens, com a finalidade de apresentar as relações entre o meio natural e o social. Além disso, permite, a partir de seu produto final, o mapa síntese, propor ações de planejamento e gestão ambiental a serem implantadas pelos setores públicos e privados de acordo com a realidade de cada paisagem.

Norteados pelas bases teóricas, pela metodologia utilizada e trabalho de campo realizado no município de Barão de Cotegipe, foram alcançados os objetivos propostos e obteve-se êxito no estudo. Apresentou-se uma análise do Município com ênfase nos aspectos físicos e sociais representados por meio da Cartografia Ambiental, e delimitação das unidades de paisagem de acordo com duas categorias (críticas e produtivas).

Na Cartografia analítica, a análise integrada dos dados relativos aos solos, à geomorfologia, à geologia, à vegetação e uso da terra resultou no mapa de vulnerabilidade natural à perda do solo. A partir deste mapa síntese, foi possível identificar e analisar a estabilidade e a vulnerabilidade das unidades (UTBs) baseadas no conceito de ecodinâmica, fundamentadas na relação morfogênese e pedogênese, e da potencialidade para estudos integrados, das imagens de satélite *Landsat*. No Município, foram identificadas unidades consideradas estáveis, com predomínio dos processos formadores do solo, e unidades moderadamente vulneráveis, prevalecendo os processos erosivos.

No entanto, predominaram as unidades identificadas como mediamente estável/vulnerável, ocupando 72,53% da área total municipal, representando um equilíbrio

entre a pedogênese e a morfogênese. As UTBs mais estáveis à perda do solo totalizam 26,82% da área e localizam-se principalmente nas áreas com a presença de cobertura vegetal, especialmente das florestas nativas em encostas e topos de morros convexos e tabulares e que devem ser preservadas. As UTBs moderadamente vulneráveis (0,71%), identificadas na porção noroeste no município, requerem maior atenção, pois predominam os processos de morfogênese, modificadores do relevo, sobretudo pela presença de solos mais instáveis e presença das culturas agrícolas.

Com relação à análise dos aspectos sociais na Cartografia analítica, a integração dos dados dos potenciais natural, humano, institucional e produtivo, resultou no mapa de potencial social que visou principalmente identificar os fatores impulsionadores do desenvolvimento no município, bem como aqueles que apresentam restrições. Com base nestas informações espacializadas nos setores censitários, observou-se o grau de potencial, alto ou baixo, de acordo com o dinamismo ou restrição. O mapa síntese dos quatro potenciais apresentou um equilíbrio entre o dinamismo e a restrição, ou seja, no mapa de potencial social não foram identificadas unidades com potencial alto, nem baixo.

O potencial social médio representou 56,43% da área total municipal, o que pode ser considerado um aspecto positivo, mas que pode avançar com estímulos municipais, diante das representações e constatações. Os setores que apresentaram potencial social moderadamente alto representam 0,93% e estão concentrados na área urbana, destacando-se com o potencial humano e institucional, principalmente por terem melhor acesso ao saneamento básico, à educação e à participação da população no meio institucional. Já, os setores localizados ao norte do município apresentaram potencial social moderadamente baixo, representando 42,64% da área municipal. Destacaram-se com relação ao potencial natural, pela presença das florestas nativas, e com o potencial institucional, porém o potencial humano e o produtivo apresentaram-se baixos e merecem ser melhor analisados pelos gestores públicos, buscando seu desenvolvimento em toda a extensão territorial.

Na Cartografia de síntese, da integração do mapa de vulnerabilidade natural à perda do solo com o mapa de potencial social, obteve-se como resultado o mapa das unidades de paisagem do município de Barão de Cotegipe. Esta representação, síntese da relação existente entre os aspectos ambientais e sociais, apresenta as unidades de paisagem de acordo com sua potencialidade ou vulnerabilidade, constituindo-se em unidades críticas de conservação ou recuperação e em unidades produtivas de expansão ou consolidação.

Nas unidades críticas, em que prevaleceu a vulnerabilidade natural, sugere-se especial atenção com relação ao meio natural e aos agentes que nele influenciam, visando boas

práticas sociais associadas às políticas ambientais no processo de tomada de decisões econômicas, possibilitando a valorização e proteção do meio.

As unidades críticas de conservação representaram 40,21% da área total, e são caracterizadas pelo elevado grau de vulnerabilidade natural e baixo grau de potencialidade. Estas unidades possibilitam o uso racional e sustentável dos recursos naturais visando manter uma harmonia entre o homem e o meio. Já, as unidades críticas de recuperação (0,66% da área total) estão localizadas especialmente na área urbana e apresentam alto potencial social e a alta vulnerabilidade natural. A recuperação destas unidades refere-se ao resgate de suas condições de solo e ambiente, visando à obtenção de uma estabilidade do meio e na melhoria da qualidade do ambiente e da vida das pessoas.

É importante salientar, que as unidades críticas de recuperação, localizadas especialmente na área urbana, foram assim definidas e identificadas com base na metodologia aplicada, o que evidencia uma desconformidade em relação às demais unidades. Sugere-se, deste modo, que para setores da área urbana sejam utilizados outros indicadores para sua análise, especialmente para o potencial social.

Nas unidades produtivas, caracterizadas especialmente pela potencialidade, recomenda-se o desenvolvimento de ações voltadas principalmente ao desenvolvimento produtivo. A diversidade do setor produtivo é fundamental para que ocorra a consolidação ou expansão das unidades, garantindo um equilíbrio entre o meio e homem, com base no uso sustentável dos recursos naturais.

As unidades produtivas de consolidação, consideradas ideais, apresentaram-se bastante pontuais, representando somente 0,05% da área municipal, indicando o fortalecimento do desenvolvimento humano, sobretudo pela baixa vulnerabilidade natural e alta potencialidade social. As unidades produtivas de expansão totalizaram mais da metade da área municipal com 59,08% e possibilitam a expansão do potencial produtivo de maneira sustentável e dinâmica.

Desse modo, esta pesquisa apresentou as unidades de paisagem encontradas no município de Barão de Cotegipe, por meio da integração dos aspectos sociais e ambientais, com o auxílio das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto integradas ao SIG, de maneira eficaz e adequada a esta metodologia. Além disso, norteados pelos princípios da Cartografia Ambiental, as unidades foram representadas cartograficamente, permitindo a compreensão e a visualização das interações do meio ambiente e da dinâmica do social com o meio natural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, J. J. G. A. Cartografía ambiental. Desarrollo y propuestas de sistematización. **Observatorio MedioAmbiental**, Madrid, v. 5, p. 47-78, 2002.

ARCHELA, R. S. et al. Abordagem Metodológica para Cartografia Ambiental. **Geografia**, Londrina, v. 11, n. 1, p. 54-62, 2002.

ARRUDA, H. M. da R. F. **Cartografia de síntese para análise integrada da paisagem do município de São Gabriel/RS**: uma proposta de zoneamento ambiental. 2011, 148 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas**: aplicações na agricultura. Planaltina: EMBRAPA, 1998. 274 p.

BARROS, M. V.; BARROS, O. N.; CAVIGLIONE, J. H. SIG: uma ferramenta útil na análise urbana. In: ARCHELA; R. S.; FRESCA, T. M.; SALVI, R. F. (Org.) **Novas Tecnologias**. Londrina: Ed. UEL, 2001, p. 13 – 39.

BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico Econômico pelos Estados da Amazônia Legal**. Brasília: SAE/MMA, 1996.

BERNASKI, S., WATZLAWICK, L. F. A Arte Cartográfica e sua Utilização nas Análises Ambientais. **Revista Eletrônica Lato Sensu**, Paraná. v. 2, n. 1, p. 1-17, jul. 2007.

BERRY, J. K. Cartographic modeling: the analytical capabilities of GIS. In: GOODCHILD, M.; PARKS, B. O.; STEYAERT, L. T. **Environmental modeling with GIS**. New York: Oxford University Press, 1993, p. 59-73.

BERTIN, J. Ver ou ler. **Seleção de Textos**, São Paulo, n. 18, p. 45-62, 1988.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico. Tradução de Olga Cruz. **R. RA E GA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon Press, 1987. 193p.

BUZAI, G. D.; DURÁN, D. **Enseñar e investigar con Sistemas de Información Geográfica**. Buenos Aires: Troquel. 1997. 192 p.

CÂMARA, G. et al. Análise espacial e geoprocessamento. In: DRUCK, S. et al. (Editores Técnicos). **Análise espacial de dados geográficos**. Platina: Embrapa Cerrados, 2004. 209 p.

_____. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP, 1996. 193 p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Mapas e suas representações computacionais. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Editores Técnicos). **Sistema de informações geográficas**. Aplicações na agricultura. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 1998a. p. 13-29.

_____. Modelagem de dados em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Editores Técnicos). **Sistema de informações geográficas**. Aplicações na agricultura. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 1998b. p. 47-66.

CAMPAGNANI, S.; SANTOS, U. P. dos. **Programa de Zoneamento Ecológico-Econômico do estado do Rio de Janeiro**. Projeto II: Zoneamento Ecológico-Econômico do Médio Vale do Paraíba. Rio de Janeiro, 1998.

CARDOSO, J. A. Construção de Gráficos e Linguagem Visual. **História: Questões & Debate**, Curitiba, n. 5, v. 8, p. 37-58, 1984.

CASTRO, J. F. M. Comunicação cartográfica e visualização cartográfica. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 87, p. 67-83, dez. 2007.

CENTENO, J. A. S. **Sensoriamento remoto e processamento de imagens digitais**. Curitiba: Ed. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. 2003. 219 p.

CHAVEZ JR, P. S. An Improved Dark-Object Subtraction Technique for Atmospheric Scattering Correction of Multispectral Data. **Remote Sensing of Environment**, n. 3, v. 24, p. 459-479, abr. 1988.

CIROLINI, A. **Altas eletrônico e socioeconômico sob a perspectiva da Cartografia escolar no Município de Restinga Seca/RS**. 2008. 281 f. Dissertação (Mestrado em

Geografia) – Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

CREPANI, E. et al. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996. 18 p.

CRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard, 1999. 236 p.

CRÓSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992. 170 p.

DATE, C. J. Panorama general de la administración de bases de datos. In: _____. **Introducción a los sistemas de base de datos**. 7ª ed. México: Pearson Educación, 2001. cap. 1, p. 1 – 32.

DUARTE, P. A. **Fundamentos de Cartografia**. 3. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2006. 208 p.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. Databases end Database Users. In: ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. **Fundamentals of Database Systems**. Menlo Park, CA: Addison-Wesley, 1994. cap. 1, p. 03 – 24.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006, 306 p.

FERREIRA, M. C. Mapeamento das unidades de paisagem com Sistema de Informação Geográfica: alguns pressupostos fundamentais. **Geografia**, Rio Claro, v. 22, n. 1, p. 23-36, 1997.

FERRON, R. M.; POMMER, S. F. **Plano Ambiental Municipal de Barão de Cotegipe**. Barão de Cotegipe: Prefeitura Municipal e Cooperativa Florestal Ltda, 2010. 273 p.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 101 p.

GIRARDI, G. Cartografia geográfica: reflexões e contribuições. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 87, p. 45-65, dez. 2007.

GOMES, A. R. **Avaliação da vulnerabilidade à perda de solo em região semi-árida utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento – área piloto de Parnamirim (PE)**. 2005. 160f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005.

IBGE. **Censo demográfico**. Banco de Dados Agregados. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=202&z=t&o=3&i=P>>. Acesso em: 17 jan. 2012.

_____. Manual Técnico de Uso da Terra. **Manuais Técnicos em Geociências**. Rio de Janeiro, n. 7, p. 1 – 91, 2006.

_____. **Geologia**. Erechim/Lages SG.22-Y-D/Z-C. Rio de Janeiro: IBGE, 2003a. 1 mapa. Escala: 1/250000. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/geologia/cartas_escala_250mil/sg22yd_zc_geol.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2012.

_____. **Geomorfologia**. Erechim/Lages SG.22-Y-D/Z-C. Rio de Janeiro: IBGE, 2003b. 1 mapa. Escala: 1/250000. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/geomorfologia/cartas_escala_250mil/sg22yd_zc_gcom.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2012.

_____. **Solos**. Erechim/Lages SG.22-Y-D/Z-C. Rio de Janeiro: IBGE, 2003c. 1 mapa. Escala: 1/250000. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/pedologia/cartas_escala_250mil/sg22yd_zc_ped.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2012.

_____. **Produto Interno Bruto dos Municípios em 2009**. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 25 jan. 2012.

IFC. **Inventário Florestal Contínuo**. Santa Maria: UFSM/SEMA-RS, 2002. Disponível em: <<http://coralx.ufsm.br/ifcrs/frame.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

KITCHIN, R. The practices of mapping. **Cartographica**, Canadá, v. 43, n. 3, p. 211-215, 2008.

LE SANN, J. G. O papel da Cartografia temática nas pesquisas ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, v. 16, p. 61-69, 2005.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. *In: Geografia do Brasil: Região Sul*. Rio de Janeiro: IBGE, p. 113-150, 1990.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Métodos em Questão**, São Paulo, n. 1, 1971. 14 p.

LIMA, F. R.; MARTINELLI, M. As unidades ecodinâmicas na Cartografia Ambiental de Síntese. *In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO ESTADO DE SÃO PAULO*, 2008, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: UNESP, 2008. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/simpgeo/440-448fredy.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2011.

LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C. **Modelagem de Banco de Dados Geográficos**. Porto Alegre, 2001. 41 p.

LOCH, C. **A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais**. Florianópolis: Ed da UFSC, 2008. 103 p.

MARQUES NETO, R. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. **Geografia**, Londrina, v. 17, n. 2, p. 67-87, 2008.

MARTINELLI, M. Cartografia ambiental: uma cartografia diferente? *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, n. 7, p. 61-80, 1994.

_____. **Mapas da geografia e cartografia temática**. 6. ed. São Paulo: Contexto, 2011.

MARTINELLI, M.; PEDROTTI, F. A Cartografia das unidades de paisagem: questões metodológicas. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, v. 14, p. 36-46, 2001.

MEDEIROS, J. S. de. **Bancos de dados geográficos e redes neurais artificiais: tecnologias de apoio à gestão do território**. 1999. 236 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

MELO, D. H. C. T. B. Geossistemas: a história de uma procura. *Geografia*, Londrina, v. 13, n.1, p. 201-206, jan/jun. 2004. Resenha de: MONTEIRO, C. A. M. de. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 425 p.

MOREIRA, A. **Planejamento ambiental do município de Barra Bonita, SC, na perspectiva das tecnologias de informação geográfica**. 2009. 217 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2003. 294 p.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2008. 362 p.

OLIVEIRA, C de. **Dicionário cartográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1983. 645 p.

_____. **Curso de Cartografia moderna**. Rio de Janeiro: IBGE, 1988. 152 p.

OZENDA, P. La Cartographie de la Gévéétation. In: OZENDA, P. **Biogéographie Végétable**. Paris: Ed. Doin-Deren, 1964, p. 335-355.

PIRAN, N. **A Pequena Produção Rural em Erechim: um estudo de caso**. 1982. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 1982.

QUEIROZ FILHO, A. P.; MARTINELLI, M. Cartografia de análise e de síntese na geografia. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 87, p. 7-43, dez. 2007.

RAMOS, C. da S. **Visualização cartográfica e Cartografia multimídia: conceitos e tecnologias**. São Paulo: Ed. UNESP, 2005. 184 p.

RAVENEAU, J. La cartographie écologique et ses applications: Ecological Mapping and Its Applications. Cahiers de géographie Du Québec, Canadá, v. 33, n. 88, p. 116-118, 1989. Resenha de: OZENDA, P. **La cartographie écologique et ses applications: Ecological Mapping and Its Applications**. Paris: Masson, 1986.

RIBEIRO, G. P. Tecnologias digitais de Geoprocessamento: Sistemas de Informação Geográfica (SIG). In: ARCHELA, R. S.; FRESCA. T. M.; SALVI. R. F. (Org.) **Novas tecnologias**. Londrina: Ed. UEL, 2001. cap. 1, p. 1 -12.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2000. 220 p.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 14, p. 69-77, 2001.

RODRIGUEZ, J. M. M. Geografia das paisagens, geocologia e planejamento ambiental. **Formação**. Presidente Prudente: Programa de Pós-Graduação em Geografia, v. 1, n. 1, p. 7-27, 2003.

ROSA, J. de A. **Planejamento Estratégico do Alto Uruguai Gaúcho**/Construindo uma visão de futuro. Erechim: Graffoluz, 2008. 120 p.

ROSA, R. **Cartografia Básica**. Uberlândia: Ed. da UFU, 2004. 72 p.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao Geoprocessamento**: Sistema de Informação Geográfica. Uberlândia, 1996. 104 p.

ROSELÉM, N. P.; ARCHELA, R. S. Aplicação da metodologia cartográfica de André Journaux em Londrina – PR. In: XVII ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. 2008, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: UNIOESTE, 2008. Disponível em: < http://www.ppg.uem.br/docs/pes/eaic/XVII_EAIC/index.html>. Acesso em: 20 maio 2011.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 6, p. 17-29, 1992.

_____. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 6, p. 63-74, 1994.

_____. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. 8 ed. São Paulo: Contexto. 2007. 85 p.

RUDEK, C. G.; MUZZILLO, C. da S. O início da abordagem ambiental nos planos de desenvolvimento urbano brasileiro a partir da preocupação mundial em busca do desenvolvimento sustentável. **Akropólis**, Umuarama, v. 15, n. 1 e 2, p. 11-18, jan./jun. 2007.

SANCHES, M. C. Conteúdo e eficácia da imagem gráfica. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro, v. 11, n. 21/22, p. 74-81, 1981.

SANTOS, M. **Técnica, espaço e tempo**: globalização e meio técnico-científico-informacional. São Paulo: Hucitec, 1994. 176 p.

_____. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção.** São Paulo: Hucitec, 1996. 308 p.

_____. **Espaço e Método.** 4. ed. São Paulo: Nobel, 1997. 88 p.

SAUER, C. O. A morfologia da paisagem. Traduzido por Gabrielle Corrêa Braga. In: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z (Org.) **Paisagem, tempo e cultura.** Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 1998. p. 12-74.

SILVA, A. de B. **Sistema de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos.** Campinas: Editora da UNICAMP, 2003. 236 p.

SIMÕES, M. et al. **Metodologia para elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico em áreas com grande influência antrópica.** Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: <<http://www.laget.igeo.ufrj.br/egler/pdf/maggie.pdf>>. Acesso em 02 fev. 2012.

SLUTER, C. R. Uma abordagem sistêmica para o desenvolvimento de projeto cartográfico como parte do processo de comunicação cartográfica. **Portal da Cartografia**, Londrina, v. 1, n. 1, p. 1-20, maio/ago. 2008.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas.** Métodos em Questão. São Paulo, v. 16, p. 1-49, 1977.

SOUSA, M. C. S. **As propostas metodológicas para a cartografia ambiental: uma revisão.** 2009. 122 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas. **Tutorial do SPRING 5.0.** Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring>>. Acesso em: 09 nov. 2011.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** 2 ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008, 222 p.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008, 222p.

TEIXEIRA, A. L. de A.; MORETTI, E.; CRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica.** Rio Claro: Ed. do autor, 1992. 80 p.

TOMLIN, C.D. **Geographic information systems and cartographic modelling**. New York: Prentice Hall, 1990. 249p.

TRENTIN, A. B. **Diagnóstico físico e socioeconômico das áreas rurais no município de Jaboticaba/RS**. 2007. 83f. Monografia (Trabalho de Graduação em Geografia) – Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 91 p.

TROPMAIR, H. Ecossistemas e Geossistemas do Estado de São Paulo. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, v. 13, n. 25, p. 27-36, 1983.

TROPMAIR, H.; GALINA, M. H. Geossistemas. **Mercator**, Fortaleza, v. 5, n. 10, p. 79-90, 2006.

VALLES, G. de F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados à geração de uma carta de vulnerabilidade natural à perda do solo**. 2008. 161f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem Sistêmica e Geografia. **Geografia**, Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 323 – 344, set./dez. 2003.

WELTER, L. **O espaço geográfico do oeste catarinense e sua cartografia ambiental**. 2006. 91 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

WOOD, D.; FELS, J. The Natures of Maps: Cartographic Constructions of the Natural World. *Cartographica*, Canadá, v. 43, n. 3, p. 198-202, 2008. Resenha de: WOOD, D.; FELS, J. **The Natures of Maps: Cartographic Constructions of the Natural World**. Chicago: University of Chicago Press, 2008.

ZACHARIAS, A. A. **A apresentação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental: um estudo de caso do município de Ourinhos-SP**. 2006. 200 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade do Estado de São Paulo, Rio Claro, 2006.

_____. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental**. São Paulo: Ed. da UNESP, 2010. 211 p.

_____. As categorias de análise da Cartografia no mapeamento e Síntese da paisagem. **Revista Geografia e Pesquisa**, Ourinhos, v. 2, n. 1, p. 33-56, 2008.

ZACHARIAS, A. et al., A cartografia de síntese no planejamento e gestão ambiental. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA (Comunicação Coordenada). 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2009. 1 CD-ROM.

APÊNDICES

Apêndice A – Programação para a análise do grau de Vulnerabilidade/Estabilidade dos Solos

Apêndice A1 - Ponderação dos valores para os Solos

```
{
//Programa para Ponderar os Valores de Solos
Tematico variavel ("Solos");
Digital solospond("MNT_Pond");
//Declaracao de Tabelas
Tabela solostabela (Ponderacao);
// Instanciacao de Variaveis
variavel = Recupere(Nome="solos");
solospond= Novo (Nome="solos_pond", ResX=30, ResY=30,
Escala=50000,Min=0, Max=3);
// Instanciacao de Tabelas
solostabela= Novo(CategoriaIni="Solos",
"Latossolo_bruno": 1.0 ,
"Cambissolo_haplicos": 2.0 ,
"Neossolo_litolico": 3.0 );
// Comandos de Operações
solospond = Pondere (variavel, solostabela);
// Fim
}
```

Apêndice A2 - Operação média zonal dos Solos

```
{
//Programa para atualizar o atributo SOL_VUL através do operador média zonal
//Declaração
Objeto regioes ("UTB_Obj");
Cadastral mapacadastral ("Mapa_Cadastral");
Digital entradasolosponderado ("MNT_Pond");
//Instanciação
mapacadastral = Recupere (Nome = "UTBs");
entradasolosponderado = Recupere (Nome = "solos_pond");
//Atribuição
regioes. "SOL_VUL" = Atualize (entradasolosponderado, regioes OnMap mapacadastral, MedZ);
}
```

Apêndice A3 – Operação maioria zonal dos Solos

```
{
//Programa para atualizar os atributos SOL_CLS através do operador maioria zonal
//Declaração
Objeto regioes ("UTB_Obj");
Cadastral mapacadastral ("Mapa_Cadastral");
```

```
Tematico entradasolos ("Solos");  
//Instanciação  
mapacadastral = Recupere (Nome = "UTBs");  
entradasolos = Recupere (Nome = "solos");  
//Atribuição  
regioes. "SOL_CLS" = Atualize (entradasolos, regioes OnMap mapacadastral, MaiZ);  
}
```

Apêndice B – Programação para a análise do grau de Vulnerabilidade/Estabilidade da Geomorfologia

Apêndice B1 – Programa para calcular o valor da Geomorfologia média final

```
{
//Programa para elaboração da grade do mapa Geomorfológico com base nas formas do relevo
//Declaração
Digital entradagrademorfografia ("MNT_Pond");
Digital entradagradedimensaointerfluvial ("MNT_Pond");
Digital entradagradehipsometria ("MNT_Pond");
Digital saidagradeGeomorfologia ("MNT_Pond");
//Instanciação
entradagrademorfografia = Recuperar (Nome= "morfografia_pond");
entradagradedimensaointerfluvial = Recuperar (Nome= "interfluvios_pond");
entradagradehipsometria = Recuperar (Nome= "hipsometrico_pond");
saidagradeGeomorfologia = Novo (Nome="geomorfologia_pond",ResX=30, ResY=30, Escala=50000,
Min=0, Max=3);
//Atribuição
saidagradeGeomorfologia = (entradagrademorfografia+ entradagradedimensaointerfluvial +
entradagradehipsometria)/3;
}
```

Apêndice B2 – Programa para fatiar a Geomorfologia

```
{
//Programa para integração dos parâmetros morfométricos e morfográficos de Geomorfologia
//Declaração
Digital entradamorfografia ("MNT_Pond");
Digital entradahipsometria ("MNT_Pond");
Digital entradadimensaointerfluvial ("MNT_Pond");
Temático saidaGeomorfologia ("Geomorfologia");
//Instanciação
entradamorfografia= Recuperar (Nome= "morfografia_pond");
entradahipsometria= Recuperar (Nome= "hipsometrico_pond");
entradadimensaointerfluvial= Recuperar (Nome= "interfluvios_pond");
saidaGeomorfologia= Novo (Nome="geomorfologia", ResX=30, ResY=30, Escala=50000);
//Atribuição
saidaGeomorfologia= Atribua
{
"Da54": (entradamorfografia ==3.0) .AND. (entradahipsometria ==3.0) .AND. (
entradadimensaointerfluvial ==2.5) ,
"Da53": (entradamorfografia ==3.0) .AND. (entradahipsometria ==3.0) .AND. (
entradadimensaointerfluvial ==2.0) ,
"Da41": (entradamorfografia ==3.0) .AND. (entradahipsometria== 2.5) .AND. (
entradadimensaointerfluvial ==1.0) ,
"Dc43": (entradamorfografia ==2.0) .AND. (entradahipsometria ==2.5) .AND. (
entradadimensaointerfluvial ==2.0) ,
"Dc42": (entradamorfografia ==2.0) .AND. (entradahipsometria ==2.5) .AND. (
entradadimensaointerfluvial ==1.5) ,
"Dc33": (entradamorfografia ==2.0) .AND. (entradahipsometria ==2.0) .AND. (
entradadimensaointerfluvial ==2.0) ,
}
```

```

"Dc41": (entradamorfografia ==2.0) .AND. (entradahipsometria ==2.5) .AND. (
entradadimensaointerfluvial ==1.0) ,
"Dc24": (entradamorfografia ==2.0) .AND. (entradahipsometria ==1.5) .AND. (
entradadimensaointerfluvial ==2.5) ,
"Dc15": (entradamorfografia ==2.0) .AND. (entradahipsometria ==1.0) .AND. (
entradadimensaointerfluvial ==3.0) ,
"Dc34": (entradamorfografia ==2.0) .AND. (entradahipsometria ==2.0) .AND.(
entradadimensaointerfluvial ==2.5) ,
"Dp23": (entradamorfografia ==1.0) .AND. (entradahipsometria ==1.5) .AND. (
entradadimensaointerfluvial ==2.0) ,
"Dt32": (entradamorfografia ==1.0) .AND. (entradahipsometria ==2.0) .AND. (
entradadimensaointerfluvial ==1.5) ,
"Dt42": (entradamorfografia ==1.0) .AND. (entradahipsometria ==2.5) .AND. (
entradadimensaointerfluvial ==1.5) ,
"Dt33": (entradamorfografia ==1.0) .AND. (entradahipsometria ==2.0) .AND. (
entradadimensaointerfluvial ==2.0) ,
"Dt32": (entradamorfografia ==1.0) .AND. (entradahipsometria==2.0) .AND. (
entradadimensaointerfluvial ==1.5) ,
"Dt43": (entradamorfografia ==1.0) .AND. (entradahipsometria ==2.5) .AND. (
entradadimensaointerfluvial ==2.0) ,
"Apf": (entradamorfografia ==3.0)
};
}

```

Apêndice C – Programação para calcular a Vulnerabilidade média final, espacializar e fatiar a grade

Apêndice C1 – Programa para calcular o valor da Vulnerabilidade média final

```
{
//Programa para calcular o valor da Vulnerabilidade Media Final a partir dos temas Geologia,
Geomorfologia, Solos, Uso e Vegetacao
//Declaracao
Digital entradaGeologiagradeponderado("MNT_Pond");
Digital entradaGeomorfologiagradeponderado("MNT_Pond");
Digital entradaSolosgradeponderado("MNT_Pond");
Digital entradaUsoVegetacaogradeponderado("MNT_Pond");
Digital saidaVulnerabilidadegrade("MNT_Pond");
//Instanciacao
entradaGeologiagradeponderado=Recupere(Nome="geologia_pond");
entradaGeomorfologiagradeponderado=Recupere(Nome="geomorfologia_pond");
entradaSolosgradeponderado=Recupere(Nome="solos_pond");
entradaUsoVegetacaogradeponderado=Recupere(Nome="uso_veg_pond");
saidaVulnerabilidadegrade = Novo(Nome = "vulnerabilidade_pond", ResX = 30, ResY = 30, Escala
=50000, Min = 0, Max = 3);
//Atribuicao
saidaVulnerabilidadegrade =(entradaGeologiagradeponderado +
entradaGeomorfologiagradeponderado + entradaSolosgradeponderado +
entradaUsoVegetacaogradeponderado)/4;
}
```

Apêndice C2 – Programa para atualizar o atributo da Vulnerabilidade média

```
{
//Programa para atualizar o atributo MED_VUL
//Declaração
Objeto regioes ("UTB_Obj");
Cadastral mapacadastral ("Mapa_Cadastral");
Digital entradaVulnerabilidadeponderado("MNT_Pond");
//Instanciação
mapacadastral= Recupere (Nome="UTBs");
entradaVulnerabilidadeponderado= Recupere (Nome="vulnerabilidade_pond");
//Atribuição
regioes."MED_VUL" = Atualize (entradaVulnerabilidadeponderado,regioes OnMap mapacadastral,
MedZ);
}
```

Apêndice C3 – Programa para espacializar a Vulnerabilidade média

```
{
//Programa para espacializar o atributo MED_VUL
//Declaração
Objeto regioes ("UTB_Obj");
Cadastral mapacadastral ("Mapa_Cadastral");
Digital saidavulnerabilidadegradeponderado ("MNT_Pond");
//Instanciação
```

```

mapacadastral =Recupere (Nome ="UTBs");
saidavulnerabilidadegradeponderado = Novo (Nome = "grade_vulnerabilidade_pond", ResX = 30,
ResY = 30, Escala = 50000, Min = 0, Max = 3);
//Atribuições
saidavulnerabilidadegradeponderado = Espacialize ( regioes."MED_VUL" OnMap mapacadastral);
}

```

Apêndice C4 – Programa para fatiar a Vulnerabilidade média em 21 classes

```

{
// Programa para fatiar a grade de Vulnerabilidade em 21 classes
Digital Vulnerabilidadegrade ("MNT_Pond");
Tematico Vulnerabilidadetemtica ("Vulnerabilidade_Natural");
Tabela TBvulnerabilidade (Fatiamento);
Vulnerabilidadegrade = Recupere (Nome= "grade_vulnerabilidade_pond");
Vulnerabilidadetemtica = Novo (Nome= "utbs_vulnerabilidade_final", ResX=30,ResY=30,
Escala=50000);
TBvulnerabilidade = Novo (CategoriaFim= "Vulnerabilidade_Natural"
[1.0, 1.09] : "estavel",
[1.09,1.19] : "estavel1",
[1.19,1.29] : "estavel2",
[1.29,1.39] : "estavel3",
[1.39,1.49] : "moderadamente_estavel",
[1.49,1.59] : "moderadamente_estavel1",
[1.59,1.69] : "moderadamente_estavel2",
[1.69,1.79] : "moderadamente_estavel3",
[1.79,1.89] : "medianamente_estavel",
[1.89,1.99] : "medianamente_est_vul",
[1.99,2.09] : "medianamente_est_e_ou_vul",
[2.09,2.19]: "medianamente_vul_est",
[2.19,2.29]: "medianamente_vulneravel",
[2.29,2.39] : "moderadamente_vulneravel",
[2.39,2.49] : "moderadamente_vulneravel1",
[2.49,2.59] : "moderadamente_vulneravel2",
[2.59,2.69] : "moderadamente_vulneravel3",
[2.69,2.79] : "vulneravel",
[2.79,2.89] : "vulneravel1",
[2.89,2.99] : "vulneravel2",
[2.99,3.0] : "vulneravel3");
Vulnerabilidadetemtica = Fatie (Vulnerabilidadegrade, TBvulnerabilidade);
}

```

Apêndice C5 – Programa para fatiar a Vulnerabilidade média em 5 classes

```

{
// Programa para fatiar a grade de Vulnerabilidade em 5 classes
Digital Vulnerabilidadegrade ("MNT_Pond");
Tematico Vulnerabilidadetemtica ("Vulnerabilidade_Natural");
Tabela TBvulnerabilidade (Fatiamento);
Vulnerabilidadegrade = Recupere (Nome= "grade_vulnerabilidade_pond");
Vulnerabilidadetemtica = Novo (Nome= "utbs_vulnerabilidade_final_5classes", ResX=30,ResY=30,
Escala=50000);
TBvulnerabilidade = Novo (CategoriaFim= "Vulnerabilidade_Natural"

```

```
[1.0, 1.39] : "estavel",  
[1.4,1.79] : "moderadamente_estavel",  
[1.8,2.29] : "medianamente_est_e_ou_vul",  
[2.3,2.69] : "moderadamente_vulneravel",  
[2.7,3.0] : "vulneravel");  
Vulnerabilidade tematica = Fatie (Vulnerabilidade grade, TB vulnerabilidade);  
}
```

Apêndice D – Programação para a análise do grau de potencialidade do Potencial Natural

Apêndice D1 – Ponderação dos valores do Potencial Natural

```

{
//Programa para Ponderar os Valores do Potencial Natural
Tematico variavel ("Pot_Natural");
Digital naturalpond("MNT_Pond");
//Declaracao de Tabelas
Tabela naturaltabela (Ponderacao);
// Instanciacao de Variaveis
variavel = Recupere (Nome="Natural");
naturalpond = Novo (Nome="natural_pond",ResX=30, ResY=30,
Escala=50000, Min=0, Max=3);
// Instanciacao de Tabelas
naturaltabela= Novo (CategoriaIni="Pot_Natural",
"Setor1" : 2.2 ,
"Setor2" : 2.0 ,
"Setor3" : 2.2 ,
"Setor4" : 2.5 ,
"Setor5" : 2.6 ,
"Setor6" : 1.5 ,
"Setor7" : 1.5 ,
"Setor8" : 2.3 ,
"Setor9" : 2.3 ,
"Setor10" : 2.3 ,
"Setor11" : 2.5 ,
"Setor12" : 2.6 ,
"Setor13" : 2.8 ,
"Setor14" : 2.6 ,
"Setor15" : 2.1 ,
"Setor16" : 2.2 ,
"Setor17" : 1.9 ,
"Setor18" : 2.3 ,
"Setor19" : 2.3 ,
"Setor20" : 2.5 ,
"Setor21" : 2.2 ,
"Setor22" : 2.0 );
// Comandos de Operações
naturalpond = Pondere(variavel, naturaltabela);
// Fim
}

```

Apêndice D2 – Operação média zonal do Potencial Natural

```

{
//Programa para atualizar o atributo NAT_POT através do operador média zonal
//Declaração
Objeto regioes ("Setores_Obj");
Cadastral mapacadastral ("Cadastral");
Digital entradanaturalponderado ("MNT_Pond");

```

```
//Instanciação
mapacadastral = Recuperar (Nome = "Setores");
entradanaturalponderado = Recuperar (Nome = "natural_pond");
//Atribuição
regioes. "NAT_POT" = Atualize (entradanaturalponderado, regioes OnMap mapacadastral, MedZ);
}
```

Apêndice D3 – Operação maioria zonal do Potencial Natural

```
{
//Programa para atualizar os atributos NAT_CLS através do operador maioria zonal
//Declaração
Objeto regioes ("Setores_Obj");
Cadastral mapacadastral ("Cadastral");
Tematico entradaNatural ("Pot_Natural");
//Instanciação
mapacadastral = Recuperar (Nome = "Setores");
entradaNatural = Recuperar (Nome = "Natural");
//Atribuição
regioes. "NAT_CLS" = Atualize (entradaNatural, regioes OnMap mapacadastral, MaiZ);
}
```

Apêndice D4 – Programa para fatiar o Potencial Natural em 21 classes

```
{
// Programa para fatiar a grade de Potencial Natural em 21 classes
Digital PotencialNaturalgrade ("MNT_Pond");
Tematico PotencialNaturaltematica ("Potencial_Social");
Tabela TBpotencialnatural (Fatiamento);
PotencialNaturalgrade = Recuperar (Nome= "natural_pond");
PotencialNaturaltematica = Novo (Nome= "setores_potencial_natural", ResX=30,ResY=30,
Escala=50000);
TBpotencialnatural = Novo (CategoriaFim= "Potencial_Social",
[1.0, 1.09] : "baixo",
[1.09,1.19] : "baixo1",
[1.19,1.29] : "baixo2",
[1.29,1.39] : "baixo3",
[1.39,1.49] : "moderadamente_baixo",
[1.49,1.59] : "moderadamente_baixo1",
[1.59,1.69] : "moderadamente_baixo2",
[1.69,1.79] : "moderadamente_baixo3",
[1.79,1.89] : "medio_baixo",
[1.89,1.99] : "medio_baixo_alto",
[1.99,2.09] : "medio_baixo_e_ou_alto",
[2.09,2.19] : "medio_alto_baixo",
[2.19,2.29] : "medio_alto",
[2.29,2.39] : "moderadamente_alto",
[2.39,2.49] : "moderadamente_alto1",
[2.49,2.59] : "moderadamente_alto2",
[2.59,2.69] : "moderadamente_alto3",
[2.69,2.79] : "alto",
[2.79,2.89] : "alto1",
[2.89,2.99] : "alto2",
```

```
[2.99,3.0] : "alto3");
PotencialNaturaltematica = Fatie (PotencialNaturalgrade, TBpotencialnatural);
}
```

Apêndice D5 – Programa para fatiar o Potencial Natural em 5 classes

```
{
// Programa para fatiar a grade de Potencial Natural em 5 classes
Digital PotencialNaturalgrade ("MNT_Pond");
Tematico PotencialNaturaltematica ("Potencial_Social");
Tabela TBpotencialnatural (Fatiamento);
PotencialNaturalgrade = Recupere (Nome= "natural_pond");
PotencialNaturaltematica = Novo (Nome= "setores_potencial_natural_5classes", ResX=30,ResY=30,
Escala=50000);
TBpotencialnatural = Novo (CategoriaFim= "Potencial_Social",
[1.0, 1.39] : "baixo",
[1.4,1.79] : "moderadamente_baixo",
[1.8,2.21] : "medio_baixo_e_ou_alto",
[2.3,2.69] : "moderadamente_alto",
[2.7,3.0] : "alto");
PotencialNaturaltematica = Fatie (PotencialNaturalgrade, TBpotencialnatural);
}
```

Apêndice E – Programação para calcular Potencialidade média final, espacializar e fatiar a grade

Apêndice E1 – Programa para calcular da Potencialidade média final

```
{
//Programa para calcular o valor da Potencialidade Média Final a partir dos temas Potencial Humano,
Institucional, Natural e Produtivo
//Declaração
Digital entradaHumanogradeponderado ("MNT_Pond");
Digital entradaInstitucionalgradeponderado("MNT_Pond");
Digital entradaNaturalgradeponderado("MNT_Pond");
Digital entradaProdutivogradeponderado("MNT_Pond");
Digital saidaPotencialidadegrade ("MNT_Pond");
//Instanciação
entradaHumanogradeponderado =Recupere(Nome="humano_pond");
entradaInstitucionalgradeponderado=Recupere(Nome ="institucional_pond");
entradaNaturalgradeponderado =Recupere(Nome ="natural_pond");
entradaProdutivogradeponderado =Recupere(Nome= "produtivo_pond");
saidaPotencialidadegrade = Novo (Nome = "potencialidade_grade_setores", ResX = 30, ResY = 30,
Escala = 50000, Min = 0, Max = 3);
//Atribuição
saidaPotencialidadegrade = (entradaHumanogradeponderado*5 +
entradaInstitucionalgradeponderado*2 + entradaNaturalgradeponderado*2 +
entradaProdutivogradeponderado*3) /12;
}
```

Apêndice E2 – Programa para fatiar o Potencial Social em 21 classes

```
{
// Programa para fatiar a grade de Potencialidade em 21 classes
Digital Potencialidadegrade ("MNT_Pond");
Tematico Potencialidadetematica ("Potencial_Social");
Tabela TBpotencialidade (Fatiamento);
Potencialidadegrade = Recupere (Nome= "potencialidade_grade_setores");
Potencialidadetematica = Novo (Nome= "setores_fatias", ResX=30,ResY=30, Escala=50000);
TBpotencialidade = Novo (CategoriaFim= "Potencial_Social",
[1.0, 1.09] : "baixo",
[1.09,1.19] : "baixo1",
[1.19,1.29] : "baixo2",
[1.29,1.39] : "baixo3",
[1.39,1.49] : "moderadamente_baixo",
[1.49,1.59] : "moderadamente_baixo1",
[1.59,1.69] : "moderadamente_baixo2",
[1.69,1.79] : "moderadamente_baixo3",
[1.79,1.89] : "medio_baixo",
[1.89,1.99] : "medio_baixo_alto",
[1.99,2.09] : "medio_baixo_e_ou_alto",
[2.09,2.19]: "medio_alto_baixo",
[2.19,2.29]: "medio_alto",
[2.29,2.39] : "moderadamente_alto",
[2.39,2.49] : "moderadamente_alto1",
[2.49,2.59] : "moderadamente_alto2",
```

```
[2.59,2.69] : "moderadamente_alto3",
[2.69,2.79] : "alto",
[2.79,2.89] : "alto1",
[2.89,2.99] : "alto2",
[2.99,3.0] : "alto3");
Potencialidadetematica = Fatie (Potencialidadegrade, TBpotencialidade);
}
```

Apêndice E3 – Programa para fatiar o Potencial Social em 5 classes

```
{
// Programa para fatiar a grade de Potencialidade em 5 classes
Digital Potencialidadegrade ("MNT_Pond");
Tematico Potencialidadetematica ("Potencial_Social");
Tabela TBpotencialidade (Fatiamento);
Potencialidadegrade = Recupere (Nome= "potencialidade_grade_setores");
Potencialidadetematica = Novo (Nome= "setores_fatias", ResX=30,ResY=30, Escala=50000);
TBpotencialidade = Novo (CategoriaFim= "Potencial_Social",
[1.0, 1.39] : "baixo",
[1.4,1.79] : "moderadamente_baixo",
[1.8,2.21] : "medio_baixo_e_ou_alto",
[2.3,2.69] : "moderadamente_alto",
[2.7,3.0] : "alto");
Potencialidadetematica = Fatie (Potencialidadegrade, TBpotencialidade);
}
```

Apêndice E4 – Programa para atualizar o atributo média do Potencial Social

```
{
//Programa para atualizar o atributo de média potencial MED_POT
//Declaração
Objeto regioes ("Setores_Obj");
Cadastral mapacadastral ("Cadastral");
Digital entradaPotencialidadeponderado("MNT_Pond");
//Instanciação
mapacadastral = Recupere (Nome="Setores");
entradaPotencialidadeponderado = Recupere (Nome="potencialidade_grade_setores");
//Atribuição
regioes. "MED_POT" = Atualize
(entradaPotencialidadeponderado, regioes OnMap mapacadastral, MedZ);
}
```

Apêndice F – Programação para a Integração dos dados de Potencial Social e de Vulnerabilidade Natural

Apêndice F1 – Integração dos dados de Potencial Social e de Vulnerabilidade Natural

```

{
//Programa para calcular a integração da Potencialidade Social e da Vulnerabilidade Natural
//Declaração
Digital entradaPotencialidade ("MNT_Pond");
Digital entradaVulnerabilidade ("MNT_Pond");
Tematico saidaSinteseUnidades ("Sintese_Unidades");
//Instanciação
entradaPotencialidade = Recuperere (Nome="potencialidade_grade_setores");
entradaVulnerabilidade= Recuperere (Nome="grade_vulnerabilidade_pond");
saidaSinteseUnidades = Novo (Nome ="Unidades_Pot_Vul", ResX = 30, ResY = 30, Escala = 50000);
//Atribuição
saidaSinteseUnidades = Atribua
{
"Recuperação" : (entradaPotencialidade >2.0 .AND. entradaPotencialidade <=3.0) .AND.
(entradaVulnerabilidade >2.0 .AND. entradaVulnerabilidade <=3.0),
"Expansao" : (entradaPotencialidade <=2.0) .AND. (entradaVulnerabilidade <=2.0),
"Consolidação" : (entradaPotencialidade >2.0 .AND. entradaPotencialidade <=3.0) .AND.
(entradaVulnerabilidade <=2.0),
"Conservação" : (entradaPotencialidade <=2.0) .AND. (entradaVulnerabilidade >2.0 .AND.
entradaVulnerabilidade <=3.0)
};
}

```

