

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

**FRAGILIDADE AMBIENTAL E EXPANSÃO URBANA DA
REGIÃO ADMINISTRATIVA NORDESTE DA SEDE DO
MUNICÍPIO DE SANTA MARIA - RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Marilene Dias do Nascimento

Santa Maria, RS, Brasil.

2009

**FRAGILIDADE AMBIENTAL E EXPANSÃO URBANA DA
REGIÃO ADMINISTRATIVA NORDESTE DA SEDE DO
MUNICÍPIO DE SANTA MARIA - RS**

por

Marilene Dias do Nascimento

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

Orientador: Prof. Dr. Bernardo Sayão Penna e Souza

Santa Maria, RS, Brasil

2009

**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

**FRAGILIDADE AMBIENTAL E EXPANSÃO URBANA DA
REGIÃO ADMINISTRATIVA NORDESTE DA SEDE DO
MUNICÍPIO DE SANTA MARIA - RS**

Elaborada por

Marilene Dias do Nascimento

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geografia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Dr. Bernardo Sayão Penna e Souza (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Dr. Jurandyr Luciano Sanches Ross (USP)

Dra. Nina Simone Vilaverde Moura Fujimoto (UFRGS)

Santa Maria, 22 de setembro de 2009

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar ao professor Dr. Bernardo Sayão Penna e Souza, pela orientação, compreensão e amizade no decorrer dessa pesquisa.

Aos meus familiares, principalmente minha filha Ariani e meu namorado Jarba, pela compreensão nos momentos de minha ausência e pelo incentivo nos momentos de desânimo.

Ao amigo e colega Thiago Bazan, pelo valioso apoio técnico prestado.

Ao professor Dr. Fabrício Pedron, do Departamento de Solos da UFSM, pela orientação quanto aos tipos e características do solo da área de estudo.

Ao professor Dr. Roni Mori do Departamento de Química, pelo estímulo, apoio e compreensão no decorrer do desenvolvimento dessa pesquisa.

Enfim a todos, que de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização dessa pesquisa.

“Mudar a sociedade”, “mudar a vida”, nada significa, se não houver produção de um espaço apropriado.

Lefebvre.

RESUMO

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

FRAGILIDADE AMBIENTAL E EXPANSÃO URBANA DA REGIÃO ADMINISTRATIVA NORDESTE DA SEDE DO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA - RS

**AUTORA: MARILENE DIAS DO NASCIMENTO
ORIENTADOR: BERNARDO SAYÃO PENNA E SOUZA
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 22 de setembro de 2009.**

Ao longo das últimas décadas, vem se verificando que a degradação dos recursos naturais é uma realidade constante nas cidades do Brasil e vem desencadeando problemas ambientais e sociais preocupantes. Os estudos geomorfológicos auxiliam na compreensão destes problemas ambientais, uma vez que se ocupa da interação de mecanismos complexos que modificam a superfície do globo. O estudo da fragilidade ambiental natural, acentuada pelas ações antrópicas, em ambientes urbanos, deve ser objeto de pesquisas que visem à expansão urbana. Assim, o objetivo principal desta pesquisa é realizar o diagnóstico da fragilidade ambiental potencial e emergente da Região Administrativa Nordeste da sede do município de Santa Maria-RS, que corresponde à zona de transição entre a Depressão Periférica Sul-rio-grandense e o Planalto da Bacia do Paraná, com elevada amplitude altimétrica e declividades acentuadas. A metodologia utilizada tem como base Ross (1994), que define fragilidade ambiental a partir dos conceitos de Unidades Ecodinâmicas (Tricart, 1977), agrupadas em Unidades Ecodinâmicas Instáveis e Unidades Ecodinâmicas Estáveis, com o estabelecimento de graus de fragilidade, desde o muito fraco, para o menor grau, até o muito forte para o maior grau. A Carta de Fragilidade Ambiental Potencial resultou da sobreposição dos Planos de Informações (PIs) das cartas Clinográfica, Morfológica, Geológica e de Solos. A Carta de Fragilidade Ambiental Emergente é o resultado da sobreposição dos PIs da Carta de Fragilidade Ambiental Potencial e da Carta de Uso da Terra e Cobertura Vegetal. Estas cartas expressam os diferentes graus de fragilidade que o ambiente possui em função de suas características genéticas e antrópicas. Na Carta de Fragilidade Ambiental Potencial foi constatado que 42,9% da área apresentam fragilidade ambiental forte a muito forte. Estas fragilidades apresentam-se, em função das propriedades físicas, em locais com as maiores declividades do terreno, associado a solos pouco desenvolvidos e à morfologia de morros. No momento em que se analisa a intervenção humana constata-se que a fragilidade ambiental aumenta, consideravelmente. A Carta de Fragilidade Ambiental Emergente revela que 79,2% da área de estudo são consideradas de fragilidade entre média e muito forte, sendo que 48,6% apresentam fragilidade forte. As áreas de maior fragilidade são as que estão menos protegidas, ou seja, as áreas em que já houve intensa modificação do ambiente natural resultante das ações humanas. Nesse sentido, algumas recomendações foram propostas no intuito de adequar o uso da terra para que a R. A. Nordeste possa manter-se em equilíbrio ambiental. E, por fim, cabe ressaltar que essa pesquisa presta-se como subsídio a trabalhos futuros que venham a ser desenvolvidos na área, em especial aqueles voltados à preservação ambiental.

Palavras-chave: fragilidade ambiental; planejamento; expansão urbana

ABSTRACT

**Masters Dissertation
Graduate Program in Geography and Geosciences
Federal University of Santa Maria**

Environmental Fragility and Urban Expansion of the Northwest Administrative Region of the Municipality of Santa Maria - RS

**AUTHOR: MARILENE DIAS DO NASCIMENTO
SUPERVISOR: BERNARDO SAYÃO PENNA E SOUZA
Date e Place of Defence: Santa Maria, September 22, 2009.**

Over the past decades, the degradation of natural resources is a constant reality in the cities of Brazil and has been creating environmental and social concern. Geomorphological studies help to understand these environmental problems, since it deals with the interaction of complex mechanisms that modify the surface of the globe. And the study of natural environmental fragility, exacerbated by human activities in urban environments, should be the subject of research aimed at the urban sprawl. The objective of this research is to diagnose the potential and emerging environmental fragility of the Northeast Administrative Region of the Municipality of Santa Maria-RS, which corresponds to the transition zone between the Southern Rio Grande Peripheral Depression and the Plateau of the Paraná Basin, with high altimetric amplitude and steep slopes. The methodology used is based on Ross (1994), in which environmental fragility is defined by the concepts of Ecodynamic Units (Tricart, 1977), grouped in Unstable Ecodynamic Units and Stable Ecodynamic Units, with the establishment of degrees of fragility rated from very low, for the least degree, to very high for the greatest degree. The Potential Environmental Fragility Chart resulted from the overlay of Information Planes (IPs) of the Clinographic, Morphological, Geologic and Soils Charts. The Chart of Emerging Environmental fragility is the result of the overlay of IPs Potential Environmental Fragility Chart with the Land Use and Land Cover Charts. These charts show the different degrees of fragility that the environment has on the basis of their genetic and anthropic characteristics. In the Potential Environmental Fragility Chart, it was found that 42.9% of the present environmental fragility rated high to very high. These vulnerabilities occur due to the physical properties of places with the large terrain slopes, combined with low soil development and hill morphology. The analysis of human intervention appears that the environmental fragility increases considerably. The Chart of Emerging Environmental Fragility reveals that 79.2% of the study area are considered fragile medium to very high, and 48.6% have a high fragility. The areas of greatest fragility are those that are least protected, or those where there have been much modification of the natural environment resulting from human actions. In this regard, some recommendations were proposed in order to modify land use so that the Northeast Administrative Region can remain in environmental balance. And finally, it should be noted that this research lends itself as an aid to future work that may be developed in the area, especially those focused on environmental preservation.

Palavras-chave: environmental fragility; planning, urban expansion

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

GRÁFICO 1 - População urbana e rural do município de Santa Maria – RS, no período de 1950 a 2006.	17
ESQUEMA 1 - Sistematização dos riscos geomorfológicos.....	66
ESQUEMA 2 - Classificação dos riscos segundo Cerri e Amaral (1998).....	68
ORGANOGRAMA 1 – Organograma Operacional.....	74
ESQUEMA 3 – Unidades Ecodinâmicas.....	77
ESQUEMA 4 – Modelo esquemático representativo de sobreposição de Planos de Informações para o mapeamento da fragilidade ambiental Potencial e Emergente..	80
FIGURA 1 – Legenda das classes de fragilidade ambiental potencial da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	93
FIGURA 2 – Legenda das classes de fragilidade ambiental emergente da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	95
MAPA 1 – Localização da área de estudo	100
MAPA 2 – Quadro Geoecológico/Geomorfológico de Santa Maria-RS.....	105
MAPA 3 – Carta Base da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	111
MAPA 4 – Carta Hipsométrica da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	114
MAPA 5 – Carta Clinográfica da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	117
MAPA 6 – Carta Geológica da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	121
MAPA 7 – Carta Geotécnica da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	124
FOTOGRAFIA 1 – Exemplo de relevo de morros da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.....	125
MAPA 8 – Carta Morfológica da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	126
FIGURA 3 – Perfil topográfico da morfologia e morros	127
FIGURA 4 – Perfil topográfico da morfologia de colinas	128

MAPA 9 – Carta de Solos da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	131
FOTOGRAFIA 2 – Vegetação de floresta em relevo de morros na R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	140
MAPA 10 – Carta de Uso do Solo e Cobertura Vegetal da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	141
FOTOGRAFIA 3 – Área urbana na R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria – RS – Bairro Nossa Senhora das Dores.	142
IMAGEM 1 – Expansão urbana na R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	143
FOTOGRAFIA 4 – Ocupação na vertente oeste do Morro Cechela na R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	144
IMAGEM 2 – Expansão urbana na vila Bilibio, bairro Km3 da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	145
FOTOGRAFIA 5 – Exemplo de propriedade rural a norte do reservatório DNOS na R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	146
IMAGEM 3 – Visão panorâmica da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	147
FOTOGRAFIA 6– Visão panorâmica parcial do norte do reservatório DNOS na R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	147
MAPA 11 – Carta de Fragilidade Ambiental Potencial da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	149
MAPA 12 – Carta de Fragilidade Ambiental Emergente da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	155
MAPA 13 – Carta de Fragilidade Ambiental Emergente da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria – RS com exemplos de uso.	161

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – População total, urbana e rural do município de Santa Maria – RS no período de 1950 a 2006.	16
TABELA 2 - Medida das classes de altitudes da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.....	113
TABELA 3 - Medida das classes de declividades da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.....	116
TABELA 4 - Medida das Formações Geológicas da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.....	120
TABELA 5 - Medida das classes das Zonas Geotécnicas da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.....	123
TABELA 6 - Medida das classes morfológicas da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.....	125
TABELA 7 - Medida das classes de solo da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.....	130
TABELA 8 - Medida das classes de uso da terra e cobertura vegetal da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	140
TABELA 9 - Medida das classes de fragilidade ambiental potencial da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.....	148
TABELA 10 - Medida das classes de fragilidade ambiental emergente da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	153

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Principais diferenças entre Cartografia Sistemática e Cartografia Temática.....	47
QUADRO 2 - Classes hipsométricas da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.....	83
QUADRO 3 - Classes de declividades e categorias hierárquicas de fragilidade da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	84
QUADRO 4 - Formações Geológicas e categorias hierárquicas de fragilidade da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	86
QUADRO 5 - Classes das Zonas Geotécnicas e categorias hierárquicas de fragilidade da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	87
QUADRO 6 - Formas de relevo e categorias hierárquicas de fragilidade da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	88
QUADRO 7 – Classes de solos da R. A. e categorias hierárquicas de fragilidade da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	90
QUADRO 8 - Classes de Uso da Terra, Cobertura Vegetal e categorias hierárquicas de fragilidade da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.	92
QUADRO 9 – Resumo das características ambientais das classes de fragilidade ambiental potencial.	151
QUADRO 10 – Resumo das características ambientais das classes de fragilidade ambiental emergente.....	157

LISTA DE SIGLAS

- AHP – Processo Analítico Hierárquico
- CTC – Capacidade de Troca de Cátions
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
- DGI – Divisão de Geração de Informação
- DNOS – Departamento Nacional de Obras e Saneamento
- DSG – Diretoria do Serviço Geográfico
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- GPS – Global Position Systems
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IBM - International Business Machines
- IHS – Intensity, Hue, Saturation (Intensidade, Matiz, Saturação)
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- LEGAL – Linguagem Espacial de Geo-processamento Algébrico
- MNT – Modelo Numérico do Terreno
- NE – Nordeste
- PDDUA - Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental
- PIs – Planos de Informações
- R. A. – Região Administrativa
- RGB – Red, Green, Blue, (Vermelho, Verde, Azul)
- SE – Sudeste
- SIBCS – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
- SIGs – Sistema de Informações Geográficas
- SPRING – Sistema de Processamento de Informações Geo-referenciadas
- TIN – Triangular Irregular Network
- U. R. – Unidades Residenciais
- U. V. – Unidade de Vizinhança
- V.F.R.G.S. – Viação Férrea do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1.1 A importância do estudo ambiental para o planejamento urbano	13
1.2 O papel da urbanização na questão ambiental	15
1.3 Alguns estudos ambientais realizados em Santa Maria	18
1.4 A escolha da R. A. Nordeste da cidade de Santa Maria como área de estudo	21
1.5 Objetivos: geral e específicos	22
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1 A evolução do pensamento geográfico e a tendência Sócioambiental	23
2.2 A análise sistêmica em pesquisas geográficas e geomorfológicas	33
2.3 Geomorfologia: conceitos e teorias	37
2.4 Geomorfologia aplicada ao planejamento urbano/ambiental	43
2.5 A Cartografia Temática Ambiental e as novas tecnologias contribuindo na análise sócioambiental	46
2.5.1 Cartografia Temática Ambiental	46
2.5.2 Sensoriamento Remoto e Análise Ambiental	53
2.5.3 Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas (SIGs)	56
2.6 Fragilidade ambiental	61
2.7 Processos superficiais e tipos de riscos	64
2.8 Os efeitos da urbanização sobre o meio ambiente	69
3 METODOLOGIA	73
3.1 Fundamentação teórico-conceitual	73
3.2 Fundamentação teórico-metodológica	75
3.3 Procedimentos técnicos	78
3.3.1 Descrição das técnicas e etapas de elaboração das cartas temáticas	81
3.3.1.1 A Carta Base	81
3.3.1.2 A Carta Hipsométrica	82
3.3.1.3 A Carta Clinográfica	83
3.3.1.4 A Carta Geológica	85
3.3.1.5 A Carta Geotécnica	87
3.3.1.6 A Carta Morfológica.....	87

3.4.1.7 O traçado dos Perfis.....	88
3.4.1.8 A Carta de Solos	89
3.4.1.9 A Carta de Uso da Terra e Cobertura Vegetal	92
3.4.1.10 A Carta de Fragilidade Ambiental Potencial	93
3.4.1.11 A Carta de Fragilidade Ambiental Emergente	94
4 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA E DA ÁREA DE ESTUDO	96
4.1 Localização, aspectos históricos e funcionais do município de Santa Maria e área de estudo	96
4.2 Caracterização física e ambiental do município de Santa Maria e da área de estudo	103
5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	110
5.1 Apresentação e discussão das Cartas Temáticas individuais.....	110
5.1.1 A Carta Base	110
5.1.2 A Carta Hipsométrica	112
5.1.3 A Carta Clinográfica	115
5.1.4 A Carta Geológica	119
5.1.5 A Carta Geotécnica	123
5.1.6 A Carta Morfológica.....	125
5.1.7 A Carta de Solos	130
5.1.8 A Carta de Uso da Terra e Cobertura Vegetal	139
5.2 Apresentação e discussão da Carta de Fragilidade Ambiental Potencial..	148
5.3 Apresentação e discussão da Carta de Fragilidade Ambiental Emergente	152
6 DISCUSSÃO E SÍNTESE DOS RESULTADOS FINAIS	158
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	162
8. BIBLIOGRAFIA	165
ANEXOS	175
Pesos aplicados no LEGAL do SPRING 4.3 para a Carta de Fragilidade Ambiental Potencial.....	176
Pesos aplicados no LEGAL do SPRING 4.3 para a Carta de Fragilidade Ambiental Emergente.....	178

INTRODUÇÃO

1.1 A importância do estudo ambiental para o planejamento urbano

A expansão urbana acelerada tem provocado impactos negativos ao ambiente, gerando graves desequilíbrios que afetam a qualidade de vida da população. São problemas de abastecimento de água, poluição, enchentes, escorregamentos de encostas, assentamento de lixões, todos demandando, para sua solução, o conhecimento adequado das características do meio físico para o seu uso e ocupação de forma sustentável pela sociedade.

Essa deterioração do meio ambiente tornou-se um dos problemas cruciais para o futuro da humanidade, adquirindo uma dimensão política incontornável. Assim, o tratamento da problemática ambiental como fenômeno social e a compreensão dos recursos naturais como bem público constituem-se elementos imprescindíveis para uma análise que busque estabelecer relações de cooperação entre o homem e a natureza (BRESSAN, 1991).

Reconhece-se, portanto, que a problemática ambiental é inseparável da problemática política e social, concebendo-se o ambiente como um sistema integral que engloba elementos físico-bióticos e sociais. Assim sendo, considera-se que inexistem práticas sociais dissociadas das práticas ambientais, e que o desenvolvimento da técnica e a sua interação com a ciência e a indústria aceleram o processo de transformação da natureza pelo homem. A necessidade de novas metodologias que permitam um planejamento mais adequado dos recursos naturais é cada dia mais evidente.

Nesse sentido, o espaço urbano é resultado da interação entre as determinações sociais e as características físicas naturais do espaço geográfico. É, portanto, caracterizado por uma forte concentração de capital e de pessoas. A sua produção envolve questões relativas ao valor, à especulação imobiliária e ao papel do Estado na produção de políticas públicas que regulem o processo de urbanização e essa urbanização se dá sobre um sítio com características e propriedades físico-naturais que são dinâmicas no tempo e no espaço. O uso e ocupação inadequados desse sítio podem causar impactos ao ambiente e problemas à população.

O crescimento do contingente populacional dos centros urbanos, verificado nos últimos anos, vem acarretando um aumento progressivo no valor das terras,

contribuindo para a segregação, principalmente da população de menor poder aquisitivo, em direção a áreas não recomendadas para a ocupação, como margens de arroios e encostas muito íngremes.

A ocupação dessas áreas vem sendo pauta de grandes discussões, pois, normalmente, são consideradas áreas de fragilidade ambiental alta ou muito alta. Muitas vezes, trata-se de mananciais, isto é, reservas hídricas para abastecimento público, onde a urbanização pode acarretar graves problemas ambientais, como a produção de lixo, a impermeabilização da superfície através da edificação e arruamentos, as vias de esgotos clandestinos e os processos erosivos desencadeados pelo desmatamento das matas ciliares.

Christofoletti (1994) afirma que através da ocupação e da implantação de suas atividades o homem se insere no ambiente como agente modificador das características visuais, dos fluxos de energia e matéria, modificando o equilíbrio natural dos geossistemas, ou sistemas ambientais físicos. Essas alterações podem resultar em impactos ambientais que, de acordo com Parker (apud CHRISTOFOLETTI, 1994, p. 131-132), representam “mudança sensível, positiva ou negativa, nas condições de saúde e bem-estar das pessoas e na estabilidade do ecossistema do qual depende a sobrevivência humana. Estas mudanças podem resultar de ações acidentais ou planejadas, provocando alterações direta ou indiretamente”.

Ainda segundo Christofoletti (1994), as ações antropogênicas diretas geralmente são planejadas, e os seus efeitos são percebidos logo após as modificações no ambiente serem promovidas. Já as consequências indiretas não são planejadas, nem imediatamente percebidas, dependendo da vulnerabilidade do sistema ambiental e do possível desencadeamento de efeitos colaterais.

Diante dessas considerações, o papel do planejamento é de extrema importância para que se encontrem formas de desenvolvimento menos impactantes e agressivas ao ambiente, pois, segundo Orea (1978, apud BOTELHO, 1999, p. 274), o “planejamento ambiental como um processo racional de tomada de decisões implica, necessariamente, uma reflexão sobre as condições sociais, econômicas e ambientais que orientam qualquer ação e decisão futura”.

Assim, na tentativa de compreender e racionalizar as formas de exploração dos recursos naturais pesquisas referentes à preservação do ambiente têm sido desenvolvidas, pois “parece extremamente óbvio que qualquer interferência na

natureza, pelo homem, necessita de estudos que levem ao diagnóstico, ou seja, a um conhecimento do quadro ambiental onde se vai atuar” (ROSS, 2005, p.14). Nessa perspectiva, ganham ênfase as ciências da Terra, que fornecem as informações necessárias à compreensão dos fenômenos que resultam na degradação ambiental.

Ross (1996) afirma que o conhecimento das potencialidades e das fragilidades dos recursos naturais é de suma importância para o planejamento das atividades humanas sobre o espaço geográfico, pois o diagnóstico do relevo auxilia na percepção dos riscos e fragilidades dos ambientes prevenindo possíveis desastres ambientais.

1.2 O papel da urbanização na questão ambiental

No que se refere à perspectiva de urbanização, o século XIX presenciou um surto no surgimento de novas vilas e cidades. No Brasil, este aumento no número de cidades e o crescimento das já existentes foram observados, tanto nas capitais, quanto no interior do país. Estas foram formadas a partir do avanço da mentalidade de integração nacional dentro de um modelo único de produção, o Capitalismo. Sendo assim, estas vilas e cidades começaram a crescer e a expandir seus limites de área urbana não conseguindo garantir uma boa qualidade de vida à maioria de seus moradores (SCARLATO, 2003).

Foi, porém, a partir da segunda metade do século XIX que o processo de urbanização no Brasil se acentuou. Com o advento da Industrialização, as atenções se voltaram, principalmente, para as cidades, uma vez que as indústrias são atividades, desenvolvidas, essencialmente, no meio urbano. O campo passou a ser um local de repulsa de população, pois estas migravam para as cidades, onde visavam encontrar um melhor padrão de vida (SCARLATO, 2003).

O que se viu em seguida foi um enorme êxodo rural, causando um aumento considerável na população das cidades brasileiras. Mas nem todo esse contingente de pessoas foi absorvido no mercado de trabalho, gerando uma massa de desempregados e subempregados. Essa situação culminou no inchaço urbano das grandes e médias cidades que não foram acompanhadas de igual expansão da infra-estrutura, gerando assim, problemas urbanos como favelas, cortiços e loteamentos ilegais.

A cidade de Santa Maria acompanha essa nova realidade. É visível, dentro do espaço urbano santa-mariense, que as camadas mais pobres da população foram pressionadas e marginalizadas, evidenciando, conforme Corrêa (1999), um espaço urbano fragmentado e articulado, reflexo e condicionante social, um conjunto de símbolos e campo de lutas.

No processo de urbanização da cidade de Santa Maria as ocupações foram uma constante, sendo parte do processo de crescimento da cidade que não fugiu à lógica da “cidade do capital”.

Como se observa na Tabela 1 e no Gráfico 1, houve um crescimento populacional de 213,8% no município de Santa Maria, a partir de 1950 até os dias de hoje e a população urbana que era de 57,71% em 1950, atualmente é de 95,81%. O maior crescimento pode ser observado na década de 1960 e 1970, que de 83.001 mil habitantes em 1950, subiu para 120.975 mil habitantes em 1960, um crescimento percentual de 45,75%. E, na década de 1970 subiu para 156.609 mil habitantes, um aumento percentual de 29,45%. Nas demais décadas o crescimento manteve-se em torno dos 13%.

Segundo dados do IBGE, a população de Santa Maria é de 268.969 habitantes, em 2009.

Anos	População				
	Total	Urbana	Urbana %	Rural	Rural %
1950	83.001	47.904	57,71	35.097	42,29
1960	120.975	85.014	70,27	36961	29,73
1970	156.609	124.136	79,26	32.473	14,88
1980	181.579	154.565	85,12	27.014	14,88
1990	214.159	192.415	89,84	27.744	10,16
2000	243.611	230.696	94,70	12.915	5,30
2006	260.461	249.566	95,81	10.895	4,19

Tabela 1 – População total, urbana e rural do município de Santa Maria – RS no período de 1950 a 2006.

Fonte: FEE. Disponível em <www.fee.tche.br>
Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2008.

O Gráfico 1 revela que a população urbana aumentou, consideravelmente, no período de 1950 a 2006, enquanto que a população rural teve uma queda significativa.

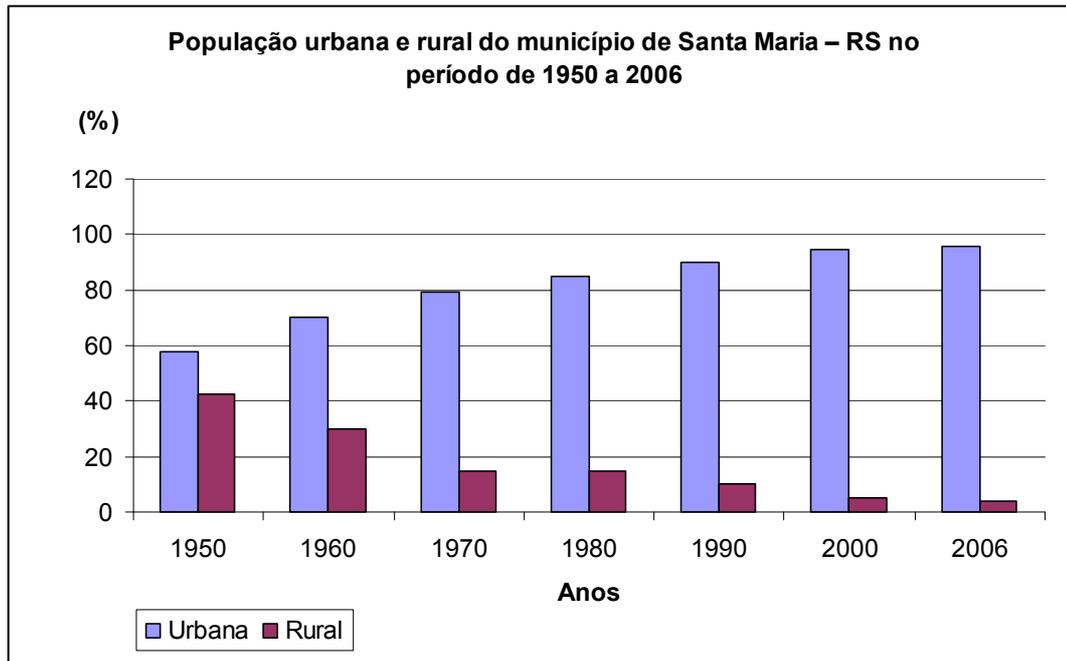


Gráfico 1 - População urbana e rural do município de Santa Maria – RS, no período de 1950 a 2006.

Fonte: FEE. Disponível em <www.fee.tche.br>
Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2008.

Esse crescimento considerável da população santa-mariense nas décadas de 1960 e 1970 é atribuído, principalmente, à inauguração da Universidade Federal de Santa Maria ocorrida em 1960, primeira universidade federal situada em uma cidade que não é capital de seu estado, e à implantação da Base Aérea de Santa Maria, em 1970. Ambas as instituições federais atraíram esse grande contingente populacional para Santa Maria.

Com esse aumento significativo de população na cidade, principalmente a partir da década de 60, começam a disseminar as formas ilegais de ocupação do espaço. Aqueles que não conseguem pagar por moradias legais dentro do espaço urbano, acabam por ocupar áreas irregulares, que no caso de Santa Maria correspondem às áreas nas margens dos arroios, às margens das rodovias, da linha férrea, das encostas dos morros e as áreas institucionais.

Nesse contexto tem início os problemas advindos da urbanização desordenada, principalmente a “crise de habitação” que afeta profundamente as classes populares, mais especificamente as pessoas que deixam o campo em busca de uma vida melhor na cidade.

A exclusão social gerada pela falta de um planejamento urbano que atenda às necessidades da expansão urbana e da qualidade de vida, para além daqueles que por elas podem pagar, gera situações de irregularidades e degradações ambientais.

A falta de agilidade e/ou capacidade do poder público em aprovar áreas adequadas à implantação de loteamentos, associado ao reduzido número de programas habitacionais para a população de baixa renda, gera um grande déficit habitacional, o qual propicia o surgimento de ocupações não planejadas, situadas, muitas vezes, em áreas de preservação permanente ou em áreas de risco.

Dentro dessa perspectiva, o município de Santa Maria necessita de estudos ambientais que visem o planejamento ambiental racional, visando o crescimento urbano.

1.3 Alguns estudos ambientais realizados em Santa Maria

Entre os trabalhos atuais pode-se citar Robaina, et al (2005), que realizaram uma análise de áreas de risco geomorfológico no Morro Cechela, noroeste da cidade de Santa Maria, detectando que, nesta área, devido à acentuada declividade das vertentes, as moradias foram implantadas em patamares, através do seccionamento das vertentes, ocasionando a alteração da geometria da encosta e a remoção da cobertura vegetal e da camada superficial do solo. E, com isso, há o aumento da possibilidade de ocorrência de movimentos de massa localizados. Outro fator que acentua o risco nessa área é que grande parte das moradias estão construídas sobre substrato formado de material de rejeito de pedreira.

Nesse trabalho, Robaina, et al (2005) verificaram que a área compreendida pela Vila Bela Vista reflete, em seu espaço, o que vem ocorrendo nas demais áreas urbanas de Santa Maria, em que a parcela da sociedade desprovida de capital financeiro vê-se obrigada a habitar as áreas geomorfologicamente impróprias para ocupação, ficando assim, sujeita aos processos causadores de risco.

Também, em 2005, Robaina et al realizaram o mapeamento de áreas de risco geomorfológico nas bacias hidrográficas dos arroios Cancela e Sanga do Hospital, em Santa Maria-RS, detectando que os agentes causadores de risco nestas bacias estão ligados a processos geomorfológicos de dinâmica fluvial e de encosta. Esses processos foram intensificados com a intensa ocupação urbana das bacias e o controle dos mesmos é lento e complexo, dependendo de diversos fatores, principalmente do social e do econômico.

Segundo Robaina et al (2001), na cidade de Santa Maria, as áreas de risco geomorfológico encontram-se relacionadas a três processos: as áreas sujeitas aos processos de dinâmica fluvial, como é o caso das inundações, dos alagamentos e das erosões de margem, associadas às bacias hidrográficas dos arroios Cadena, Ferreira e Vacacaí Mirim; as ocupações estabelecidas nas encostas da Serra Geral, na porção norte da cidade, que estão sujeitas a movimentos de massa e as ocupações junto às cabeceiras de drenagem dos arroios Cadena e Ferreira, onde ocorrem processos erosivos acelerados, com ocorrência de voçorocas próximas à moradias.

Dessa forma, na cidade de Santa Maria, dos diversos processos relacionados a áreas de riscos geomorfológicos, os que têm gerado maiores preocupações, devido ao maior número de pessoas afetadas, são as ocupações nas margens dos arroios Cadena e Vacacaí Mirim, sujeitas a inundações e à erosão das margens dos canais fluviais. As cabeceiras de drenagem e as áreas de encosta encontram-se ainda com baixa ocupação urbana, porém se configuram como vetores da expansão irregular da cidade e, conseqüentemente, como áreas de risco potencial (ROBAINA ET AL, 2001).

Garcia (2006) desenvolveu um estudo integrado da vila Alto da Boa Vista na área da Nova Santa Marta, município de Santa Maria/RS - setor da sub bacia drenado por um afluente da margem direita do arroio Cadena, o qual revelou a existência de agressões ao ambiente pela ação antrópica, principalmente pelo descontrolado sistema de ocupação, correspondendo à urbanização em condições geomorfológicas e geológicas desfavoráveis.

Reckziegel, et al (2006) realizaram um estudo sobre a hierarquização das moradias em situação de risco geomorfológico associado à dinâmica fluvial na vila Urlândia, em Santa Maria – RS, onde constataram que os riscos geomorfológicos existentes neste local associam-se à dinâmica fluvial, ocorrendo também alagamentos causados por problemas da microdrenagem. Alterações na topografia e na morfologia da rede de drenagem provocaram mudanças na dinâmica fluvial. A mudança de curso do arroio Cadena diminuiu o risco de inundação de boa parte da vila, entretanto, alterações realizadas em trechos a montante dos arroios Cancela e Sanga do Hospital reativaram os processos erosivos e aumentaram os riscos de erosão de margem.

Pedron (2005) realizou um diagnóstico ambiental do município de Santa Maria – RS, e chegou à conclusão de que 69% da área do município são constituídas de Alissolos e Argissolos, os quais apresentaram restrições de uso para descarte de resíduos, construções urbanas e agricultura urbana. O perímetro urbano de Santa Maria apresentou 52% da área (6.491ha) com potencial de uso restrito a construções, restrito à agricultura urbana e inadequada para descarte de resíduos. Da mesma forma, 33% do perímetro urbano de Santa Maria apresentaram uso inadequado. A principal implicação ambiental do uso do espaço físico do perímetro urbano de Santa Maria sem o seu planejamento, desconsiderando o potencial de uso das terras, é a contaminação de solos e águas.

Segundo levantamento realizado pela Secretaria de Município da Saúde de Santa Maria, no período de 2004-2006, a cidade está enfrentando o problema de super população na periferia, em vista das grandes migrações oriundas de cidades vizinhas e da zona rural. Essa nova população, por falta de condições financeiras e dificuldade de acesso a emprego, por falta de qualificação profissional, tem formado núcleos desordenados de ocupações irregulares. Essas não possuem condições mínimas de infra-estrutura básica de habitação, de água potável, de esgoto pluvial e cloacal, de segurança, de vias de acesso, de escolas e unidades de saúde, além de estarem sujeitos a desabamentos (MELO, 2004).

São exemplos dessa situação as ocupações irregulares junto às margens dos arroios Cadena e Cancela, e do rio Vacacaí Mirim, onde as famílias estão sujeitas a inundações e desmoronamentos em épocas de média elevada de chuvas. Outro exemplo é a ocupação irregular localizada nas encostas dos morros, como a do Morro Cechela, que apresenta risco de desabamento. Nesta, tanto o esgoto cloacal quanto a água servida e o lixo são lançados diretamente nas águas do reservatório, ocasionando contaminação da água que abastece parte da cidade. Existem ainda grandes ocupações junto aos espaços desativados da Viação Férrea.

Pinheiro (2002) desenvolveu seu trabalho de graduação em áreas de ocupação irregular em Santa Maria e constatou vinte quatro áreas que surgiram, a partir de 1960, de forma irregular. Dessas vinte e quatro áreas, quatro estão inseridas na Região Administrativa Nordeste. São elas: vila Nossa Senhora Aparecida e vila Bela Vista (rua canários), no bairro Itararé; área da antiga Viação Férrea do Rio Grande do Sul (V.F.R.G.S.), junto à sanga da Tela e vila Bilibio, no bairro Km3.

1.4 A escolha da R. A. Nordeste da cidade de Santa Maria como área de estudo

Diante do exposto acima e, considerando que estudos relativos às fragilidades dos ambientes são de extrema importância ao planejamento ambiental, tendo como principal preocupação o desenvolvimento sustentado, o tema principal desta pesquisa constitui-se na análise da fragilidade ambiental da Região Administrativa Nordeste da sede do município de Santa Maria, para fins de planejamento.

A escolha dessa área de estudo deve-se ao fato de esta possuir, conforme mostram os estudos acima citados, áreas de ocupação irregulares e sujeitas a riscos geomorfológicos como ocupações localizadas às margens do rio Vacacaí-Mirim, sujeitas a inundações e nas encostas do rebordo do Planalto sujeitas a erosões e escorregamentos e, também, ocupações nas encostas da vertente oeste do morro Cechela, na vila Bela Vista que estão em situação de risco geomorfológico associado à dinâmica de encosta.

A Região Administrativa Nordeste da sede do Município de Santa Maria foi definida pela Lei Complementar número 042, de 29 de dezembro de 2006, da Prefeitura Municipal de Santa Maria – RS, Secretaria Geral de Governo. Esta Lei define que as Unidades Urbanas são partes escalonadas do Perímetro Urbano, definidas e delimitadas segundo critério de homogeneidade, denominadas de Regiões Administrativas (R.A.), Unidades de Vizinhança (U.V.) e Unidades Residenciais (U.R.) para fins meramente administrativos e de auxiliar as ações de planejamento.

Dessa forma, segundo esta Lei, o Perímetro Urbano de Santa Maria fica dividido em oito Regiões Administrativas (R. As.): 1 - R.A. Centro Urbano; 2 - R.A. Norte; 3 - R.A. Nordeste; 4 - R. A. Leste; 5 - R.A. Centro-Leste; 6 - R.A. Sul; 7 - R.A. Centro-Oeste e 8 - R.A. Oeste.

A R. A. Nordeste (área de estudo) contém seis unidades de vizinhança: 1 - Bairro Campestre do Menino Deus; 2 - Bairro Itararé; 3 - Bairro KM3; 4 - Bairro Menino Jesus; 5 - Bairro Nossa Senhora das Dores e 6 - Bairro Presidente João Goulart.

Geomorfologicamente, esta área corresponde à zona de transição entre a Depressão Periférica Sul-rio-grandense e o Planalto da Bacia do Paraná, com alta energia de relevo e declividades acentuadas. Assim, é comum a ocorrência de

fenômenos de erosão de solo superficial e de desestabilização de encostas como movimentos de massa, sulcos, tornando esta uma área de risco geomorfológico eminente e potencial, que associados à ocupação humana exigem estudos ambientais que possibilitem a minimização de impactos.

Assim sendo, é de extrema valia que se realize, nessa área, um estudo da fragilidade ambiental potencial e emergente do ambiente físico e os possíveis riscos decorrentes da implantação das atividades sociais e econômicas no local, a fim de conhecer a adequabilidade, ou não, da expansão urbana nesse local da cidade.

1.5 Objetivos: geral e específicos

O objetivo principal dessa pesquisa é avaliar a paisagem da Região Administrativa Nordeste da sede do município de Santa Maria, delimitando áreas com diferentes classes de fragilidade ambiental potencial e emergente e, a partir dessa delimitação verificar a viabilidade da expansão urbana, definindo quais as áreas são apropriadas à urbanização e quais as áreas devem ser preservadas em função dos graus de fragilidade ambiental definidos, considerando o que dispõe a legislação urbanística e ambiental pertinente.

Como objetivos específicos pretende-se:

- realizar o levantamento das características físico-naturais e do uso da terra, através do mapeamento Morfológico, Clinográfico, Hipsométrico e da compilação dos mapas Pedológico, Geológico e de Uso da Terra e Cobertura Vegetal;
- mapear a fragilidade ambiental potencial a partir da combinação de informações das cartas intermediárias dos aspectos físico-naturais;
- mapear a fragilidade ambiental emergente a partir da combinação de informações da carta de fragilidade ambiental potencial e do uso da terra e cobertura vegetal,
- analisar os resultados obtidos e
- estabelecer recomendações de uso e ocupação de acordo com os níveis de fragilidade ambiental detectados.

A utilidade deste estudo é no planejamento sócio econômico sustentável, tendo como ponto de partida as necessidades sociais e econômicas, aliadas às reais condições ambientais da R.A Nordeste da sede do município de Santa Maria.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A evolução do pensamento geográfico e a tendência Sócioambiental

A Geografia, como todas as ciências, teve que desenvolver seus paradigmas para poder fundamentar os objetos de análise e os conceitos essenciais para sua cientificidade. Surgiu, enquanto ciência, no início do século XIX, quando vêm a público as obras dos alemães (prussianos) Alexander Von Humboldt (1769-1859) e Karl Ritter (1779-1859), porém afirmar que a Geografia científica surgiu no século XIX, não significa negar um saber geográfico anteriormente produzido.

Para Seabra

a Geografia é considerada uma ciência nova, porque a sistematização do conhecimento geográfico ocorreu há aproximadamente 150 anos. Contudo, as bases conceituais da ciência geográfica estão presentes no saber humano, [...] e os primeiros escritos remontam à Grécia Antiga (SEABRA, 1999, p. 58).

Moreira (1994, p.15) argumenta que “a Geografia é um saber tão antigo quanto a própria história dos homens”. Desde os primórdios da história humana, os povos já eram dotados de uma mobilidade espacial, decorrente tanto do exercício da curiosidade como da necessidade de reprodução da própria sociedade, o que levou ao conhecimento de regiões diferentes daquelas da habitação inicial.

Para compreender a Geografia como ciência, seus objetos de análise, seus objetivos, princípios, métodos e importância para a sociedade são necessários, conforme destaca Seabra (1999, p. 57), “averiguar como ela se formou e como se procedeu a sua lenta evolução”. Conhecer as sucessivas fases de desenvolvimento e a evolução do pensamento geográfico é de suma importância para entender a transformação continuada pela qual passou a ciência geográfica até atingir o grau de sistematização e organização atual.

Até o final do século XVIII, não é possível falar do conhecimento geográfico como algo padronizado, uma vez que se encontrava disperso, sem conteúdo unitário e sem continuidade em suas formulações. Até essa fase a Geografia era meramente descritiva e não passava de

relatos de viagem, escritos em tom literário, compêndios de curiosidades, sobre lugares exóticos; áridos relatórios estatísticos de órgãos de administração; obras sintéticas, agrupando os conhecimentos existentes a respeito dos fenômenos naturais; catálogos sistemáticos, sobre os continentes e os países do Globo (MORAES, 1999, p. 34).

Nesse sentido, a Geografia, em todo o seu período de desenvolvimento, foi de grande importância para a humanidade, uma vez que ressaltou várias informações geográficas, políticas e de organização social sobre a superfície terrestre. Porém, o estudo da Geografia, na antiguidade “apresentava uma dialética vaga, sem pressupostos de uma ciência, sofrendo, por conseguinte, críticas contrárias por parte de estudiosos e filósofos” (SEABRA, 1999, p. 70).

Com a expansão da humanidade sobre a superfície terrestre, a atividade geográfica adquire um maior estímulo. O saber geográfico intuitivo desenvolvido na antiguidade não mais satisfaz o pleno desenvolvimento do comércio, em todas as escalas: o inventário de recursos; o mapeamento e administração de seções espaciais as mais diversas; a realização de guerras e o conhecimento científico da superfície do planeta e de seus diversos povos. Necessitava-se de uma atividade geográfica estruturada, auxiliada e estimulada.

Assim, os pressupostos da sistematização da Geografia Moderna se encontram na passagem do Feudalismo para o Capitalismo a partir das grandes navegações; da sistematização da Filosofia e das Ciências Naturais no século XVIII e do debate fundamental das teorias evolucionistas, objetivando-se no “processo de avanço e domínio das relações capitalistas de produção” (MORAES, 1999, p.34) e, na própria constituição do modo de produção capitalista.

Entre os principais pressupostos de sistematização da Geografia, Moraes (1999) cita os históricos, os filosóficos e os científicos.

Os pressupostos históricos dizem respeito, principalmente, ao “conhecimento efetivo da extensão real do planeta” (MORAES, 1999, p. 34), pois “a exploração era a mais importante atividade reconhecida como geográfica durante a maior parte do século XIX” (JOHNSTON, 1986, p. 57) e “era necessário que a Terra toda fosse conhecida para que fosse pensado de forma unitária o seu estudo” (MORAES, 1999, p. 34). A atividade de coleta e classificação de informações sobre a Terra era realizada por geógrafos (JOHNSTON, 1986, p. 58).

Os pressupostos filosóficos fundamentam-se nas correntes filosóficas que vão propor explicações abrangentes sobre o mundo, formulam sistemas que buscam a compreensão e a explicação racional de todos os fenômenos da realidade. Os pressupostos filosóficos vão orientar os métodos de estudo da Geografia (MORAES, 1999).

Os pressupostos científicos alicerçam-se, principalmente, no aprimoramento das técnicas cartográficas que se desenvolvem de forma admirável e se estabelecem como o “dialeto dos geógrafos”. Com o advento das grandes navegações e a ânsia de descobrir novas terras “o progresso científico e tecnológico desse período histórico deve-se muito mais ao desenvolvimento de novas técnicas cartográficas e de orientação, do que da Geografia propriamente dita” (SEABRA, 1999, p. 68).

No início do século XIX os pressupostos da sistematização da Geografia já se encontravam suficientemente formulados. A Terra já estava conhecida. As representações do globo já estavam desenvolvidas e difundidas pelo uso da Cartografia. A fé na razão humana, posta pela Filosofia, abria a possibilidade de uma explicação racional para qualquer fenômeno da realidade. As bases da ciência moderna já estavam estabelecidas. A Geografia se utiliza, então, desses conceitos e teorias para formular seus métodos (MORAES, 1999).

As bases essenciais da Geografia científica são determinadas com a Geografia clássica alemã, tendo como principais representantes Alexander Von Humboldt (1769-1859) e Karl Ritter (1779-1859). Uma Geografia que, ao ser recebida na comunidade das ciências naturais, influenciaria as sociedades da época. Seria o padrão, ou modelo inicial da Geografia, isto é, uma reunião de fundamentos especulativos e procedimentos que proporcionariam não apenas as mais relevantes matérias e pontos para a discussão geográfica, mas, inclusive, a maioria das soluções a esses pontos sujeitos à discussão (MORAES, 1999).

A Geografia como ciência surge sobre forte influência do Positivismo Lógico. Dessa forma, verifica-se que a Geografia Moderna, Clássica ou Tradicional¹ tem como filosofia norteadora o positivismo. As escolas geográficas difundiram o saber através das ciências da natureza, do determinismo geográfico, do espaço vital desenvolvido na Alemanha e apoiada pelo pensamento francês positivista-funcionalista, que dava ênfase à organização regional do espaço em função dos interesses do Estado e das nações expansionistas.

Os dois grandes paradigmas que nortearam a Geografia, nesse período são: O determinismo ambiental e o possibilismo ambiental. O determinismo ambiental,

¹ JOHNSTON (1986) denomina esse período da Geografia como Geografia Moderna; MORAES (1999) e SEABRA (1999) denominam Geografia Tradicional ou Clássica.

defendido pela escola alemã, tendo como principal representante Friedrich Ratzel (1844-1904). Este paradigma defendia que o homem era produto do meio, a natureza era o agente ativo, exercendo total influência sobre a humanidade. O outro paradigma, o possibilismo ambiental, deflagrado pela escola francesa, cujo principal representante é Vidal de La Blache (1843-1918), considerava o homem como um agente que atuava no meio, realizando alterações na superfície terrestre. A natureza era vista como possibilidades para a ação do homem. Esses paradigmas, em competição, representaram as primeiras tentativas de generalização feitas pelos geógrafos no período moderno e permaneceram estáveis até 1950, quando as transformações ocorridas nos métodos de investigação e nos objetivos da Geografia, no período entre as duas guerras mundiais e posteriormente, ocasionaram mudanças metodológicas na ciência geográfica (JOHNSTON, 1986). Essas mudanças deram origem a rupturas dos paradigmas da Geografia Tradicional.

Como afirma Johnston (1986, p. 72), “a mudança em uma disciplina envolve a insatisfação com o(s) paradigma(s) existente(s) e a preparação de uma alternativa aceitável”. A insatisfação e posterior ruptura com os paradigmas da Geografia Tradicional estão assentadas na crise vivenciada pela Geografia pós 1950, pois a realidade mundial havia se modificado e emanavam novas soluções para os problemas existentes.

As causas dessa crise de paradigmas podem ser encontradas, segundo Moraes (1999), na realidade que havia mudado e deixado defasados todos aqueles que não acompanharam o ritmo das mudanças; no desenvolvimento do capitalismo que havia superado seu estágio concorrencial e entrado na era monopolista; na complexidade da economia mundial; na intensa urbanização; na industrialização e na mecanização da lavoura e na economia que se tornara mundializada. “O espaço terrestre se globalizara nos fluxos e nas relações econômicas. Vivia-se o capitalismo das empresas multinacionais, dos transportes e das comunicações interoceânicas” (MORAES, 1999, p. 95).

O mundo havia se tornado complexo e a Geografia continuava sendo “uma ciência meramente classificatória e descritiva” (SEABRA, 1999, p. 88), com objetos de estudos indefinidos, com falta de leis claras, permanecendo nos estudos de singularidades e o próprio fundamento filosófico positivista, sobre o qual a Geografia se assentava, havia ruído (MORAES, 1999). “Os princípios positivistas pareciam

então muito simples e ingênuos, a Geografia permanecia distante e isto foi, também, uma das razões de sua crise” (SEABRA, 1999, p. 89).

Outro motivo importante para a revisão das bases da Geografia está na grande crise de 1929, que ruiu com o liberalismo econômico e colocou a necessidade de intervenção estatal na economia.

Haviam caído por terra, as teses da livre iniciativa, da ordem natural e auto-reguladora do mercado. Propunha-se agora a ação do Estado na ordenação e regulação da vida econômica. O planejamento econômico estava estabelecido como uma arma de intervenção do Estado. E, com ele, o planejamento territorial, com a proposta de ação deliberada na organização do espaço. A realidade do planejamento colocava uma nova função para as ciências humanas: a necessidade de gerar instrumental de intervenção, enfim uma feição mais tecnológica. A Geografia Tradicional não apontava nessa direção, daí sua defasagem e sua crise (MORAES, 1999, p. 94-95).

O movimento de renovação da Geografia levou à divisão desta em duas vertentes, a Pragmática e a Crítica, de acordo com as ideologias das propostas estudadas.

A Geografia Pragmática rompeu com os princípios da Geografia Tradicional, apresentando-se como uma nova Geografia. Pode-se dizer, no entender de Seabra que

essa corrente apresentou grandes formulações nomotéticas, que facilitavam o uso da estatística e destacou-se por usar em larga escala os modelos matemático-estatísticos, com o emprego de diagramas, matrizes, análise fatorial e equações matemáticas. Metodologicamente, condenou no ensino o recurso das aulas práticas de campo, por julgar desnecessária a observação da realidade. O campo seria então substituído pelo laboratório, onde seriam feitas as medições matemáticas e traçados os gráficos estatísticos, procurando visualizar a problemática da paisagem através de modelos sistêmicos, que representassem as entradas e saídas dos fluxos de energia e matéria (SEABRA, 1999, p. 90).

Assim, a Geografia Contemporânea (JOHNSTON, 1986) buscou novos pressupostos teóricos e metodológicos em outras Ciências e na Filosofia para afirmar a transformação de suas bases conceituais. Dessa forma, assim como as outras ciências, a Geografia buscou na Filosofia Neopositivista² os enunciados para a formulação de suas bases teórico-metodológicas, bem como, novas técnicas para

² Movimento doutrinário do chamado Círculo de Viena que desenvolve a análise lógica da linguagem científica associando o enfoque empírico do positivismo ao formalismo lógico-matemático. Como grupo organizado, formado por homens da ciência e matemáticos, surgiu na década de 1920-30, em torno de Murtz Schlick (professor de Filosofia na Universidade de Viena). Em 1929 publicam *O ponto de vista científico do Círculo de Viena*, manifesto que expunha, em síntese, a postura filosófica do grupo e os problemas das filosofias, das matemáticas e das físicas que procuravam resolver. (MORAES, 1999)

a análise Geográfica (sensoriamento remoto, imagens de satélite, computador, entre outros). Nessa fase a Geografia tomou como base a idéia de que a transferência de teoria e conhecimentos de um campo para o outro só se torna possível através de uma linguagem única, ou seja, a matemática. Portanto, se a matemática é a linguagem das ciências em geral deve ser também a da Geografia. Faz-se uso, para tanto, técnicas estatísticas para garantir a exatidão e confiabilidade dos resultados.

Esse movimento ocorreu segundo Moraes (1999), porque o entendimento do espaço da economia globalizada só seria possível diante da aplicação de modelos matemáticos e estatísticos, buscados na economia. A análise modelista permite, então, selecionar os elementos do estudo e relacioná-los, aprofundando a pesquisa, com a inclusão de novas variáveis, tornando o sistema mais complexo. Podem-se simular estratégias de intervenção acelerando ou freando processos de acordo com o interesse do pesquisador.

Nesse momento, o principal objetivo da Geografia passa a ser a intervenção deliberada sobre a organização do espaço. Sobre esse assunto Moraes (1999, p. 108) afirma que “a Geografia Pragmática é um instrumento da dominação burguesa. Um aparato do estado capitalista. Seus fundamentos, enquanto um saber de classe está, indissolavelmente, ligado ao desenvolvimento do capitalismo monopolista”, empobrecendo a reflexão geográfica e mascarando as contradições sociais. Daí advém a principal crítica à Geografia Pragmática, que mudou meramente suas formas, sem alteração social, desconhecendo totalmente a existência do tempo e suas qualidades essenciais.

A aplicação corrente da Matemática à Geografia permite trabalhar com estágios sucessivos da evolução espacial, mas é incapaz de dizer alguma coisa sobre o que se encontra entre um estágio e outro. Tem-se, assim, uma reprodução de estágios em sucessão, mas nunca a própria sucessão. Em outras palavras, trabalha-se com resultados, mas os processos são omitidos, o que equivale a dizer que os resultados podem ser objetos não propriamente de interpretação, mas de mistificação (MORAES, 1999).

Para Santos (1996), a Geografia foi utilizada para o planejamento, sendo, portanto, utilitarista. Isto excluiu os movimentos sociais do processo de realização dessa ciência. A Nova Geografia acabou despersonalizando o *homo sapiens*, substituindo-o pelo *homo economicus*, que é nada mais que uma média: e o homem médio não existe. Dessa forma, eliminou-se a preocupação com o espaço das

sociedades. Este passou a ser estudado como se ele não fosse o resultado de um processo onde o homem, a produção e o tempo exercem papel fundamental.

Paralelamente ao movimento de renovação da Geografia estruturou-se a Geografia considerada crítica que emergiu nos anos 1970 devido a insatisfações diante dos pressupostos teóricos metodológicos oferecidos pela Geografia Pragmática (JOHNSTON, 1986). Este movimento apresentou uma postura crítica radical frente aos princípios da Geografia, tanto Tradicional como Pragmática. Os pensadores dessa nova corrente geográfica criticavam o empirismo exacerbado da Geografia Tradicional e a falta de preocupação com os problemas sociais da Geografia Pragmática. Estabelece-se o rompimento da neutralidade no estudo da Geografia, com a proposta de engajamento e criticidade junto a toda a conjuntura social, econômica e política do mundo.

A Geografia Crítica apoiou-se no Materialismo Histórico que, segundo Spósito (2001), é uma tendência paradigmática que veio contrapor a tendência neopositivista, questionando a visão estática da realidade, por se utilizar de apontamentos para o caráter transformador dos fenômenos, relacionando a preocupação com a transformação da realidade, resgatando a dimensão histórica e propondo mudanças com bases marcadamente críticas. Concebe, epistemologicamente, a inter-relação entre os fenômenos, na relação sociedade/natureza, na reflexão crítica, na teoria/prática, no público/privado numa visão dialética. A natureza e a sociedade são concebidas como partes de um mesmo movimento, sendo o homem compreendido enquanto parte da sociedade e da natureza e não apenas como indivíduo e agente modificador.

Nesse sentido, a análise crítica da realidade exigiu a criação de categorias de análise do espaço geográfico. Essas categorias, segundo Santos (1985), são: forma, função, estrutura e processo. A forma corresponde ao espaço visível do real. A função diz respeito ao desempenho de alguma atividade. A estrutura refere-se ao modo como os objetos estão organizados e relacionam-se no espaço. O processo é a estrutura em seu movimento de transformação.

O pensamento crítico na Geografia significou uma aproximação com os movimentos sociais, principalmente na busca da ampliação dos direitos civis e sociais, como o acesso a educação de boa qualidade, à moradia, o acesso à terra, o combate à pobreza, entre outras temáticas.

Assim, são inegáveis as contribuições teórico-metodológicas da chamada Geografia Crítica, que repercutiram na formação e na prática pedagógica do professor. Categorias de análise, como relações sociais de produção, modos de produção, meios de produção, forças produtivas, formação social, constituíram-se num valioso referencial. Entretanto, os pressupostos marxistas não podem ser aplicados de forma dogmática. Há que se considerar, sobretudo, a realidade contemporânea com sua complexidade, dinamismo e contradições, o que exige também o uso de outras abordagens que instrumentalizem a ciência geográfica para uma análise orgânica e sistematizada dos fenômenos pertinentes ao processo de organização espacial. Conforme expõe Amorim

até 1960, a Geografia preocupava-se, somente, em descrever o quadro natural compartimentado, ou seja, relevo, clima, vegetação e hidrografia. A partir desta data surge a Geografia Humanista de cunho marxista preocupada com as relações sociais de produção e a estrutura de classes, porém sem preocupação com as questões ambientais (AMORIM, 2005, p. 86)

Nas últimas décadas têm sido abertas novas perspectivas metodológicas para os estudos da Geografia. Essas novas tendências representam novas frentes para a investigação do conhecimento geográfico, constituindo-se em linhas de pesquisa de vanguarda na pesquisa geográfica (BEZZY e MARAFON, 1992).

O meio ambiente está em crise devido às ações predatórias do homem. As modificações nos espaços naturais provocam uma crise sócioambiental, na medida em que a natureza é condição essencial para a reprodução humana na Terra, ou seja, trata-se de permitir às gerações futuras condições de habitabilidade no planeta Terra.

A emergência da questão ambiental vai definir novos rumos à Geografia. De acordo com Suertegaray e Nunes,

esta tendência e a necessidade contemporânea fazem com que as preocupações dos geógrafos atuais se vinculem à demanda ambiental. Por conseguinte, não abandonam a compreensão da dinâmica da natureza, mas cada vez mais não desconhecem e incorporam a suas análises a avaliação das derivações da natureza pela dinâmica social (SUERTEGARAY e NUNES, 2001, p.16).

Diante das contradições e das incertezas do mundo contemporâneo, a Geografia passa por novos desafios, os de avançar nas suas leituras para uma interpretação mais adequada do espaço geográfico, que possa não só explicar os

processos e fenômenos estudados, mas também desvendar as contradições da realidade coerente com a sua função social. Nesse sentido, Mendonça afirma que:

o final do século XX e início do XXI desafia a sociedade em geral a encontrar novos rumos para a construção do presente e do futuro. Aos intelectuais e cientistas demanda, de maneira geral, um repensar a ontologia e a epistemologia da ciência, a partir do questionamento dos paradigmas que sustentam a produção do conhecimento da modernidade. Aos geógrafos, impõe um profundo questionamento relativo ao estatuto da Geografia contemporânea frente às novas dimensões do espaço e aos graves problemas sociais que se materializam na superfície terrestre (MENDONÇA, 2002, p.121 -122).

Ainda, segundo Mendonça (2002), a Geografia, desde o estabelecimento de sua condição de ciência moderna, tem no ambientalismo uma de suas principais características. Ele reflete a riqueza da dualidade do conhecimento geográfico. A concepção de ambiente, todavia, mudou bastante ao longo do último século, pois inseriu marcos muito importantes nos diferentes momentos históricos da modernidade. Até meados do século XX a Geografia, e também as outras ciências e a sociedade em geral, concebiam o ambiente exclusivamente do ponto de vista naturalista. Nos últimos quarenta anos a noção de ambiente tem inserido, paulatinamente, a dimensão social, pois a crise ambiental contemporânea não pode mais ser compreendida e nem resolvida segundo perspectivas que dissociam sociedade e natureza.

Neste contexto, a problemática ambiental que caracteriza o momento presente levou a Geografia a rever suas concepções, o que resultou na busca e na formulação de novas bases teórico-metodológicas para a abordagem do meio ambiente. O envolvimento da sociedade e da natureza nos estudos emanados de problemáticas ambientais, nos quais o natural e o social são concebidos como elementos de um mesmo processo, resultou na construção de uma nova corrente do pensamento geográfico aqui denominada Geografia Sócioambiental (MENDONÇA, 2002).

Mendonça (2002) afirma, ainda, que a questão ambiental ultrapassa a desgastada discussão da dicotomia natureza x sociedade na Geografia e coloca em discussão o encaminhamento metodológico mais adequado ao entendimento da realidade. Segundo ele, a natureza não deve ser enfocada a partir de métodos específicos aos estudos da sociedade, bem como a sociedade também não deve ser analisada a partir de métodos das ciências naturais, ainda que a abordagem da

problemática ambiental parta de uma ótica social. Mas deve-se buscar um diálogo profícuo que possa melhor explicar o fenômeno estudado.

Assim Mendonça aponta que:

a natureza cambiante do mundo contemporâneo, e da intensidade da velocidade que o qualifica, impõem a necessária simultaneidade de novos olhares, novas técnicas e novas perspectivas sobre o objeto de estudo da Geografia. Impõe, sobretudo, a abertura das mentes para se criar o novo, o diferente, aquele que superará o estágio de dificuldades e limitações de apreensão do real que tão marcadamente ainda caracteriza o presente (Mendonça, 2002, p. 141).

Dessa forma, o termo sócio aparece atrelado ao termo ambiental, para enfatizar o necessário envolvimento da sociedade, enquanto sujeito, elemento, parte fundamental dos processos relativos à problemática ambiental contemporânea (MENDONÇA, 2002).

Assim, fica claro que, atualmente, a discussão acerca da Geografia abarca e contempla tanto as questões ambientais, quanto sociais. Sendo assim, essa ciência deixa de tratar o meio ambiente de forma particular e fragmentada e passa a tecer uma interligação dos fatos do meio ambiente com o homem, apesar de, às vezes, na prática não ser concretizada esta interligação, por vários motivos, como: técnico, político, econômico e cultural.

Nesse sentido, Mendonça (2002), argumenta que para um estudo estar em conformidade com a Geografia Sócioambiental, ele deve emanar de problemáticas em que situações conflituosas, decorrentes da interação entre a sociedade e a natureza e que explicitem degradação de uma ou de ambas.

Entre os representantes da Geografia sócioambiental, no Brasil, pode-se citar: Carlos Walter Porto Gonçalves; Dirce Maria Antunes Suertegaray; Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro; Wanda Sales e Francisco de Assis Mendonça. Estes geógrafos acreditam que o pensamento ambiental viabiliza a construção da sustentabilidade, possibilitando a reunificação na Geografia através da corrente Sócioambiental.

Assim, a Geografia ressurgiu no século XXI como um instrumento que pode ser utilizado pelas sociedades como forma de mudança de paradigmas em busca da sustentabilidade.

2.2 A análise sistêmica em pesquisas geográficas e geomorfológicas

A abordagem sistêmica trouxe à Ciência, a partir da década de 1950, um viés de entendimento mais globalizante em relação ao paradigma dominante até então, o modelo cartesiano ou mecanicista. Para a Geografia, em particular, esta nova maneira de entender os fenômenos e objetos permitiu uma maior integração entre os elementos que a compõem, como a sociedade e a natureza.

O pensamento cartesiano não conseguia explicar a realidade como um todo. Isto porque esta se apresentava “complexa, integrada e por vezes caótica” (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003, p. 329). O universo cartesiano “não tinha singularidade na sua obediência às leis gerais, factualidade em seus movimentos repetitivos de relógio, jogo em seu determinismo inflexível” (MORIN, 1997, p.83). Era, assim, necessária uma reorientação da ciência, desde a física-subatômica até a história (BERTALANFFY, 1973).

Dessa forma, aparece a abordagem sistêmica como alternativa ou complemento ao pensamento cartesiano. Essa nova abordagem não veio com o intuito de negar tudo o que existia a respeito de métodos de investigação da ciência, mas para agrupá-los e deles buscar uma compreensão maior da realidade, por isso é alternativa ou complementar ao pensamento cartesiano.

A abordagem sistêmica foi preconizada por Ludwig Von Bertalanffy e R. Defay por volta dos anos de 1930, com aplicações na biologia e na termodinâmica. Estes autores são considerados pela literatura corrente os “pais” da teoria dos sistemas.

A obra de Bertalanffy (1973) é apresentada na forma de proposta de uma "Teoria Geral dos Sistemas" cujos princípios gerais se caracterizam por serem aplicáveis aos sistemas em geral, quer sejam eles de natureza física, biológica, ou sociológica. A teoria se constitui em uma ferramenta útil capaz de fornecer modelos a serem utilizados em diferentes campos e transferidos de uns para outros, protegendo, ao mesmo tempo, do perigo das analogias vagas, que muitas vezes prejudicam o avanço nesses campos.

Na teoria geral dos sistemas a ênfase é dada à inter-relação e interdependência entre os componentes que formam um sistema, que é visto como uma totalidade integrada, sendo impossível estudar seus elementos isoladamente. É disso que trata os conceitos de transação e globalidade, o primeiro se refere à interação simultânea e interdependente entre os componentes de um sistema e o

segundo diz que um sistema constitui um todo técnico, dessa forma, qualquer mudança em uma das partes afetará todo o conjunto. Buscava-se uma teoria que fosse comum a todos os ramos da ciência e se pesquisavam os denominadores comuns para o estudo e abordagem dos sistemas vivos. Esta foi uma percepção de diversos cientistas, que entenderam que certos princípios e conclusões eram válidos e aplicáveis a diferentes setores do conhecimento humano.

Bertalanffy (1973) critica a visão da crescente divisão das ciências em diferentes áreas de conhecimento cada vez mais específicas, como na física, química, biologia e psicologia. Na medida em que os princípios e conclusões de algumas ciências têm validade para outras, propõe-se que o estudo dos fenômenos de forma global, de maneira que se considere, na análise, todas as possíveis interdependências de cada parte com o todo, pois cada um dos elementos, ao serem reunidos para constituir uma unidade funcional maior, desenvolve qualidades que não podem ser encontradas e percebidas em seus componentes isoladamente.

A “Teoria Geral dos Sistemas” de Bertalanffy não busca soluções práticas, mas somente teorias conceituais que possam criar condições de aplicação na realidade empírica. Segundo o autor, quanto a sua natureza, os sistemas podem ser percebidos distintamente como fechados, que são os considerados como estando relativamente isolados de seu ambiente, notadamente os ligados a maquinarias e cujo estado final é determinado pelas suas condições iniciais; enquanto num segundo tipo, os abertos, são caracterizados por um contínuo fluxo de entrada e de saída de energia, matéria e informações. Portanto, num processo de intercâmbio infinito com o ambiente e diferentemente dos sistemas fechados, seu estado final pode ser atingido por condições iniciais e de maneiras distintas, sendo que os sistemas vivos são uma de suas referências.

A comunicação e a organização dos/nos sistemas são conceitos igualmente centrais na proposição teórica de Bertalanffy e na compreensão do que denominou de complexidade organizada. Na medida em que sintetiza a formulação de sistema como sendo um conjunto de elementos interligados para formar um todo, com propriedades e características próprias, que não são encontradas nos elementos, isoladamente, há a necessidade de um princípio organizativo e comunicação em todos os sistemas. Para o autor, sistemas existem dentro de sistemas e cujas funções dependem essencialmente de sua estrutura, cuja constituição pode ser distinguida entre os de ordem físicos ou concretos como objetos ou ainda os

abstratos ou conceituais como conceitos, planos e idéias. Assim, um sistema é formado por um conjunto de objetos unidos por alguma forma de interação ou interdependência e cujas unidades são reciprocamente organizadas e relacionadas (BERTALANFFY, 1973).

Para Christofolletti, (1979, p. 2) um sistema é caracterizado por: a) seus elementos ou unidades, que são as suas partes componentes; b) suas relações, os elementos dependem um dos outros, através de ligações que denunciam os fluxos; c) seus atributos, que são as qualidades atribuídas a um sistema para que se possa caracterizá-los, tais como comprimento, área, volume, composição ou densidade dos fenômenos observados; d) entrada (input); e) saída (output).

Um sistema é composto por matéria, energia e estrutura (CHRISTOFOLETTI, 1979, p 8). A matéria se caracteriza pelo material que será mobilizado através do sistema, é aquilo que vai se movimentar. A energia se caracteriza pelas forças que fazem o sistema funcionar, “gerando a capacidade de realizar trabalho”. Já a estrutura é constituída pelos “elementos e suas relações, expressando-se através do arranjo de seus componentes” (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 13).

Na Geografia, a abordagem sistêmica favoreceu e dinamizou as pesquisas desenvolvidas na Geografia Pragmática. Serviu, nessa ciência, para uma melhor focalização das suas pesquisas e para delinear com maior exatidão o seu setor de estudo, permitindo também reconsiderações de seus conceitos e uma revitalização de vários setores, com destaque para a Geomorfologia. Foi introduzida por Strahler, em 1950, onde o autor trabalhou com sistemas de drenagem, considerando-o como um sistema aberto. Após Strahler figuram também Culling (1957), Hack (1960), Chorley (1962), Howard (1965), Chorley e Kennedy (1971), trabalhos estes voltados para a área de Geomorfologia, sendo que o último, figura como a contribuição de maior interesse para a Geografia Física (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Na visão de Christofolletti (1974), as formas de relevo constituem o objeto da Geomorfologia e se as formas existem é porque elas foram esculpidas pela ação de um determinado processo. Assim sendo, existe uma inter-relação muito grande entre as formas e os processos. Portanto, as formas, os processos e suas relações compõem um sistema aberto, pois recebem influências e também atuam sobre outros sistemas.

Um sistema, segundo o autor, “pode ser definido como o conjunto dos elementos e das relações entre si e entre seus atributos” (CRISTOFOLETTI, 1974,

p.1). A aplicação dessa teoria de sistemas aos estudos da Geomorfologia tem sido utilizada para focalizar melhor as pesquisas e delinear com mais exatidão os estudos desta ciência.

Todo sistema possui uma estrutura que é constituída por elementos, que para Christofolletti (1974, p. 2) “é a unidade básica do sistema. O problema da escala é importante quando se quer caracterizar os elementos de um determinado sistema. Um rio é elemento no sistema hidrográfico, mas pode ser concebido como sistema em si mesmo”, por exemplo.

A estrutura de um sistema possui, geralmente, três características que são: tamanho – número de componentes; correlação – a maneira como os elementos se interagem e forma – arranjos dos componentes. Além destas três características, os sistemas podem ser classificados de acordo com seu critério funcional ou complexidade estrutural. Na classe funcional encontra-se:

a) Sistemas isolados: sem relacionamento com os demais, não existindo assim, troca de matéria e energia com os demais.

b) Sistemas não isolados: constante troca de matéria e energia em diversas proporções. E estes se subdividem em abertos (há permuta de matéria e energia em quantidade significativa) e fechados (possui troca de energia, mas não de matéria) (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Já na complexidade estrutural, há os seguintes sistemas:

a) Sistemas morfológicos: levam em conta apenas os elementos físicos, excluindo as atitudes do homem.

b) Sistemas em sequência: é constituído por uma cadeia de subsistemas.

c) Sistemas de processos-respostas: são formados pela combinação de sistemas em sequência e morfológicos. O sistema em sequência indica o processo e o morfológico representa a forma (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Dentro desse sistema, encontra-se inserido o mecanismo de retroalimentação (feedback) que se subdivide em quatro:

Retroalimentação direta: ocorre quando há troca de matéria e energia entre duas variáveis;

Retroalimentação negativa: ocorre quando há uma variação que foi produzida externamente e esta acaba por levar ao estabelecimento de um circuito fechado que estabiliza o efeito da mudança original.

Retroalimentação positiva: ocorre quando os circuitos ocasionam uma ação sempre no mesmo sentido de influência original.

Retroalimentação em circuito: ocorre quando envolve mais de duas variáveis e a retro alimentação volta ao ponto de início (CHRISTOFOLETTI, 1974).

d) Sistemas controlados: são aqueles que apresentam a atuação do homem sobre os sistemas de processos-respostas (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Para uma eficaz aplicação das técnicas e métodos utilizados pela Geomorfologia na ordenação de ambientes, uma importante e fundamental etapa para a definição do grau de interação alcançado pelo pesquisador, na abordagem de problemas desencadeados pela morfogênese, é determinar as relações de interdependência das unidades morfoambientais com as demais ciências que estudam a paisagem. Essa tarefa, ponto de partida para uma abordagem sistêmica, poderá ser iniciada pela definição do conjunto de unidades morfológicas (com suas respectivas relações de continuidade lateral) e, a partir de então, caracterizar suas relações de interdependência, aplicando as propriedades básicas da Teoria Geral de Sistemas.

2.3 Geomorfologia: conceitos e teorias

O relevo terrestre evoluiu, tendo o aspecto que hoje se vê devido à ação exercida pelos processos morfogenéticos. A paisagem geomorfológica, no entanto, está sempre em evolução, pois os diversos agentes erosivos têm a tarefa diária, ao longo de milhões de anos, de esculpir as formas de relevo.

Para explicar a evolução do modelado terrestre durante toda a história da Geomorfologia, surgiram diversos pensadores que propuseram modelos e teorias sobre as questões de estudo da Geomorfologia, ou seja, do relevo terrestre. De acordo com Christofolletti, (1974, p. 126) “cada teoria proposta tenta elucidar os fatos, e com tal finalidade, emprega uma linguagem composta de um vocabulário específico. Muitas vezes o mesmo termo, em função de teorias variadas expressa noções diferentes”. Assim, é necessário conhecer profundamente as Teorias Geomorfológicas e sua terminologia, e expressar claramente a teoria a ser empregada em uma investigação científica.

Há diferentes teorias evolutivas em geomorfologia, associadas a fundamentações teóricas que, por sua vez, expressam o conhecimento filosófico de uma época. Sobre as teorias geomorfológicas, Christofolletti (1974, p. 126) afirma

que “uma mesma teoria pode possibilitar a construção de vários modelos, que possuem uma função lógica dentro delas, porque são elaborados dedutivamente e permitem que as mesmas sejam testadas”.

Cada pesquisador deve adotar uma concepção filosófica clara, ou seja, adotar uma Teoria, que de acordo com Christofolletti (1974, p.127) “é o conjunto de conceitos e regras que condicionam todo trabalho científico”. Isto permite a cada pesquisador estruturar seu trabalho e nortear seu modelo explicativo sobre a dinâmica evolutiva da paisagem.

De maneira esquemática, Abreu (2003), frisa que

há duas linhagens epistemológicas balizando a definição de campo de interesse da teoria e do método da investigação em geomorfologia: uma de raízes norte-americanas e incorporando o grosso da produção em língua inglesa e francesa até a II Guerra Mundial e outra de raízes germânicas, exprimindo-se basicamente de início em alemão (espécie de língua franca da Europa Centro-Oriental), mas que incorpora também, posteriormente, grande parte da produção publicada em russo e polonês.

Entre as principais teorias e modelos em geomorfologia de origem anglo-americana, Christofolletti (1974) destaca quatro: A Teoria do Ciclo Geográfico, o Modelo da Pedimentação e Pediplanação, a Teoria do Equilíbrio Dinâmico e a Teoria Probabilística da Evolução do Modelado.

A Teoria do Ciclo Geográfico de William M. Davis (1899 apud CHRISTOFOLETTI, 1974, p.127 e CASSETTI, 2001, p. 21,) representa a primeira concepção desenvolvida de modo mais sistematizado. Esta teoria foi desenvolvida com base nas áreas temperadas úmidas e considerando que na vida dos seres organizados há funções e aspectos que sucedem invariavelmente, do nascimento até a morte. Por isso, as seqüências de fases sucessivas de evolução do relevo receberam designações antropomórficas de juventude, maturidade, senilidade e rejuvenescimento do relevo. Davis Sugere que o processo denudacional inicia-se a partir de uma rápida emersão da massa continental. Diante do elevado gradiente produzido pelo soerguimento em relação ao nível de base geral, o sistema fluvial responde pelo forte entalhamento dos talwegues, originando verdadeiros canyons, que caracterizam o estado antropomórfico da juventude. A idéia mais importante é a de que os rios não podem erodir abaixo de seu nível de base. Davis, portanto, se viu obrigado a completar o conceito de nível de base com outro fundamental, o de “equilíbrio”, para o que se utilizou da idéia de balanço entre a erosão e a deposição.

Portanto, o trabalho comandado pela incisão vertical do sistema fluvial desaparece com o estabelecimento do perfil de equilíbrio, momento em que os efeitos denudacionais iniciam o rebaixamento dos interflúvios, marcando o fim da juventude e o começo da maturidade (CASSETTI, 2001, p. 20-21).

Além destas duas fases do ciclo de Davis, ainda há aquela que chega ao ponto da horizontalidade topográfica, denominada de senilidade. Entretanto, para Davis, o relevo, quando atinge o estado senil, é submetido a um novo soerguimento, rápido, que implica em uma nova fase, a do rejuvenescimento, dando sequência, ao ciclo morfológico evolutivo.

O Modelo da Pedimentação e Pediplanação apresentado por Lester C. King (1955 apud CHRISTOFOLETTI, 1974, p. 132 e CASSETTI 2001, p. 29) defende os conceitos de períodos rápidos e intermitentes de soerguimento crustal separados por longos períodos de estabilidade tectônica.

Esta teoria foi desenvolvida após a Segunda Guerra Mundial, onde este teórico procurou restabelecer o conceito de estabilidade tectônica considerado por Davis, admitindo, no entanto, o ajustamento por compensação isostática, que utiliza o recuo de paralelo de vertentes como forma de evolução morfológica, proposto por Penck (CASSETTI, 2001).

Conforme Christofolletti (1974) e Casseti (2001), King argumenta que o recuo acontece a partir de determinado nível de base, iniciado pelo geral, cujo material resultante responde pelo entalhamento das áreas depressionárias, originando os denominados pedimentos. A evolução do recuo por um período de tempo de relativa estabilidade tectônica permitiria o desenvolvimento de extensos pediplanos, razão pela qual a referida teoria ficou conhecida como pediplanação. Portanto, enquanto Davis chamava as grandes extensões horizontalizadas na senilidade de peneplanos, King (1955) as considerava como pediplanos, cujas formas residuais foram denominadas inselbergs (CHRISTOFOLETTI, 1974, p 134 e CASSETTI, 2001, p. 29).

Trabalhando com a Teoria dos Sistemas, John T. Hack (1960 apud CHRISTOFOLETTI, 1974) utiliza as idéias propostas por Grove Karl Gilbert em 1880, amplia esta proposta e formula uma nova teoria: a do Equilíbrio Dinâmico. Essa teoria parte do pressuposto de que o modelado terrestre é um sistema aberto, que mantém constantes trocas de matéria e energia com os demais sistemas de seu universo. Todos os elementos que compõem uma determinada área apresentam-se

mutuamente ajustados, modificando-se uns aos outros. Tanto as formas topográficas como os processos atuantes na esculturação do modelado estão em estado de estabilidade (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Para Christofolletti (1974, p. 135) “o estado de estabilidade representa o funcionamento do sistema no momento em que todas as variáveis estão ajustadas em função da quantidade e variabilidade intrínseca da energia que lhe é fornecida”.

Assim, caso haja uma alteração no fornecimento de matéria e energia, o sistema se automodificará, a fim de criar uma nova estrutura, ou seja, chegar a um novo estado de estabilidade.

Outra teoria que emergiu a serviço de uma análise sistêmica do relevo foi a Teoria Probabilística. Entre os primeiros pesquisadores a utilizarem esta concepção destacaram-se Luna B. Leopold e W. B. Langbein (1962). Essa teoria se baseia na utilização de métodos estatísticos e probabilísticos para o estudo da paisagem como um todo, abordando a sua evolução através de analogias simples, como a termodinâmica (entropia), ou seja,

a entropia de um sistema é função da distribuição da energia disponível dentro do sistema, e não uma função da energia total dentro do sistema. Desta maneira, a entropia relaciona-se com a ordem ou desordem; o grau de ordem ou desordem pode ser descrito em termos de probabilidade ou improbabilidade do estado observado (CHRISTOFOLETTI, 1974, p.138 e 139).

A linhagem epistemológica germânica tem Ferdinand von Richthofen (1883) como referência inicial. Enquanto Davis tinha em sua retaguarda nomes de geólogos, von Richthofen tinha como predecessores autores naturalistas, que por sua vez tinham Goethe como ponto de referência permanente, que empregou pela primeira vez a expressão “morfologia” como sinônimo de geomorfologia. Fica patente a preocupação da “escola germânica” em tratar o relevo numa perspectiva geográfica, o que pode ser atribuído à própria origem de sua linhagem epistemológica, relacionada aos naturalistas, a exemplo de Alexander von Humboldt (1769-1859). (CASSETI, 2001 e ABREU, 2003).

Enquanto Davis apresentava uma proposição teorizante-dedutivista, von Richthofen se individualizava pela perspectiva empírico-naturalista utilizando-se de guia de observações de campo. Albrecht Penck (1894) também teve um papel fundamental na orientação da geografia germânica. Apesar de compartilhar de algumas noções básicas da teoria davisiana, como a de aplainamento, A. Penck deu

ênfase à herança naturalista de Goethe e Humboldt, valorizando a observação e a análise dos fenômenos (CASSETI, 2001).

Dentro desse contexto, três autores se destacam: A. Hettner (1927), grande crítico da teoria davisiana; S. Passarge (1912, 1913), com a proposição de novos conceitos, como “fisiologia da paisagem”, fundamentado na idéia de organismo e S. Gunther (1934), que desenvolveu uma abordagem processual e crítica ao sistema de referência davisiano (CASSETI, 2001).

Segundo Caseti (2001) e Abreu (2003) Walther Penck (1924) aparece como principal opositor da postura dedutivista-historicista de Davis, valorizando o estudo dos processos. Walter Penck, em 1924, propôs em sua teoria que, em caso de forte soerguimento crustal, observar-se-ia uma correspondente incisão do talvegue, que por sua vez, implicaria na aceleração dos efeitos denudacionais, em razão do aumento do gradiente da vertente. Admitindo-se que o efeito denudacional não acompanharia de imediato a intensidade do entalhamento do talvegue, ter-se-ia o desenvolvimento de vertentes convexizadas. Conclui-se, portanto, que Penck levou em consideração a noção de nível de base local e a imediata correspondência entre soerguimento-incisão-denudação, valorizando a relação processual, própria da concepção germânica

Resumidamente, pode-se dizer que para Penck, não há equilíbrio perfeito, pode haver, segundo ele, uma erosão e um soerguimento, simultaneamente (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Conforme Abreu (2003), Penck em *Morphological Analysis of Landform*, normatizou teorias e formas de relevo, tornado-se um clássico da geografia. Abreu (2003, p. 57) observa que a influência das teorias de Walter Penck “foi tão grande ao ponto de levar a uma verdadeira dominância dos estudos geomorfológicos no contexto da geografia alemã nas primeiras décadas do século XX”.

As concepções de Penck desencadearam vários estudos no campo da Geomorfologia na Europa Oriental. Basenina; Trescov (1972), Basenina; Aristorchova; Lukosov (1976), Klimazeweski (1963), Demek (1967) desenvolveram vários estudos em Geomorfologia com base na Cartografia geomorfológica e nos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura, estabelecidos a partir de Gerasimov (1946) (CASSETTI, 2001).

Segundo Ross (2005), as morfoestruturas são de diferentes origens e idades e referem-se às formas particularmente grandes de relevo, enquanto que as

morfoesculturas correspondem ao modelado ou à tipologia de formas geradas sobre uma ou várias estruturas, através da ação exogenética. São, portanto, feições de relevo produzidas pela ação dos climas atuais e pretéritos e que deixam marcas na superfície do terreno, específicas de cada processo dominante. Desse modo, refere-se às formas menores de relevo.

A expansão dos estudos geomorfológicos no Brasil se deu nos últimos 50 anos, devido à valorização das questões ambientais e por aplicar-se diretamente à análise ambiental. Segundo Christofolletti (1974) e Ross (2005), estes estudos possuem uma data bem recente: após a 2ª Guerra Mundial, sendo o desenvolvimento histórico destes, registrado em notas por Aziz N. Ab'Saber (1969), que reconhece três principais períodos, no que diz respeito ao surgimento e desenvolvimento da respectiva Ciência. São eles: Período dos predecessores (caracterizado pelos escritos dos viajantes), dos estudos pioneiros (realizados por pesquisadores estrangeiros) e por fim o período de implantação das técnicas modernas (criação das primeiras faculdades de Filosofia no país, por exemplo).

Na concepção destes autores, o conhecimento sobre a geomorfologia do território brasileiro evoluiu muito, graças também à contribuição dos pesquisadores estrangeiros, que se dirigiram ao território brasileiro buscando novas descobertas. Estudando vários temas e diversas regiões brasileiras, as primeiras gerações de geólogos brasileiros juntamente com alguns estrangeiros desenvolveram, a partir do início do século até a década de 50, o conhecimento geomorfológico no Brasil. Vários trabalhos de brasileiros marcaram este período como, por exemplo, o de Guimarães (1943) e Azevedo (1949), que reúne e sintetiza o relevo brasileiro; Maack (1947) sobre a geologia do Paraná; King (1956) aborda a geomorfologia no Brasil oriental e Tricart (1959), que estabelece a divisão morfoclimática para o Brasil atlântico central (CHRISTOFOLETTI, 1974).

A geomorfologia brasileira conheceu novos cenários a partir do final dos anos 60 e início dos anos 70, incorporando conceitos da Teoria Geral do Sistema e aplicando idéias relativas ao equilíbrio dinâmico (CHRISTOFOLETTI, 1974).

É somente a partir da década de 1980 que a Geomorfologia começa a se caracterizar pelo enfoque ambiental de seus estudos e que tem como tema “integrar as questões sociais às análises da natureza. Devem incorporar em suas observações e análises as relações político-econômicas, importantes na

determinação dos resultados dos processos de mudanças” (CUNHA e GUERRA, 1996, p. 341).

Assim sendo, a Geomorfologia possui um caráter multidisciplinar, servindo à compreensão das estruturas espaciais e possibilitando uma visão integrada, uma vez que incorporam na análise, elementos de natureza geológica (os reflexos da estrutura na compartimentação), pedológica (o comportamento da estrutura superficial), além da climática e antrópica (processos morfodinâmicos atuais). (AB'SÁBER, 1969).

Dessa forma, percebe-se a grande riqueza que essa ciência contém, pois estuda a base que recobre nosso planeta, ou seja, o relevo que constitui o território onde vivemos, bem como suas peculiaridades, suas formas e, principalmente, as ações que o homem realiza sobre tudo isto.

2.4 Geomorfologia aplicada ao planejamento urbano/ambiental

Na tentativa de compreender e racionalizar as formas de exploração dos recursos naturais, pesquisas referentes à preservação do ambiente têm sido desenvolvidas, pois “parece extremamente óbvio que qualquer interferência na natureza, pelo homem, necessita de estudos que levem ao diagnóstico, ou seja, a um conhecimento do quadro ambiental onde se vai atuar” (ROSS, 2005, p.14). Nesta perspectiva, ganham ênfase as ciências da Terra, que fornecem as informações necessárias à compreensão dos fenômenos que resultam na degradação ambiental. Surge assim, numa perspectiva mais ampla e de caráter integrador, a Geomorfologia, ciência capaz de relacionar fenômenos físicos e sócio-econômicos de forma a possibilitar a compreensão do modelado terrestre, uma vez que a ciência geomorfológica, por definição, identifica, classifica e analisa as formas da superfície terrestre, buscando compreender as relações processuais pretéritas e atuais (CHRISTOFOLETTI, 1995).

Entende-se, dessa forma, a real importância dos estudos geomorfológicos, uma vez que é sobre o relevo que se dá o desenvolvimento da vida e suas relações, ou seja, que o homem atua como ser individual e social.

Marques (1995) reconhece a importância do estudo do relevo para a elaboração de planos e projetos para minimizar possíveis impactos ambientais quando afirma que

os relevos constituem os pisos sobre os quais se fixam as populações humanas e são desenvolvidas suas atividades, derivando daí valores econômicos e sociais que lhes são atribuídos. Em função de suas características e dos processos que sobre eles atuam, oferecem, para as populações, tipos e níveis de benefícios ou riscos dos mais variados. Suas maiores ou menores estabilidades decorrem, ainda, de suas tendências evolutivas e das interferências que podem sofrer dos demais componentes ambientais, ou da ação do homem (MARQUES, 1995, p. 25).

Também Justus (1990) considera o relevo como uma variável importante no planejamento do espaço, uma vez que estabelece categorias de avaliação conforme o grau de fragilidade de cada ambiente, alertando sobre os problemas da influência antrópica.

Em suas concepções, Casseti (2001) defende que a Geomorfologia constitui-se num importante subsídio para a compreensão racional da forma de apropriação do ambiente pelo homem.

Segundo Orellana (1981), o objeto de estudo da Geomorfologia é o relevo terrestre, considerado tão importante para a vida do homem, não só por sua beleza, mas por suas formas, pois o homem precisa lidar com elas para estabelecer seus domínios, sua moradia. O relevo é, basicamente, “uma superfície de contato, que une a parte sólida do globo: a litosfera com seus invólucros: líquido e gasoso” (ORELLANA, 1983, p. 2).

Ross (2005, p. 8) considera que o relevo, assim como os demais componentes da natureza, não pode ser entendido de modo isolado, e sim articulado com os demais segmentos das ciências da terra, pois “as relações dos diversos componentes da natureza são, na realidade, de interdependência, e uma não existe sem a outra”. Portanto, não se devem pensar as ciências dissociadas uma da outra, pois estas se inter-relacionam e interagem.

Nesse sentido, Marques (1995, p. 45) argumenta que “a visão holística da paisagem e a necessidade da compreensão das relações entre o homem, a natureza e a sociedade criaram novas visões e enfoques para as pesquisas ambientais”, viabilizando um trabalho interdisciplinar, não existindo uma disciplina que pode ser rotulada como a mais importante.

São no ambiente que se materializam as relações que os homens mantêm entre si e a natureza, e o relevo, como recurso da natureza, é o palco onde se realizam as atividades humanas, onde acontecem as relações sociais, econômicas e políticas. Assim sendo, o relevo constitui-se o suporte de todos os modelos de desenvolvimento que ocorrem ao longo do processo de ocupação humana dos

espaços, provocando impactos, e uma crescente degradação da terra e, conseqüentemente, uma considerável perda da qualidade de vida pelas populações. Orellana (1981, p. 3) afirma que “o homem tem capacidade de alterar os processos de elaboração do relevo, modificando solos, vegetação, condições hidrográficas, formas de erosão e introduzindo tais modificações no sistema morfológico, que podem conduzir ao desequilíbrio e colapso”.

Dessa forma, a degradação decorrente das modificações ambientais induzidas pelo homem no processo de utilização dos recursos naturais, é inúmera e está relacionada, principalmente, com ocupações desordenadas, retirada da cobertura vegetal das encostas, exploração agrícola em áreas de instabilidade ambiental, desmatamento indiscriminado, mineração, abertura de estradas, entre outros. Orellana (1981, p. 22) argumenta que “o conhecimento geomorfológico pode ser usado para reabilitar a paisagem danificada” e, se utilizado como planejamento prévio, para prevenir a deterioração ambiental.

Considera-se, assim, a relevância do estudo geomorfológico no que se refere à execução de planejamentos de utilização dos recursos naturais, visando o desenvolvimento sustentável. Faz-se conveniente, no entanto, não só o estudo geomorfológico isolado, mas a realização de um estudo integrado e sistêmico dos elementos físico naturais, biológicos e antrópicos, para o melhor entendimento dos processos de modificação da paisagem e a sua reconstituição e/ou preservação. Conforme Ross

o conhecimento das potencialidades dos recursos naturais de um determinado sistema natural passa pelos levantamentos dos solos, relevo, rochas e minerais, da água, do clima, da flora e fauna, enfim, de todos os componentes que dão suporte à vida animal e ao homem (ROSS, 1996, p. 316).

Ainda segundo Ross (1996), para a análise da fragilidade é imprescindível que esses conhecimentos sejam avaliados de forma integrada, baseado no princípio de que na natureza a funcionalidade é intrínseca.

Nesse sentido, Marques (1996, p. 42) ressalta que “entender o meio ambiente passa por conhecer o comportamento conjunto e integrado dos elementos que o formam”, ou seja, entender as comunicações entre esses elementos.

Marques (1996, p. 42) afirma, ainda, que os objetos de estudo da Geomorfologia, o relevo e seus processos geradores, têm “na explicação de suas existências e evoluções, a necessidade de conhecimentos relativos à contribuição

de fatores como a Geologia, o Clima, a Topografia, o Solo, a Hidrografia, a Biologia e o Homem”.

Os estudos geomorfológicos sempre foram importantes, e hoje, auxiliam na compreensão dos problemas ambientais, pois “a pesquisa geomorfológica se ocupa da interação de mecanismos complexos que modificam a superfície do globo e deve se preocupar com o processo evolutivo que possa vir a ocorrer em uma área” (TRICART, 1965, p. 32), principalmente aquelas cada vez mais transformadas pela sociedade humana. Para Tricart, a natureza é vista como um todo dinâmico, onde as variáveis, relevo, clima, vegetação, hidrografia, degradação ambiental, ação antrópica, se inter-relacionam e interagem. Portanto deve ser estudada sob uma ótica dinâmica no tempo e no espaço.

2.5 A Cartografia Temática Ambiental e as novas tecnologias contribuindo na análise sócioambiental

2.5.1 Cartografia Temática Ambiental

O surgimento cada vez mais especializado e diversificado de diferentes categorias de estudos científicos, operadas desde o séculos XVII e XVIII e cristalizadas no século XX, a crescente necessidade de uma Cartografia mais específica que desse conta da representação de fenômenos espaciais que integram o objeto de estudo de determinada área culminam com o florescimento de um novo ramo da Cartografia: a Cartografia Temática (ROSA, 1996).

Segundo Rosa (1996), essa nova demanda da Cartografia não veio para substituir a Cartografia Sistemática, mas para acrescentá-la, à medida que aborda a Cartografia como um instrumento de expressão dos resultados adquiridos pela Geografia e pelas demais ciências que têm necessidade de se expressar na forma gráfica. Rosa (1996) ressalta que a Cartografia Temática tem como preocupação básica a elaboração e o uso dos mapeamentos temáticos, abrangendo a coleta, a análise, a interpretação e a representação das informações sobre uma carta base. Importa-se mais com o conteúdo que vai ser representado no mapa do que com a precisão dos contornos ou da rede de paralelos e meridianos. Os temas analíticos podem ser obtidos por correlação entre vários temas elementares ou entre séries estatísticas. São representados a partir da utilização da técnica mais conveniente, objetivando a melhor visualização, incluindo, além de mapas, outras formas de representação como gráficos, blocos diagramas e croquis. Martinelli argumenta que

a Cartografia não é simplesmente uma técnica, indiferente ao conteúdo que está sendo veiculado. Se ela pretende representar e investigar conteúdos espaciais [...] não poderá fazê-lo sem o conhecimento da essência dos fenômenos que estão sendo representados nem sem o suporte das ciências que os estudam (MARTINELLI, 1991, p. 35).

Para Barbosa (1967), os mapas com os mais variados temas são chamados de mapas temáticos. Para ele os mapas de clima, cartas náuticas e cartas oceanográficas, mapas turísticos, de comunicações, geológicos, de cobertura vegetal, morfológicos, econômicos, entre outros, são chamados de mapas especiais ou temáticos. Mas, salienta que raramente é encontrada a expressão temática para as cartas aeronáuticas, de previsão do tempo, náuticas e turísticas. Para estas, considerou que a terminologia mais adequada, seria mesmo a de mapas especiais.

Sanchez (1981) afirma ser impossível estabelecer uma linha divisória entre a Cartografia Sistemática e a Temática, pois, em muitos casos, as diferenças são muito pequenas. Existem áreas de interpretações, nas quais a superposição de mapas temáticos e mapas de base são inevitáveis.

Segundo Sanchez (1981), as principais diferenças que caracterizam e diferenciam a Cartografia Temática da Sistemática são as seguintes:

Cartografia Sistemática	Cartografia Temática
Mapas topográficos com a representação real do terreno	Mapas temáticos que representam qualquer tema
Atendem a uma ampla diversidade de propósitos	Atendem usuários específicos
Podem ser utilizados por muito tempo	Geralmente os dados são superados com rapidez
Não requerem conhecimento específico para sua compreensão. Leitura simples	Requerem conhecimento específico para sua compreensão. Interpretação complexa
Elaborados por pessoas especializadas em Cartografia	Geralmente elaborados por pessoas não especializadas em Cartografia.
Uso generalizado de palavras e números para mostrar os fatos	Uso de símbolos gráficos, especialmente planejados para facilitar a compreensão de diferenças quantitativas e qualitativas.
Sempre servem de base para outras representações.	Raramente servem de base para outras representações.

Quadro 1 - Principais diferenças entre Cartografia Sistemática e Cartografia Temática

Fonte: Sanchez, 1981
Org. NASCIMENTO, M. D. do, 2008

As informações desse quadro evidenciam que a fronteira entre Cartografia Temática e Sistemática não é tão bem definida. Dependendo da situação, um mapa pode ser classificado como temático ou sistemático. Entretanto, Joly (1990) elucida esta questão ao afirmar que se convencionou internacionalmente, adotar o termo Cartografia Temática para designar todos os mapas que tratam de outro assunto além da simples representação do terreno.

Rosa (1996) ressalta que em qualquer um dos campos da Cartografia, a coleta, o registro, a análise e a edição dos dados em formato gráfico são operações tradicionais e rotineiras. Embora haja uma estreita dependência da Cartografia Temática em relação à Sistemática - uma vez que esta fornece a base para todos os tipos de mapas, há uma grande diferença quanto aos métodos utilizados por ambas.

A Cartografia é considerada temática quando traz significados além da trilogia latitude, longitude, altitude. A Cartografia Temática é o instrumento de expressão dos resultados adquiridos pela Geografia, mas, ela própria é uma técnica que pode ser aplicada para projetar no espaço qualquer noção ou ação que se torne necessária representar espacialmente sem que essa noção ou ação faça parte de um sistema de relações geográficas (ROSA, 1996).

A Cartografia Temática representa temas diferentes com ou sem expressão física no espaço. Idéias abstratas podem ser representadas por meio de mapas, por exemplo, as áreas de influência de cidades, a densidade populacional, a produtividade de uma cultura, entre uma infinidade de outros temas.

Para Martinelli

A Cartografia Temática em seu âmbito específico tem uma função tríplice: registrar, tratar e comunicar informações. Tem, também, como principal propósito ressaltar as três relações fundamentais entre conceitos previamente definidos: de diversidade/similaridade (\neq), de ordem (O) e de proporcionalidade (Q). Para tanto ela deve transcrever estas relações por relações visuais de mesma natureza, livre de ambiguidades (MARTINELLI, 1991, p. 38)

Dessa forma, a Cartografia Temática funciona como ferramenta fundamental de análise sócioambiental para fins de planejamento de ocupação de uma determinada área e visa promover a harmonia entre as várias formas de ocupação e o ambiente natural, pois através dela é possível direcionar o uso e ocupação do território, proteger os recursos naturais e prever/prevenir os riscos naturais e induzidos.

Nesse sentido, a crescente preocupação sobre os problemas de degradação do meio ambiente teve repercussões sobre a Cartografia, no aspecto de definir e conceituar especificamente o tema e a forma de representação deste assunto.

Para Martinelli (1994) a problemática ambiental envolve questões físicas, sociais, culturais e políticas do ambiente e tem sido de interesse de um conjunto de pesquisadores. A representação gráfica tem um grande potencial para contribuir com esta discussão, pois através dos mapas possui uma tríplice função: registrar informações, processar dados e denunciar as distorções comunicando, posteriormente, os resultados obtidos.

Dessa forma, considera-se a Cartografia Ambiental como um setor específico da Cartografia Temática. No campo ambiental busca-se uma Cartografia que possa abarcar os diferentes aspectos do ambiente, almejando uma Cartografia integrada. Com o desenvolvimento das tecnologias de Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto, esta contribuição para a questão ambiental se tornou mais intensa.

Nesse sentido, entende-se a Cartografia Ambiental, como estando intrincada na Cartografia Temática, com algumas especificações e aplicações diferenciadas, como uma Cartografia direcionada a um setor específico da Cartografia Temática responsável pela sistematização dos mapas ambientais ou do ambiente.

Assim, é crescente, no meio cartográfico, a busca pelo estabelecimento de uma metodologia mais específica para a representação cartográfica ambiental. Para Archela (2000), dois fatores influenciaram o desenvolvimento da Cartografia na segunda metade do século XX: a ampliação das relações com as ciências naturais e sociais e a utilização de avanços tecnológicos. A Geografia, enquanto ciência vem produzindo pesquisas de múltiplos enfoques, voltados ao meio-ambiente. E, para representar a dinâmica do meio-ambiente, é importante buscar uma Cartografia que incorpore todas as relações existentes entre os elementos sociais. E essa Cartografia seria a Temática Ambiental que permite representar fenômenos físicos, sociais, econômicos e ambientais estabelecendo relações existentes entre eles, possibilitando, desta forma, conduzir decisões de planejamento territorial.

O que é necessário, no entanto, é que o produto cartográfico possa revelar o seu conteúdo de forma abrangente e esclarecedora socializando o mapa e sua finalidade.

No entender de Martinelli

[...] a Cartografia não poderá ter, [...], uma função meramente ilustrativa. Na pesquisa ela deve constituir um meio lógico capaz de revelar, sem ambiguidades, o conteúdo embutido na informação mobilizada e, portanto, dirigir o discurso do trabalho científico de forma abrangente, esclarecedora e crítica, socializando e desmistificando o mapa, enaltecendo assim, a finalidade social da ciência cartográfica (MARTINELLI, 1994, p. 63).

Para Raisz (1952) quando se trabalha com representação gráfica ambiental, une-se a técnica e a arte. O processo de representação gráfica ambiental consta de três partes, conforme Raisz (1952): o agrimensor mede o terreno, o cartógrafo reúne todos os dados obtidos pelo anterior e transporta para o mapa, por último o geógrafo interpreta os assuntos explorados, interpretando a representação gráfica e construindo subprodutos para melhor entendê-lo. Estes subprodutos são os mapas ambientais e os mapas de impacto ambiental, úteis aos pesquisadores ambientais, como geógrafos, biólogos e ecólogos.

Uma questão que a Cartografia Ambiental deve considerar é a escala têmporo-espacial para cada tema a ser representado. Segundo Martinelli,

a necessidade, [...] de se conceber uma Cartografia que leve em conta, de um lado, a articulação dos diferentes níveis de análise em conformidade com as ordens de grandeza em que os fenômenos se manifestam, e de outro, as combinações e contradições que acontecem entre os conjuntos espaciais definidos pelos fenômenos sob apreciação, num mesmo nível têmporo-espacial (MARTINELLI, 1994, p. 65).

Nesse sentido, a escala adequada para um mapa ambiental atende a determinado objetivo, tem a ver com a categoria de estudo, a parte da realidade de interesse, que deve ser compatível com a resolução do fenômeno ou fenômenos nela manifestados, os quais, por sua vez demandam certo tempo para a sua organização e conseqüente manifestação espacial.

Para Martinelli

entre a variedade de escalas possíveis de serem adotadas não há somente diferenças qualitativas, há também diferenças quantitativas, pois um fenômeno tem sua organização e representação apenas em dada escala. Em outras escalas passa a não ter mais representação, alterando seu significado. A realidade aparece diferente conforme a escala dos mapas, segundo os níveis de análise que ela foi considerada. Esta questão poderia implicar no escamoteamento da realidade: uma omissão perante a sociedade (MARTINELLI, 1994, p. 66).

Nessa perspectiva, Martinelli (1994) apresenta a necessidade de se ter uma Cartografia que articule os níveis de análise conforme ordens de grandeza dos fenômenos manifestados. Para tanto é necessário que a escala seja adequada para cada mapa ou categoria de estudo, parte da realidade interessada e a resolução dos

fenômenos. Deve-se considerar que alguns fenômenos só têm representação em dadas escalas e em outras passa a não ter. Dentro das propostas metodológicas, segundo o autor, os estudos só se tornam ambientais quando se passa a incluir o homem no meio com suas interações e atividades, ou seja, passa a ser um elemento.

Para Ross (1992, p. 21), “a questão da representação gráfica das formas de relevo não pode ser tratada de forma a negligenciar a classificação ou taxonomia destas”, uma vez que os diferentes tamanhos de formas estão diretamente associados à cronologia e à gênese.

Nesse sentido, a representação gráfica das partes das formas de relevo, ou seja, das vertentes e das pequenas formas de relevo, onde aparecem as ações do homem, como ravinas, voçorocas e cicatrizes de deslizamentos, só poderão ser representadas em escalas grandes ou de detalhe, onde é possível cartografar detalhes dos fatos geomórficos identificados em fotografias aéreas, imagens de satélite de alta resolução ou no campo. As escalas recomendadas para estas representações são: 1:25000, 1:10000, 1:5000 ou maior (ROSS, 1992).

Outra pesquisa metodológica de Cartografia Ambiental foi apresentada por André Journaux (1985 apud MARTINELLI, 1994, ARCHELA et al, 2002). Journaux propõe três níveis de classificação para as cartas que tratam da temática ambiental: 1º nível: mapas de análise – tem por objetivo cartografar elementos ou processos simples; 2º nível: mapas de síntese – Cartografia de associações de elementos ou de processos para definir sistemas, ou para realizar mapas de aptidão ou dos riscos. São de sensibilização aos problemas ambientais, destinadas à conscientização do estado e da dinâmica ambiental e 3º nível: mapas de sistemas – objetivam cartografar as associações de elementos ou de processos. Destinados não só a conscientização do estudo do meio ambiente como também para subsidiar ações de planejamento territorial.

Journaux (1985 apud MARTINELLI, 1994, ARCHELA et al, 2002) ressalta a conveniência de se adotar uma precisão nos parâmetros da Cartografia ambiental. Sua legenda apresenta duas categorias de signos: a) Dados do meio-ambiente que representam os elementos naturais como toponímia e topografia (cor cinza); hidrografia e hidrologia (cor azul); ar (cor branca); espaços construídos (cor laranja) e espaços cultivados (cor marrom). b) Dinâmica do meio-ambiente que representam os fenômenos de modificações e de degradação do meio-ambiente como:

degradação do solo (cor vermelha); poluição das águas (cor lilás); poluição do ar (cor roxo) e trabalhos de produção e melhoria do meio-ambiente (cor preta).

Ainda ressalta que a carta temática ambiental deve vir acompanhada de um texto explicativo. Recomenda a manutenção da simbologia e das cores fundamentais. Na presença de novos fenômenos, acrescentar novas cores.

Monteiro (1981; 1982) idealiza uma Cartografia que desemboca no "Mapa da Qualidade Ambiental", produto final da análise geográfica integrada sob a égide do paradigma dos geossistemas. Estabelece os seguintes princípios para organização do mapa: 1) a ordenação dos graus de derivação, desde os ecossistemas primitivos até os mais complexos; 2) a distinção entre padrões ambientais ligados ao natural e aqueles atrelados a ação antrópica; 3) registros de tipos de poluição e 4) a abordagem dos impactos.

Tricart (1977) propõe uma Cartografia Ambiental baseada na classificação dos ambientes tendo a ecodinâmica como ponto de partida da avaliação, resultando em três grandes tipos de meios morfodinâmicos em função da intensidade, frequência e interação dos processos evolutivos atuais. São eles: "meios estáveis", "meios intergrades" e "meios fortemente instáveis", possibilitando uma abordagem dialética da paisagem.

A partir dos conceitos de Unidades Ecodinâmicas, preconizados por Tricart (1977), Ross (1994) propõe o estudo das fragilidades ambientais a partir da individualização de Unidades Ecodinâmicas Instáveis e de Unidades Ecodinâmicas Estáveis. As Unidades Ecodinâmicas Instáveis foram definidas como aquelas cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambientes naturais e as Unidades Ecodinâmicas Estáveis àquelas que estão em equilíbrio dinâmico, poupadas da ação humana, encontrando-se, portanto, em estado natural.

Segundo Martinelli (1994), embora a Cartografia Ambiental ainda não tenha alcançado uma sistematização completa, é necessário estabelecer esforços para que se construa uma metodologia adequada ao tratamento das questões ambientais, visto que o estabelecimento de uma fundamentação metodológica para uma Cartografia adequada para estudos ambientais é indispensável. Embora os mapas analíticos abordem todos os componentes ambientais de forma integrada segundo o autor é a Cartografia de Síntese que tem maior consonância à citada proposição. É a que mais se apresenta como método. Para Martinelli um dos problemas desta forma de representação é a dificuldade do usuário de entender o

que está sendo apresentado, por ser exaustivo. Diante disso, o autor propõe que seja realizada a coleção de mapas que além da questão o que há? própria da Cartografia exaustiva, possa ser inserida a questão: tal atributo onde está?

A superposição pode ser feita em várias etapas. Primeiro, obtém-se sínteses intermediárias. Para até três, ou grupos de três mapas, cada um contendo a distribuição de um atributo representado por uma sucessão de valores visuais. A síntese também pode ser obtida através de métodos matemáticos, o mais difundido é o da análise fatorial.

Para concluir, pode-se considerar que os documentos cartográficos ambientais permitem, além de localizar com precisão fenômenos físicos, humanos e econômicos, estabelecer relações existentes entre eles, possibilitando, desta forma, conduzir decisões de planejamento territorial.

2.5.2 Sensoriamento Remoto e Análise Ambiental

A adaptação da Geografia aos procedimentos científicos vinculados às novas tecnologias adquire incontestável importância. Com o passar dos anos, a Geografia buscou novos recursos para tentar, de alguma forma, se modernizar e acompanhar os avanços da humanidade incorporando, assim, os avanços de outras ciências. Devido à enorme quantidade de variáveis que compõem um ambiente é necessário buscar novas formas de analisá-lo e tratá-lo de forma sistêmica. Uma das ferramentas mais utilizadas na Geografia, atualmente, para esse tipo de análise são as técnicas de Sensoriamento Remoto que permitem obter uma grande quantidade de dados em curto espaço de tempo e com relativa precisão (ROSA, 1992).

As técnicas de Sensoriamento Remoto têm sido um importante meio de viabilizar os estudos ligados às questões ambientais, à medida que a interpretação dos dados vai gerando mapas de recursos naturais. Fabris (1995) esclarece que a importância e vantagens do Sensoriamento Remoto vai desde o mapeamento, monitoramento de recursos naturais à proteção de ambientes decorrentes da exploração deteriorante.

Para Novo (1998), de 1960 até os dias atuais, o Sensoriamento Remoto caracteriza-se pelo desenvolvimento de uma multiplicidade de sistemas sensores, desenvolvidos para vários sistemas de obtenção de dados orbitais e sub-orbitais em modernos satélites, cujas informações permitem melhor conhecimento do nosso planeta.

Novo (1998, p.1) define Sensoriamento Remoto como

a utilização de sensores para aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles. Os sensores seriam os equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações.

Assim, o Sensoriamento Remoto consiste na utilização conjunta de modernos instrumentos (sensores); equipamentos para processamento e transmissão de dados e plataformas aéreas ou espaciais, para carregar tais instrumentos e equipamentos, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra, em suas mais diversas manifestações.

Segundo Novo (1998) as principais áreas de aplicação dos produtos de Sensoriamento Remoto são:

- Cartografia - utiliza os dados de Sensoriamento Remoto visando a elaboração de mapas e cartas, principalmente com vista a atualização dos produtos cartográficos obtidos por metodologias convencionais.

- Arqueologia - as técnicas de Sensoriamento Remoto podem ser utilizadas em arqueologia, não só como ferramenta de busca e identificação de novos sítios, como também fonte de dados para o planejamento de sistema de amostragem para a aquisição de medidas de estruturas arqueológicas e principalmente, para o estudo das relações entre o ambiente e o conteúdo cultural de um dado sítio. As atividades de aplicação de dados de Sensoriamento Remoto em arqueologia são: descobertas de sítios arqueológicos; estudos dos sítios e mapeamento dos sítios.

- Geografia - as principais aplicações de Sensoriamento Remoto em Geografia concentram-se na utilização de informações para monitoramento do uso da terra e para monitoramento de processos geomorfológicos.

- Geomorfologia ambiental - A geomorfologia ambiental é uma área essencialmente aplicada. Preocupa-se em estudar os reflexos da atividade antrópica sobre a estabilidade dos sistemas de formas de relevo. Nesse sentido, os dados de Sensoriamento Remoto podem auxiliar nas atividades de aplicações cartográficas, topográficas e interpretação geomorfológica completa.

- Geologia - o objetivo do Sensoriamento Remoto é a coleta de informações relevantes sobre todos os fenômenos terrestres e o estudo de suas propriedades registradas via aeronave ou satélite. As aplicações de Sensoriamento Remoto em

Geologia podem ser classificadas em dois grupos, um voltado ao mapeamento geológico básico, e o outro voltado à pesquisa visando à extração mineral.

- Florestas - as aplicações em áreas de florestas estão relacionadas às atividades de levantamento e caracterização dos tipos de floresta presentes nos solos.

- Avaliação dos Recursos Hídricos – o Sensoriamento Remoto auxilia na determinação dos limites dos corpos d'água, no mapeamento de enchentes, na determinação do padrão de turbidez e da quantidade de sedimentos dispersos, na determinação da profundidade dos corpos d'água, na definição dos campos irrigados e no inventário dos lagos e açudes.

As imagens obtidas através do Sensoriamento Remoto proporcionam uma visão de conjunto multitemporal de extensas áreas da superfície terrestre. Esta visão sinóptica do meio ambiente ou da paisagem possibilita estudos regionais e integrados, envolvendo vários campos do conhecimento. Elas mostram os ambientes e a sua transformação, destacam os impactos causados por fenômenos naturais, como as inundações e a erosão do solo (frequentemente agravados pela intervenção do homem), e antrópicos, como os desmatamentos, as queimadas, a expansão urbana, ou outras alterações do uso e da ocupação da terra (FLORENZANO, 2002).

Novo (1998) e Rosa (1992) evidenciam, de forma semelhante, as aplicações do Sensoriamento Remoto destacando as utilidades para monitoramento do uso da terra, necessidade constante de atualização dos registros cartográficos (o que através dessa tecnologia pode ser obtido em curto prazo); o mapeamento de culturas utilizadas na agricultura moderna (área plantada, caracterização do solo, tipo de culturas); estudos florestais (inventário florestal, prevenção de incêndios, locação de estradas, tipologias de estratos florestais); mapeamento geológico básico e pesquisa mineral. Estas são algumas aplicabilidades do Sensoriamento Remoto na Geologia e Geomorfologia (reflexos da atividade antrópica sobre os diferentes sistemas); no planejamento urbano e rural (mapeamento e monitoramento de uso e ocupação atual e multitemporal do solo, estradas e mananciais de abastecimento) e estudo de recursos hídricos (análise quantitativa e qualitativa da água e mapeamento de superfícies líquidas).

É importante salientar que a integração das técnicas de Sensoriamento Remoto com as informações do Sistema de Informações Geográficas (SIGs)

proporciona interpretações com qualidade e de confiabilidade altamente fidedignas do objeto de estudo, na Geografia.

Dessa maneira, o recente e rápido desenvolvimento das tecnologias de Sensoriamento Remoto e de SIG contribuem para a evolução das próprias ciências da terra e ambientais, ao mesmo tempo em que facilitam a inter-relação entre elas. Como ressalta Baker (1986 apud FLORENZANO, 2005), em qualquer ciência o surgimento de novas técnicas não é importante em si mesmo, mas sim por permitir novas descobertas que estimulam o progresso científico.

2.5.3 Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas (SIGs)

Aliados ao Sensoriamento Remoto e à Ciência Cartográfica os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), apresentam-se como ferramentas indispensáveis para a produção de dados e informações geográficas, contribuindo de modo significativo em pesquisas que enfatizam a temática ambiental.

A aplicação da informática na Cartografia, de modo mais acentuado, a partir das décadas de 1960 e 1970, permitiu a criação de mapas utilizando recursos de animação, interatividade, hipertextualidade, multimídia e outros, estando estes, cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas.

Rocha define Sistemas de Informações Geográficas como sendo

uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas e mapas digitais georreferenciados (ROCHA, 2000, p. 210).

A absorção da tecnologia computacional pela Cartografia gerou profundos efeitos nessa ciência, modificando e ampliando a forma de elaboração e as funções dos mapas.

Ramos (2005, p. 16) argumenta que para a sociedade contemporânea a elaboração de mapas caracteriza-se pelo “advento da informática e a introdução do seu uso no fazer cartográfico”, que agrega à Cartografia potencial interativo, permitindo ao usuário interagir com os mapas, por meio do uso de SIGs, da multimídia e da Internet.

Conforme Câmara et al (1997, p. 6), os SIGs são “sistemas que efetuam tratamento computacional de dados geográficos. Um SIG armazena a geometria e

os atributos dos dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e numa projeção cartográfica qualquer”.

Ainda, Rocha (2000, p. 48) define o SIG como

um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados alfanuméricos.

Para Cunha (2001) o que caracteriza um SIG é a integração, numa única base de dados, de informações espaciais provenientes de dados cartográficos, modelos numéricos de terreno, cadastro urbano e rural, imagens de satélite, dados de censo, entre outros, oferecendo mecanismos para combinar essas informações através de módulos de manipulação e análise, que permitem consultas, recuperação e visualização do conteúdo da base de dados, além da geração de mapas.

De acordo com Silva (2007), a tecnologia dos SIGs possui diferentes usos, podendo ser aplicada

na tomada de decisões, administração e redistribuição espacial, gerenciamento de infra-estrutura, saúde e segurança pública, com controles de epidemias, gerenciamento de recursos renováveis, logística, planejamento urbano, planejamento regional, educação, pesquisa, mapeamento do terreno, análise e *display* de dados, modelos de simulação, monitoramentos, dados de mapas temáticos e desenvolvimento de mapas-base, com análises, modificações e revisões (SILVA, 2007, p. 15).

Dessa maneira, destaca-se a importância do uso de sistemas computacionais capazes de gerenciar bancos de dados georreferenciados. Sendo que os SIGs estão cada vez mais aprimorados e capazes de permitir a formulação de diagnósticos, avaliação de alternativas de ação e manejo ambiental.

Na atualidade, grande parte das etapas de organização, geração, e fornecimento de informação está automatizada, provendo assim, a elaboração, análise e divulgação dos produtos cartográficos. Isso serve de auxílio à aplicação da Geografia na análise das relações dos homens entre si, e deste com o ambiente, através de procedimentos capazes de atender a crescente demanda por mapeamentos, que tem por objetivo a elaboração de diagnósticos, prognósticos, zoneamentos e outros, no intuito de auxiliar ações de planejamento ambiental.

Nesse sentido, o Geoprocessamento apresenta-se como ferramenta capaz de auxiliar no processamento de dados georreferenciados, implicando num processo de implantação de metodologias que visa um progresso na grafia ou representação da

Terra. Além, de representar a superfície terrestre, passa-se a associar a este ato um novo olhar sobre o espaço, um ganho de conhecimento, que é a informação, a qual servirá de auxílio na solução das problemáticas existentes, principalmente, no que se refere à temática ambiental (MOURA, 2003).

Visto como um conjunto de tecnologias voltado à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico, Silva (2007, p. 12) coloca que as atividades desenvolvidas em Geoprocessamento são executadas por SIGs. “Eles são destinados ao processamento de dados georreferenciados desde a sua coleta até a geração de produtos como mapas, relatórios de arquivos digitais, oferecendo recursos para armazenamento, gerenciamento, manipulação e análise dos dados”.

Esse processo segundo Câmara et al (2004) utiliza técnicas matemáticas e computacionais para ao tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia, planejamento urbano e regional.

Assim, posterior a aquisição, tratamento e processamento dos dados, é possível, através do Geoprocessamento, analisar e/ou desenvolver informações através da combinação de operações espaciais, que podem ser aplicadas a um ou mais planos de informação com o objetivo de criar novos planos de informação ou calcular medidas (ROSA e BRITO, 1996).

Dessa forma, geoprocessamento é uma área do conhecimento, onde diversos tipos de informações geográficas são processadas por meio de técnicas matemáticas e computacionais. Enquanto o Sensoriamento Remoto é a tecnologia que permite a obtenção e coleta de informações sobre diferentes alvos ou fenômenos na superfície terrestre, sem contato físico com os mesmos, o geoprocessamento pode ser definido como a técnica que permite o processamento de diferentes informações geográficas, ou mesmo o conjunto de tecnologias voltadas ao tratamento de informações espaciais para um objetivo específico.

Conforme Silva (1999), dados existentes sobre uma determinada área em formato digital, como imagens de satélite, mapas geológicos, imagens geofísicas, mapas geoquímicos, pedológicos, geomorfológicos, fotografias e todo material que descreve o mundo real com um mínimo de interpretação, são considerados, individualmente, como mapas observacionais. Esse conjunto de mapas observacionais ao ser manipulado na sua forma digital produz produtos como: imagens de falsa cor, modelos de elevação digital, mapas de declividade e aspecto,

ou seja, modelamentos numéricos através de processamento digital de imagens geram os chamados mapas analíticos.

Destaca-se o uso de operações de superposição, uma vez que, estas são extensivamente utilizadas em SIG, pois, os Planos de Informação (PIs) georreferenciados permitem que superposições sejam implementadas eficazmente, sem um número limitado. As principais operações de superposição são: imposição ou máscara definida como a seleção de uma determinada área para ser observada e analisada em todos os PIs de um projeto definido; a colagem, que representa a imposição de regiões geográficas de um determinado mapa a outro, ou seja, as regiões são preservadas, os atributos mudam de codificação, porém as qualidades permanecem; a comparação, que permite identificar áreas com atributos análogos, sendo preservadas, desde que ocupem a mesma região geográfica; a associação, que corresponde à geração de áreas georreferenciadas controladas por determinados argumentos e a sincrozinação que se refere à superposição de mapas, na qual cada interseção representa uma nova categoria (SILVA, 1999).

Segundo o INPE (1990), o objetivo de um SIG é promover uma ferramenta eficiente de planejamento para todas as aplicações que fazem uso de mapas. Todas as atividades que envolvem a coleta de dados sobre a distribuição espacial desses sobre a superfície terrestre podem se beneficiar de sistemas dessa natureza.

As aplicações desses sistemas são inúmeras. Como exemplo, baseado em Rocha (2000, p. 72) citam-se:

- monitoramento de florestas;
- monitoramento e controle de pragas e doenças nas áreas rurais;
- simulação de plantios e colheitas;
- gestão de redes de distribuição de energia elétrica e de água e coleta de esgoto;
- administração, caracterização e localização de recursos naturais;
- monitoramento das bacias hidrográficas;
- avaliação de aptidão agrícola,
- planejamento do transporte;
- mapeamento dos solos e
- planejamento da expansão urbana.

Os SIGs podem ser extensivamente usados em pesquisas abrangendo um amplo leque de aplicações, que incluem análise de recursos ambientais, planejamento de uso do solo, análise locacional, avaliação de impostos, planejamento de infra-estrutura, análise de bens imóveis, marketing e análise demográfica, análise arqueológica, etc. A seguir, é apresentada uma relação das diversas áreas de aplicação de SIG, divididas em cinco grupos principais, segundo Ramirez (1994):

- Ocupação Humana - redes de infra-estrutura; planejamento e supervisão de limpeza urbana; cadastramento territorial urbano; mapeamento eleitoral; rede hospitalar; rede de ensino; controle epidemiológico; roteamento de veículos; sistema de informações turísticas; controle de tráfego aéreo; sistemas de cartografia náutica; serviços de atendimentos emergenciais.
- Uso da Terra - planejamento agropecuário; estocagem e escoamento da produção agrícola; classificação de solos; gerenciamento de bacias hidrográficas; planejamento de barragens; cadastramento de propriedades rurais; levantamento topográfico e planimétrico; mapeamento do uso da terra.
- Uso de Recursos Naturais - controle do extrativismo vegetal e mineral; classificação de poços petrolíferos; planejamento de gasodutos e oleodutos; distribuição de energia elétrica; identificação de mananciais; gerenciamento costeiro e marítimo.
- Meio Ambiente - controle de queimadas; estudos de modificações climáticas; acompanhamento de emissão e ação de poluentes; gerenciamento florestal de desmatamento e reflorestamento.
- Atividades Econômicas - planejamento de marketing; pesquisas socioeconômicas; distribuição de produtos e serviços; transporte de matéria-prima.

É muito importante ressaltar que a utilização dos SIGs não garante a certeza e a segurança de que o produto final corresponda a alternativas de soluções corretas. Se, por acaso, não houver um controle da qualidade do banco de dados e dos dados que vão ser analisados, isto é, se estes forem imprecisos e/ou cheios de erros, o resultado final será um mapa talvez extremamente colorido, capaz de impressionar, mas, na prática, nada mais será que um mapa sem significado, impróprio para uso (SILVA, 1999).

Como em qualquer uso tecnológico apropriada, os SIGs necessitam de profissionais qualificados para a obtenção de bons resultados. O técnico que fizer uso destes sistemas deverá simular problemas, criar protótipos de projetos e usar as informações geradas na busca de soluções, mas, sobretudo, conhecer o mundo real no ambiente de sua atuação, não dispensando, portanto, o trabalho de campo.

2.6 Fragilidade ambiental

O homem, na maioria das vezes, modifica o ambiente sem avaliar as consequências danosas que isto pode causar. Portanto, na organização de um espaço é de fundamental importância estudar a dinâmica dos ambientes para uma melhor conservação e desenvolvimento dos recursos ecológicos.

Tricart (1977) propôs a classificação dos ambientes tendo a ecodinâmica como ponto de partida da avaliação, resultando em três grandes tipos de meios morfodinâmicos em função da intensidade, frequência e interação dos processos evolutivos atuais. São eles: "meios estáveis", "meios intergrades" e "meios fortemente instáveis", possibilitando uma abordagem dialética da paisagem (conforme já citado na página 52).

Os "meios estáveis" de Tricart (1977) têm, em termos gerais, a pedogênese como processo de maior expressão, decorrente de uma "proteção" que Tricart denomina Fitoestasia, por ser a cobertura vegetal a responsável por este fenômeno. Nestes meios o modelado evolui lentamente, muitas vezes de maneira imperceptível; os processos mecânicos atuam pouco e de modo lento; a cobertura vegetal é densa; a dissecação é moderada e há ausência de manifestações vulcânicas.

Os "meios fortemente instáveis", segundo a classificação de Tricart (1977 p. 51) são aqueles em que "a morfogênese é o elemento predominante na dinâmica natural, e fator determinante do sistema natural, ao qual outros elementos estão subordinados". Este fenômeno pode ser desencadeado por paroxismos naturais como tectonismo e vulcanismo, ou pela degradação antrópica, especialmente com a retirada da cobertura vegetal. Nestes meios as condições bioclimáticas são agressivas, com ocorrências de variações fortes e irregulares de ventos e chuvas, o relevo apresenta vigorosa dissecação; há presença de solos rasos; inexistência de cobertura vegetal densa; as planícies e fundos de vales são sujeitos a inundações e a geodinâmica interna é intensa.

Tricart (1977) considera que há uma passagem gradual entre um meio estável e um meio instável. Para isto tomou emprestado do vocabulário dos geólogos o termo *intergrade*. Os meios por ele chamado de "intergrades" asseguram essa passagem gradual entre os outros dois meios, pois segundo o autor, "não existe nenhum corte; ao contrário, estamos na presença de um contínuo". Os "meios intergrades" são caracterizados, de acordo com Tricart (1977, p. 47), pela "interferência permanente da morfogênese e pedogênese, exercendo-se de maneira concorrente sobre um mesmo espaço". São meios delicados e suscetíveis a fenômenos de amplificação, podendo tornar-se meios instáveis.

A partir da proposta de Tricart (1977) Ross (1994) definiu o estudo da fragilidade ambiental considerando Unidades Ecodinâmicas Instáveis com intervenções antrópicas e modificação dos ambientes naturais, através do desmatamento e práticas de atividades econômicas diversas, e Unidades Ecodinâmicas Estáveis como aquelas que estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana, encontrando-se, portanto em estado natural (conforme já citado na página 52).

O estudo da fragilidade ambiental constitui-se elemento fundamental na elaboração do planejamento territorial ambiental. O mapeamento da fragilidade ambiental permite avaliar as potencialidades do meio ambiente combinando suas características naturais com suas restrições.

O reconhecimento das formas de utilização do espaço geográfico é fundamental para o planejamento, podendo direcionar a uma política de ocupação do espaço com a intenção de melhorar as condições sociais atuais e futuras da população, numa perspectiva sustentável.

O mapeamento das fragilidades agrupa os ambientes em relação aos diferentes níveis de fragilidade. Tais informações permitem ao planejador elaborar ações de intervenção técnica, adequadas a cada condição.

O mapeamento preliminar da fragilidade ambiental permite conhecer as potencialidades do meio ambiente inter-relacionando suas características naturais e suas restrições à ação antrópica desenvolvida nas unidades de paisagem natural.

A metodologia da fragilidade empírica proposta por Ross (1994) fundamenta-se no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre suas componentes físicas e bióticas. Os procedimentos operacionais para a sua construção exigem num primeiro instante os estudos básicos do relevo, solo,

geologia, clima, uso da terra e cobertura vegetal. Posteriormente, essas informações são analisadas de forma integrada gerando um produto síntese que expressa os diferentes graus de fragilidade que o ambiente possui em função de suas características genéticas.

O princípio da funcionalidade intrínseca baseia-se no conceito de Unidade Ecodinâmica de Tricart (1977). De acordo com Ross (1994), dentro desta concepção ecológica o ambiente é analisado sob o prisma da Teoria do Sistema que parte do pressuposto que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico. Esse equilíbrio, entretanto, é frequentemente alterado pelas intervenções humanas, gerando estados de desequilíbrios temporários ou até permanentes.

Diante dos diferentes estados de equilíbrio e desequilíbrio que o ambiente está submetido, Ross (1994) sistematizou uma hierarquia nominal de fragilidade representada por códigos: muito fraca (1), fraca (2), média (3), forte (4) e muito forte (5). Estas categorias expressam, espacialmente, a fragilidade do ambiente em relação aos processos ocasionada pelo escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais. Qualquer mudança em uma das variáveis envolvidas no equilíbrio dinâmico provoca uma ruptura do mesmo, forçando a natureza procurar uma nova forma de equilíbrio.

Assim, para os estudos de fragilidade dos ambientes, é necessária a adoção de uma metodologia de trabalho baseada na compreensão das características e da dinâmica do ambiente natural e do meio sócio-econômico, buscando a integração das diversas disciplinas específicas, por meio de uma síntese do conhecimento acerca da realidade pesquisada. Dessa forma, para realizar estudos de fragilidade natural em ambientes urbanos, é necessário que se tenha conhecimento dos solos, do relevo, da geologia e do clima da área estudada, além da ação das atividades humanas (ROSS, 1996).

Nessa mesma linha, Rodrigues (1998) ressalta que o mapa de fragilidade ambiental apresenta como resultado as áreas de fragilidade potencial, que são aquelas onde o ambiente encontra-se com suas características naturais intactas ou pouco alteradas, e as áreas de fragilidade emergente, que representam as áreas com o uso da terra antrópico. Neste sentido, os mapas de fragilidade ambiental podem ser considerados como produtos cartográficos necessários para a análise e planejamento ambiental.

Considerando na questão da degradação ambiental o aspecto subjetivo da percepção individual e social envolvido Cunha e Guerra afirmam que

o estudo da degradação ambiental não deve ser realizado apenas sob o ponto de vista físico. Na realidade para que o problema possa ser entendido de forma global, integrada e holística, deve-se levar em conta as relações existentes entre a degradação ambiental e a sociedade causadora dessa degradação que, ao mesmo tempo sofre os efeitos e procura resolver, recuperar, reconstituir as áreas degradadas (CUNHA E GUERRA, 1996, p. 337).

Na mesma direção Christofolletti argumenta que

a ampliação das áreas impermeabilizadas, repercute na capacidade de infiltração das águas no solo, favorecendo o escoamento superficial, a concentração das enxurradas e a ocorrência de ondas de cheia. A urbanização afeta o funcionamento do ciclo hidrológico, pois interfere no rearranjo dos armazenamentos e nas trajetórias da águas (CHRISTOFOLLETTI, 1995, p. 424).

Marques (1996, p. 44) afirma que “os problemas ambientais podem não estar diretamente ligados à Geomorfologia, mas em todos os ambientes teremos um relevo, processos geomorfológicos atuando e interações com os demais componentes”. E, quando os processos geomorfológicos atuam estão promovendo ações em direção à evolução do relevo e mobilizando materiais.

Marques entende que

a intensificação ou o amortecimento da atuação desses processos podem ser provocados pelas próprias condições naturais ou por interferências antrópicas, promovendo o aumento e diminuição da erosão ou da deposição, mantendo ou modificando as formas de relevo, constituindo-se em causas ou efeitos de instabilidade ambiental (MARQUES, 1996, p. 44).

Sendo assim, é pertinente, cada vez mais, a aplicação dos estudos geomorfológicos para orientar a ocupação humana.

2.7 Processos superficiais e tipos de riscos

A acelerada urbanização, verificada no Brasil a partir da década de 1950, deflagrou um processo de ocupação desordenada e desigual do solo e acentuou a segregação sócio-espacial nas cidades. Este processo teve como consequências, diversos problemas, tais como moradia precária em áreas com alto grau de fragilidade ambiental sujeita à ocorrência de processos de dinâmica superficial de natureza diversa.

Assim, a relação do homem com a natureza altera-se, em função das novas necessidades impostas pela cidade, ou melhor, pelas populações aglomeradas que exigem a satisfação de suas necessidades sociais e econômicas.

Carlos (1990) argumenta que a aglomeração da população, dos meios de produção e de capitais num determinado ponto do espaço multiplicou os pontos de concentração e produziu uma rede urbana articulada e hierarquizada. A intervenção humana imposta de forma intensiva sobre o ambiente natural altera o equilíbrio de uma natureza que não é estática, mas que apresenta quase sempre um dinamismo harmonioso em evolução estável e contínua, quando não afetada pelo homem.

No momento em que se altera esse estado de equilíbrio, ocasionam-se processos de desequilíbrio, muitas vezes irreversíveis. Diante destes novos desafios, encontra-se de um lado a capacidade finita dos recursos naturais e as fragilidades do ambiente, e do outro as necessidades e os excessos da sociedade humana.

Segundo Ross (2005, p. 14–15) “toda a ação humana sobre o ambiente natural ou alterado causa algum impacto em diferentes níveis, gerando alterações com graus diversos de agressão, levando às vezes as condições ambientais a processos até mesmo irreversíveis”. Nesse sentido, todas as modificações inseridas pelo homem no ambiente natural alteram o equilíbrio dinâmico e harmonioso da natureza, quando não afetada pela ação antrópica.

A vulnerabilidade de um determinado local depende de diversos fatores como a densidade populacional, a natureza dos seus bens tecnológicos e culturais, o tipo de organização social e econômica e a capacidade exibida pelas comunidades para enfrentarem os diferentes fatores de riscos.

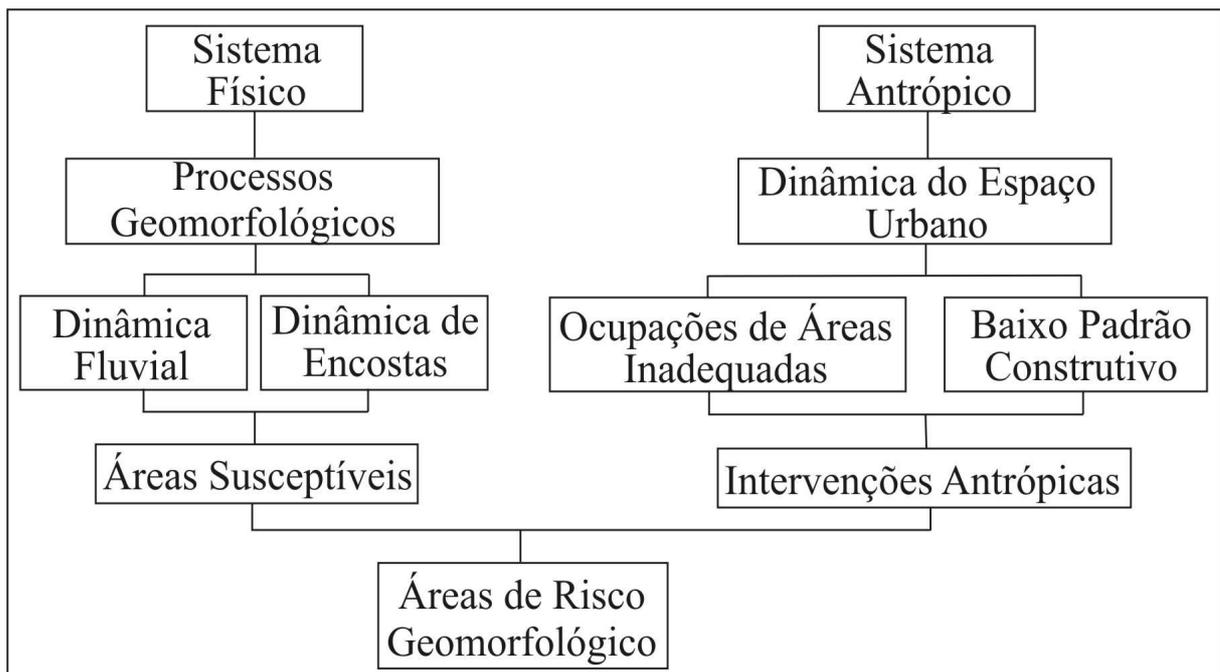
Reckziegel e Robaina argumentam que

as áreas desvalorizadas do espaço urbano são as ambientalmente mais frágeis à ocupação e susceptíveis ao desenvolvimento de processos de dinâmica superficial desencadeadores de risco. Estas áreas estão comumente localizadas em encostas e em margens de arroios e são ocupadas pela parcela da população de menor poder aquisitivo que, desfavorecida pelo processo de reprodução do capital, é obrigada a se estabelecer em áreas desprovidas de condições básicas de infraestrutura e saneamento (RECKZIEGEL e ROBAINA, 2005, p. 66).

Nessa perspectiva Brum (1993) define risco ambiental como o produto da frequência e da magnitude dos fatores de risco naturais e antrópicos pela vulnerabilidade a esse mesmo risco.

A alteração na dinâmica superficial, provocada ou não pela ação antrópica, desencadeia processos superficiais que podem provocar riscos à população. Oliveira et al. (2004), sistematiza a concepção de risco a partir dos riscos geomorfológicos e subdivide de acordo com o processo desencadeador em: risco por dinâmica fluvial e risco por dinâmica de encosta e os riscos oriundos da ação antrópica que afetam a dinâmica do espaço através das intervenções antrópicas com a ocupação de áreas inadequadas e com o baixo padrão construtivo (Esquema 1).

Os processos geológicos e geomorfológicos fazem parte da dinâmica natural do planeta, ou seja, sua ocorrência independe da presença do homem. No entanto, com a intensificação de suas atividades até a exaustão da natureza, os processos acabam por ocorrer com mais frequência, dado que pode ser induzido, acelerado e potencializado pelas alterações decorrentes do uso e ocupação do solo (CERRI e AMARAL, 1998).



Esquema 1 - Sistematização dos riscos geomorfológicos

Fonte: Oliveira et al (2004)
Org. NASCIMENTO, M. D. do, 2008

Segundo Cerri e Amaral (1998, p. 301) “o risco geológico é definido como uma situação de perigo, perda ou dano, ao homem e a suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de processo geológico, induzido ou não”. Conforme o mesmo autor a ocorrência de um fenômeno geológico pode ou não gerar perdas e

danos. Quando gera perdas e danos é denominado acidente e quando não foram registradas consequências sociais e econômicas ao homem chama-se evento.

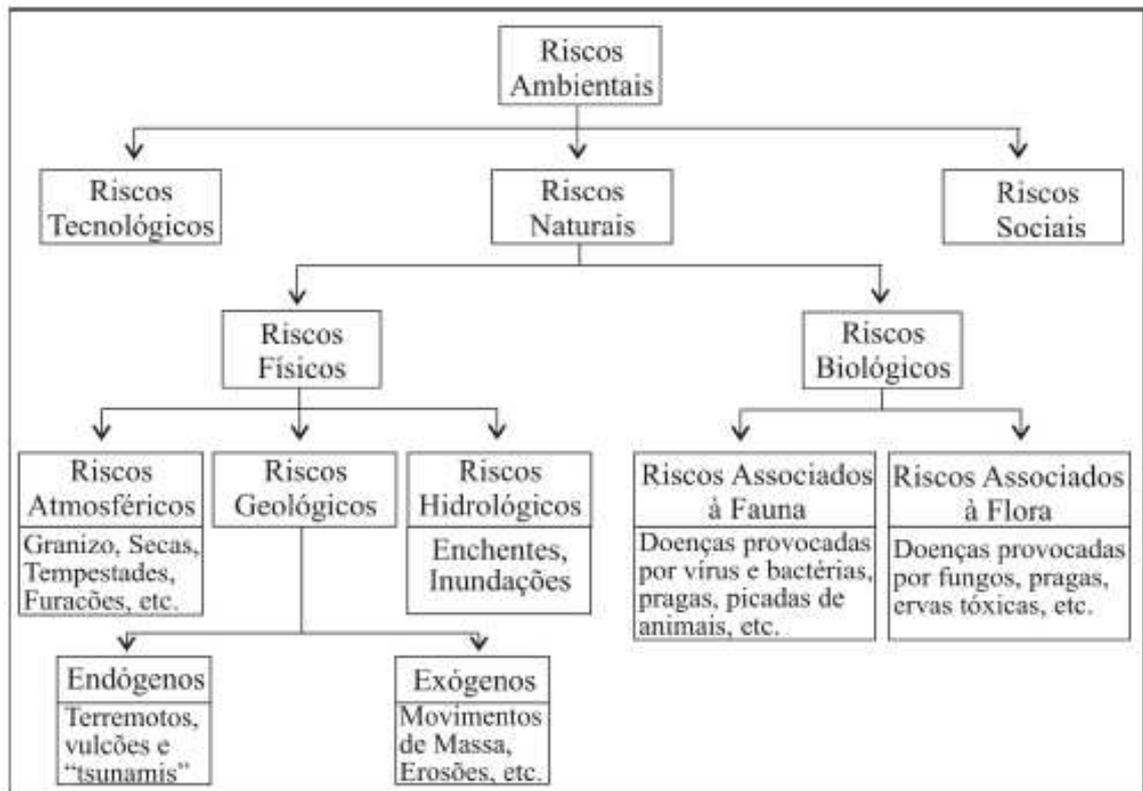
Nesse contexto, para Cerri e Amaral (1998) o acidente constitui-se num fato já ocorrido, onde foram registradas consequências sociais e econômicas (perdas e danos); o evento é um fato já ocorrido, onde não foram registradas consequências sociais e econômicas relacionadas diretamente a ele e o risco é a possibilidade de ocorrência de um acidente.

As situações de riscos podem ser identificadas e representadas na forma de “risco atual ou de risco potencial. O risco atual corresponde ao risco instalado (ou efetivo) em áreas já ocupadas, enquanto que o risco potencial expressa, na verdade, a suscetibilidade à ocorrência de processos geológicos em áreas ainda desocupadas” (CERRI e AMARAL, 1998, p. 301-302).

Há inúmeras formas de classificar riscos. Reckziegel e Robaina (2005) classificam os riscos em: riscos relacionados a fenômenos naturais, independentemente da forma de ocupação, como é o caso das situações de vulcanismo, movimentos de massa e inundações. Os riscos relacionados a fenômenos naturais induzidos pela ocupação em áreas potencialmente problemáticas, como por exemplo, a ocupação indiscriminada de encostas, os problemas de erosão acelerados pela ação antrópica e aterramento de nascente. Os riscos decorrentes de ocupações implementadas de forma inadequada em terrenos potencialmente sem problemas. Esse tipo de risco está associado a cortes e aterros mal executados, coberturas e taludes de aterros sanitários, entre outros. E os riscos decorrentes de limitações controláveis do meio físico, porém não detectadas antes da ocupação. Os problemas mais comuns relacionados a esta situação dizem respeito à queda de material rochoso e trincas em edificações devido à colapsividade dos materiais inconsolidados sobre a qual se assentam.

Cerri e Amaral (1998), tendo por base os potenciais de perdas e danos ao homem, classificam os riscos ambientais divididos em três subclasses: riscos tecnológicos, riscos naturais e riscos sociais. Os riscos tecnológicos referem-se a vazamentos de produtos tóxicos, inflamáveis, radioativos, colisão de veículos, queda de aviões, entre outros. Os riscos sociais são os assaltos, as guerras, os conflitos, os sequestros, entre outros. Os riscos naturais são subdivididos em riscos físicos e biológicos. Os riscos naturais físicos se subdividem em riscos atmosféricos, riscos geológicos e riscos hidrológicos. Os riscos atmosféricos são os furacões, as secas,

as tempestades os granizos, os raios, entre outros. Os riscos hidrológicos referem-se às enchentes e inundações. Já os riscos geológicos são classificados em riscos endógenos (associados aos processos da geodinâmica interna do planeta) e os riscos exógenos (geodinâmica externa). Os riscos naturais biológicos estão associados à fauna (doenças provocadas por vírus e bactérias, pragas, roedores, entre outros) e à flora (doenças provocadas por fungos, ervas tóxicas e venenosas) (Esquema 2).



Esquema 2 - Classificação dos riscos segundo Cerri e Amaral (1998)

Fonte: Cerri e Amaral (1998)

Org. NASCIMENTO, M. D. do, 2008

Segundo Cerri e Amaral (1998, p. 306), no Brasil, a maior parte dos acidentes e dos riscos ambientais (que podem também serem denominados de riscos geomorfológicos), está associada aos processos geodinâmicos exógenos como escorregamentos, inundações/alagamentos, erosão hídrica, subsidência por adensamento, colapso de solos, subsidência e colapso devido a cavidades subterrâneas e expansão de terrenos.

Esses processos exógenos dependem, basicamente, conforme Porto

das condições climáticas e geomorfológicas. Clima quente e úmido, com cobertura vegetal exuberante favorece a formação de espessos regolitos

através da ação de ácidos orgânicos que facilitam o intemperismo químico. A ação física das raízes também induz ao fraturamento e acesso aos fluidos, além de proteger o regolito da ação erosiva. O regime hidrológico também pode favorecer a formação de espessos regolitos em situações de livre circulação de fluidos e constante lixiviação, o que evita a saturação das soluções e a consequente diminuição de sua reatividade (PORTO, 1996, p. 28).

Quando esses processos ocorrem em áreas densamente ocupadas, causam inúmeros prejuízos, tanto sociais quanto econômicos, podendo até ocasionar perdas de vida humana.

Quanto às áreas de risco associadas a processos de dinâmica fluvial (alagamentos e inundações), Cerri e Amaral (1998) consideram como principais condições predisponentes as planícies de inundação; rupturas de declive (terraços, bermas e patamares); áreas de baixadas; cabeceiras de drenagem; lençol freático próximo à superfície, bacias de forma circular; alta densidade de drenagem da bacia; baixa capacidade de escoamento e assoreamento. Os processos de risco, nessas condições, são desencadeados por ações antrópicas como: eliminação da cobertura vegetal; uso do solo que propicia o aumento do escoamento superficial; estrangulamento da drenagem e construção de reservatórios (impactos à montante).

2.8 Os efeitos da urbanização sobre o meio ambiente

A organização da sociedade, a dinâmica demográfica, o crescimento e a organização das cidades, suas causas e consequências fazem parte da preocupação da Ciência Geográfica. Desde as épocas mais remotas morar é uma necessidade humana. Além de forma de abrigo, a moradia é o *locus* onde ocorrem as relações humanas e sociais (SCARLATO, 2003). O artigo 1º dos Direitos Humanos diz que todo cidadão tem direito a condições de vida humana digna e justiça social, obrigando-se o Estado a assegurar acesso à moradia, transporte público e saneamento básico a toda população.

O estudo dos sistemas urbanos e a organização espacial das cidades são assuntos bastante antigos e têm sido objeto de análise da Geografia no decorrer do tempo. Segundo Scarlato (2003) a história das cidades pode ser considerada como a história da humanidade. Ela é o “arquivo de pedra”. Platão e Aristóteles já a colocavam como alvo de preocupações quando pensavam o destino do homem e afirmavam que qualquer desequilíbrio na estrutura da cidade poderia significar

perigo para a unidade e organização da sociedade. Para Ratzel a cidade representava uma forma de aglomeração durável (SCARLATO, 2003).

Atualmente a cidade é percebida além de suas edificações. É vista a partir de suas relações e fluxos que lhe dão forma e vida. A cidade capitalista é o palco da ocorrência de uma série de processos sociais, entre os quais a acumulação de capital e a reprodução social têm importância básica. Estes processos criam funções e formas espaciais que constituem a própria organização espacial urbana.

O Brasil, como a maioria dos países periféricos, tem passado por um acelerado processo de industrialização/urbanização, aumentando rapidamente o número de habitantes nas cidades. Esse processo de crescimento e expansão das cidades ocorreu sem que houvesse um planejamento urbano adequado levando a uma crise urbana sem precedentes, tendo como principal característica a ocupação de áreas impróprias, como mananciais, áreas de preservação permanente (APPs), encostas e fundos de vales.

Conforme o Ministério das Cidades,

(...) o modelo de desenvolvimento sócio-econômico que comandou a urbanização acelerada no Brasil produziu cidades fortemente marcadas pela presença das chamadas "periferias". Dezenas de milhões de brasileiros não tem tido acesso ao solo urbano e à moradia senão através de processos e mecanismos ilegais (...) bem como nas ocupações de áreas públicas, encostas, áreas de preservação, beiras de reservatórios e rios. (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2004, p. 39).

Segundo Braga,

no início da década de 1960, o Brasil ainda era um país agrário. De lá para cá, mais de 100 milhões de pessoas passaram a viver em cidades. Mas o que deve chamar a atenção não é só o volume, mas a qualidade do processo, que se deu de forma desordenada, levando a uma crise urbana sem precedentes (BRAGA, 2003, p. 2).

O autor argumenta que os principais pontos, que caracterizam a atual crise urbana, são: concentração da população nas regiões metropolitanas; grande dinamismo das cidades médias; grande déficit habitacional; esvaziamento das áreas centrais das cidades grandes e médias; expansão desordenada das periferias; segregação sócio-espacial; violência urbana crescente; falta de saneamento e queda na qualidade ambiental (BRAGA, 2003, p. 2).

No uso da terra, os conflitos de interesses são crescentes, tais como habitação, especulação imobiliária, áreas de proteção ambiental, entre outros e se refletem na disponibilidade de infra-estrutura básica.

Nesse processo de crescimento e expansão urbana das cidades, a população de menor renda é a mais prejudicada, pois vê na periferia da cidade a possibilidade de moradia a um menor custo, através dos loteamentos produzidos para famílias de baixa renda. Muitas vezes esses loteamentos são irregulares; desprovidos de qualquer infra-estrutura, localizando-se em áreas impróprias para o estabelecimento humano, tais como mananciais, áreas de proteção ambiental e áreas de risco, como encostas e várzeas.

Nessas áreas o agravamento da degradação ambiental também é preocupante. A urbanização desordenada provoca uma ruptura do funcionamento equilibrado do ambiente natural.

Assim, pode-se afirmar que a ocupação periférica de baixa renda em áreas de mananciais, vem trazendo grande impacto ambiental para as cidades, uma vez que muitas dessas ocupações não oferecem água encanada, serviço de rede de esgoto e coleta de lixo. No crescimento desordenado das áreas pobres, a ampliação das áreas impermeabilizadas devido ao crescimento urbano afeta a capacidade de infiltração das águas no solo. Tal fator favorece o escoamento superficial e a concentração de enxurradas e cheias. Há ainda a degradação dos recursos hídricos a partir da destruição dos rios, agravada pelo assoreamento dos mesmos e desmatamento das áreas de nascentes e dos pontos de infiltração, interferindo em toda a rede hidrológica local e contribuindo na desorganização da rede regional. A alteração climática, local e regional, com o alto índice de desmatamento, interferindo no conforto térmico, também são problemas comuns às periferias (MARCONDES, 1999).

Para que as consequências do não planejamento não desencadeiem efeitos colaterais indesejáveis faz-se necessário o estudo integrado da paisagem de forma holística, considerando a sua diversidade e a sua complexidade. Para Tricart,

o conceito de sistema é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente. Ele permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade de análise [...] e a necessidade, contrária, de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre o meio ambiente (TRICART, 1977, p. 19).

O estudo sistêmico permite a análise das partes e do todo e tem caráter dinâmico, por isso é adequado ao estudo do planejamento ambiental.

A paisagem urbana, nesse contexto, pode ser entendida como um conjunto de elementos que se encontram inter-relacionados numa dinâmica urbana-antrópica-

ambiental, sofrendo modificações, sendo (re)criada através do processo evolutivo do sistema econômico vigente, tornando-a vulnerável a tais modificações econômicas existentes e às intervenções antrópicas dos agentes atuantes nesse cenário urbano.

Nesse contexto “a Geografia como um todo, e a Geomorfologia especificamente, são de virtual importância no trabalho de inventariar e analisar o quadro ambiental, que é antes de mais nada um espaço humanizado ou não, eminentemente geográfico” (ROSS, 2005, p. 16).

Sendo assim, a preocupação com o planejamento deve considerar, além dos interesses ambientais, econômicos e políticos, os interesses do homem como ser humano, seus interesses individuais (subjetivos) e coletivos (intersubjetivos) e os interesses sociais mais amplos de organização social. Neste sentido, Ross (2005, p. 82) afirma que “tratar a questão ambiental, esquecendo-se do homem como ser social e agente modificador dos ambientes naturais ou, ao contrário, tratar o social, desmerecendo o ambiental é negar a própria essência do homem – sua inteligência”.

3 METODOLOGIA

Em 1994, Jurandy Ross elaborou uma análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados, onde considerou as intervenções das sociedades humanas como fundamentais para a alteração do equilíbrio dinâmico do planeta. Ressaltou que a análise dessa interferência deve ser considerada no planejamento que objetiva um correto ordenamento territorial. Suas premissas foram: a potencialidade dos recursos naturais e a fragilidade dos ambientes. Como concepção teórica propôs o estudo da dinâmica dos ambientes naturais com ou sem intervenção humana e a elaboração do zoneamento ambiental como base cartográfica útil à análise da fragilidade.

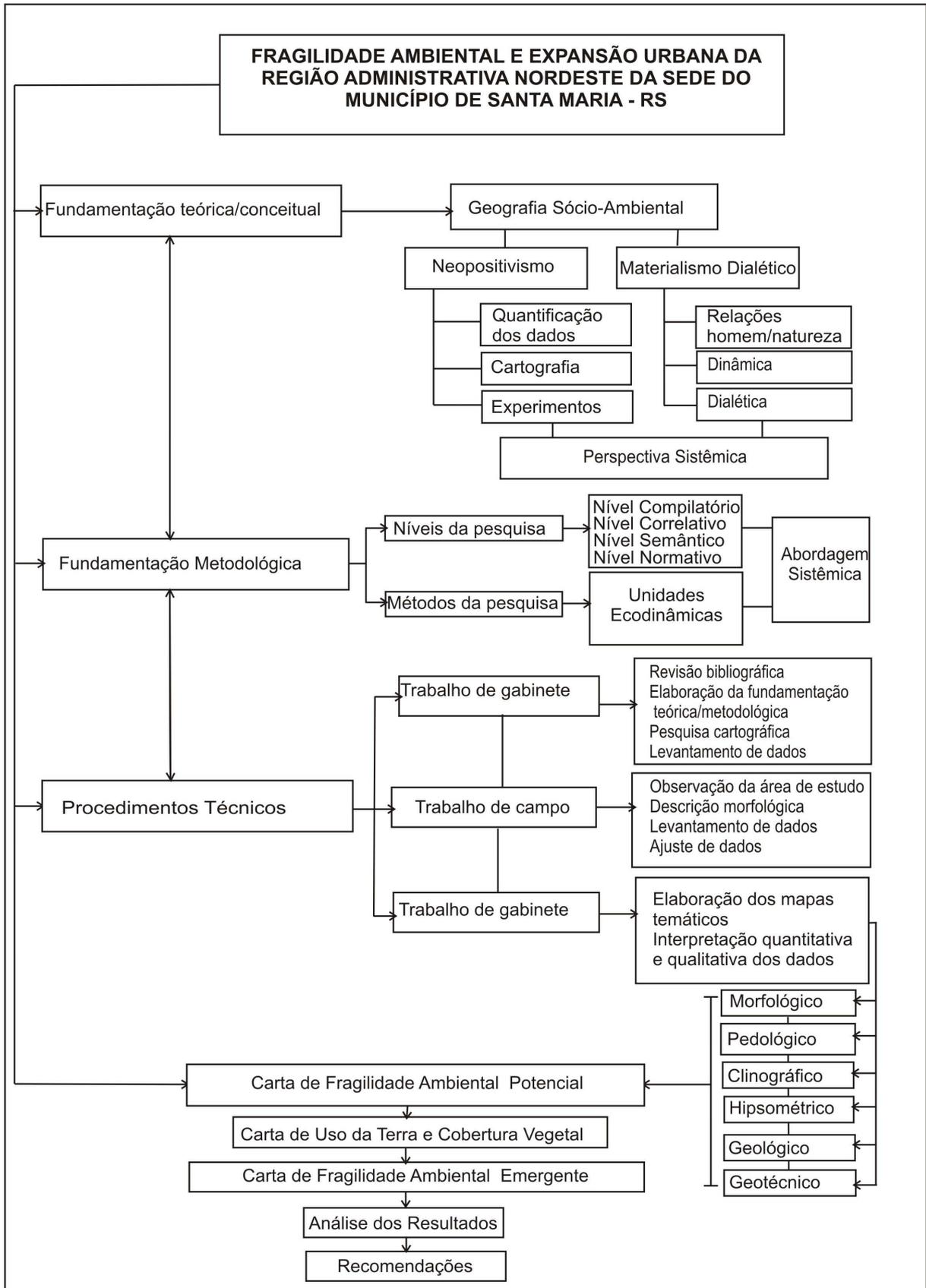
Com base no exposto acima, a realização desta pesquisa teve várias etapas efetuadas, onde cada uma demonstrou seu grau de importância à medida que uma complementou a outra. Cabe lembrar que revisões bibliográficas foram realizadas durante todo o período do trabalho. Todas as etapas desta pesquisa podem ser verificadas no organograma operacional.

O organograma operacional corresponde a um resumo das etapas teórico, conceituais/metodológicas que norteiam este trabalho de pesquisa e são devidamente fundamentadas e justificadas (Organograma 1).

3.1 Fundamentação teórico-conceitual

A fundamentação teórico-conceitual está pautada no uso do termo Geografia Sócioambiental (MENDONÇA, 2002). Essa abordagem, segundo Mendonça (2002) pode estar associada a aplicações já experimentadas ou a novas formulações. No que concerne ao estudo do ambiente, destacam-se as perspectivas de uma Geografia Física Global, a partir da aplicação de métodos que considerem as atividades humanas enquanto fator da dinâmica da paisagem.

Assim, a problemática ambiental, que caracteriza o momento presente, leva a Geografia a rever suas concepções, o que resulta na busca e na formulação de novas bases teórico-metodológicas para a abordagem do meio ambiente. O envolvimento da sociedade e da natureza nos estudos emanados de problemáticas ambientais, nos quais o natural e o social são concebidos como elementos de um mesmo processo resultam na construção de uma nova corrente do pensamento geográfico, denominada Geografia Sócioambiental (MENDONÇA, 2002).



Organograma 1 – Organograma Operacional

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2008.

Dessa forma, dentro da proposta sócioambiental, o autor destaca que o ponto mais importante de tais estudos está em identificar e apontar soluções tanto para os problemas ambientais como sociais, ou seja, é necessário observar os dois aspectos.

Mendonça (2002) argumenta que várias são as opções teóricas e de métodos (hipotético-dedutivo, dialético e fenomenológico-hermeneutico), para o estudo ambiental a partir da perspectiva sócioambiental, pois o que se observa, atualmente, não é o predomínio de uma única visão monolítica (positivismo, neo-positivismo ou materialismo histórico dialético), mas a liberdade de opções e até mesmo a combinação de diferentes métodos que se complementam.

A Geografia Sócioambiental apresenta possibilidades de abordagem complexas do temário geográfico, visto que não se restringe apenas aos estudos de elementos isolados na natureza, mas da interdependência das relações entre sociedade, componentes físicos, químicos, bióticos, aspectos econômicos, sociais e culturais.

Dessa forma, optou-se pelo estudo pautado nos paradigmas da Geografia Sócioambiental, porque esta admite aspectos metodológicos associados tanto ao Neopositivismo, com a utilização de dados quantitativos e mapeamentos, quanto do Materialismo Dialético, com a utilização de análises e discussões sobre as relações sociedade-natureza numa perspectiva sistêmica.

Essa linha conceitual/metodológica é, portanto, dinâmica e pode ser empregada para analisar o processo evolutivo dos componentes do planeta, numa visão dialética, pois “...tudo flui. Tudo está em movimento e nada dura para sempre” (SUERTEGARAY e NUNES, 2001). Tem como princípio a análise integrada dos elementos do relevo que estão interligadas e não podem ser pensados isoladamente e sim, de forma sistêmica. A concepção dialética do espaço geográfico entende que a natureza humanizada influencia e é influenciada pela sociedade que produz e reproduz o seu espaço.

3.2 Fundamentação teórico-metodológica

Na fundamentação metodológica foram definidos os níveis da pesquisa e os métodos que serão utilizados. Os níveis da pesquisa têm por base Libault (1971) e Ross (2005).

Ross (2005) estabelece duas grandes linhas de pesquisa no campo da Geomorfologia: uma de caráter empírico e outra de caráter experimental. Porém estas linhas de pesquisa não são independentes, ao contrário, se complementam. A pesquisa experimental, apoiada em diferentes técnicas quantitativas, visa dar veracidade aos fatores interpretados empiricamente.

Assim, para Ross (2005), qualquer que seja o caráter da pesquisa, esta deve se pautar em um tripé fundamental que se define:

- a) pelo domínio do conhecimento específico teórico e conceitual;
- b) pelo domínio da metodologia a ser aplicada e
- c) pelo domínio das técnicas de apoio para a operacionalização do trabalho.

Preocupado com um dos elementos do tripé, domínio da metodologia a ser aplicada, Ross (2005) fundamenta-se em Libault (1971), que apresenta uma proposta metodológica genérica e aplicável a diferentes segmentos de pesquisa, tratando de uma modelização representada através de mapas-síntese, gráficos e tabelas que traduzem, de forma mais simples e visual, os produtos da pesquisa, em quatro níveis: Nível Compilatório, Nível Correlatório, Nível Semântico e Nível Normativo.

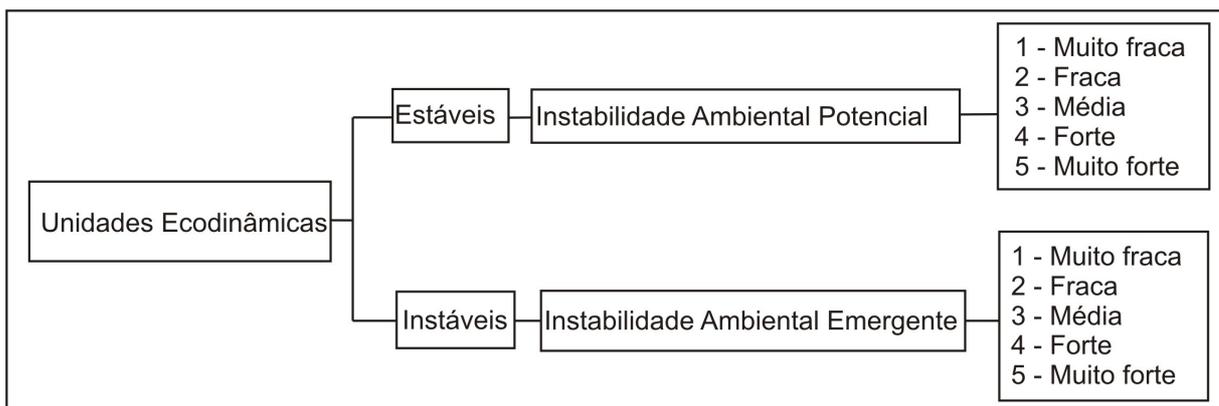
O Nível Compilatório corresponde à primeira fase da pesquisa, feita em duas etapas. A primeira busca a obtenção dos dados de qualquer natureza, informações quantitativas e qualitativas, e a segunda trata da seleção das informações. O Nível Correlativo busca correlacionar os dados para posteriormente estabelecer a interpretação dos fenômenos. O Nível Semântico ou Interpretativo é o que proporciona a elaboração da discussão e análise dos resultados obtidos nas etapas anteriores. Dessa maneira, busca-se investigar de que modo os fenômenos ocorrem e como ocorrem. A quarta e última etapa desta proposta, o Nível Normativo, refere-se à fase na qual o produto de pesquisa se transforma em modelo. Essa modelização é representada através de mapas temáticos e gráficos que traduzem, de forma mais simples e visual, os produtos da pesquisa (LIBAULT, 1971).

Conforme Ross (2005, p. 32), o nível normativo não se refere, exclusivamente, ao estabelecimento de modelos de representação do produto de pesquisa, mas à normatização da aplicação dos resultados da pesquisa elaborada, podendo concretizar-se, por exemplo, numa forma de zoneamento por meio da elaboração de uma legislação de uso e ocupação da terra.

Os métodos de pesquisa aplicados à determinação da fragilidade ambiental têm como base a metodologia do mapeamento da paisagem em Unidades Ecodinâmicas Instáveis e Estáveis propostas por Ross (1994). (Ver página 52 e 53)

Ao desenvolver seu estudo sobre a fragilidade ambiental, Ross (1994) adapta os critérios de avaliação da paisagem utilizados por Tricart (1977) a novos critérios de avaliação do meio físico e biótico, aplicando-os no planejamento territorial divididos em: unidades estáveis - aquelas em equilíbrio dinâmico, porém poupadas das ações humanas e unidades instáveis - aquelas em equilíbrio dinâmico instável potencialmente com ações antrópicas.

Tanto as Unidades Ecodinâmicas Estáveis quanto as Unidades Ecodinâmicas Instáveis, podem ter variações de instabilidade em diversos graus desde Muito Fraca (1) a Muito Forte (5), utilizando números de 1 a 5 para demonstrar os diferentes graus de fragilidade dos ambientes (Esquema 3).



Esquema 3 – Unidades Ecodinâmicas

Fonte: Ross (1994)

Elaboração. NASCIMENTO, M. D. do, 2008

Dessa forma, o presente trabalho de pesquisa teve como base as concepções teórico-metodológicas de análise da potencialidade e da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados de Ross (1994), considerando os critérios estabelecidos por este para definir as Unidades Ecodinâmicas Estáveis e as Unidades Ecodinâmicas Instáveis.

A metodologia da Taxonomia de Relevância proposta por Ross (1992) foi utilizada como parâmetro para o detalhamento do trabalho, não em sua totalidade, mas em parte, principalmente no quesito de mapeamento morfológico, para o qual será aprofundada a questão das formas de relevo de 4º, 5º e 6º Táxon, unidades

morfológicas, tipos de vertentes e formas de processos atuais, evidenciando a morfometria e a morfologia, juntamente com os parâmetros pedológicos, para a elaboração do mapeamento temático ambiental e da classificação da fragilidade ambiental.

De acordo com Ross (1994), dentro desta concepção ecológica, o ambiente é analisado sob o paradigma da Teoria do Sistema que parte do pressuposto que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações, em equilíbrio dinâmico. Esse equilíbrio, entretanto, é frequentemente alterado pelas intervenções do homem, gerando estados de desequilíbrios temporários ou até permanentes. Dessa forma, a abordagem sistêmica é unificadora para os estudos em Geografia Física. Tal afirmação decorre de experiências já efetuadas, sucessivamente na Biogeografia, na Geografia dos Solos, na Climatologia e na Geomorfologia (GREGORY, 1992, p. 218).

3.3 Procedimentos técnicos

Os procedimentos técnicos empregados foram desenvolvidos em três etapas que são: trabalho de gabinete, trabalho de campo e trabalho de gabinete ou escritório (ROSS e FIERZ, 2005, p. 69).

O trabalho de gabinete (etapa 1) teve como objetivo a elaboração da fundamentação teórico/metodológica da pesquisa, a definição da metodologia empregada e a seleção dos documentos cartográficos e materiais de apoio que foram utilizados no decorrer deste trabalho.

Na etapa trabalho de campo (etapa 2) foram utilizadas cartas topográficas, imagens de satélite, GPS e visitas a determinados pontos da área de estudo, com registros fotográficos, a fim de identificar, *in loco*, as feições morfológicas, as formas de vertentes, os usos da terra e os processos atuais individualizados, preliminarmente, no estudo de gabinete, bem como a coleta de dados adicionais e observação empírica da área de estudo, para ajustes no trabalho de gabinete. Estas duas etapas contemplam o Nível Compilatório da pesquisa.

No trabalho de gabinete ou escritório (etapa 3) foram elaborados, ajustados e finalizadas as cartas temáticas ambientais e correlacionados os dados obtidos nessas cartas temáticas para a elaboração das cartas de fragilidade ambiental (Nível Correlativo da pesquisa).

A seguir, foram interpretados e discutidos os resultados obtidos nas cartas de fragilidade ambiental potencial e emergente, atendendo o Nível Semântico da pesquisa. Finalmente, a partir dos resultados obtidos, foram traçadas recomendações sobre o uso e ocupação da área de estudo (nível Normativo da pesquisa).

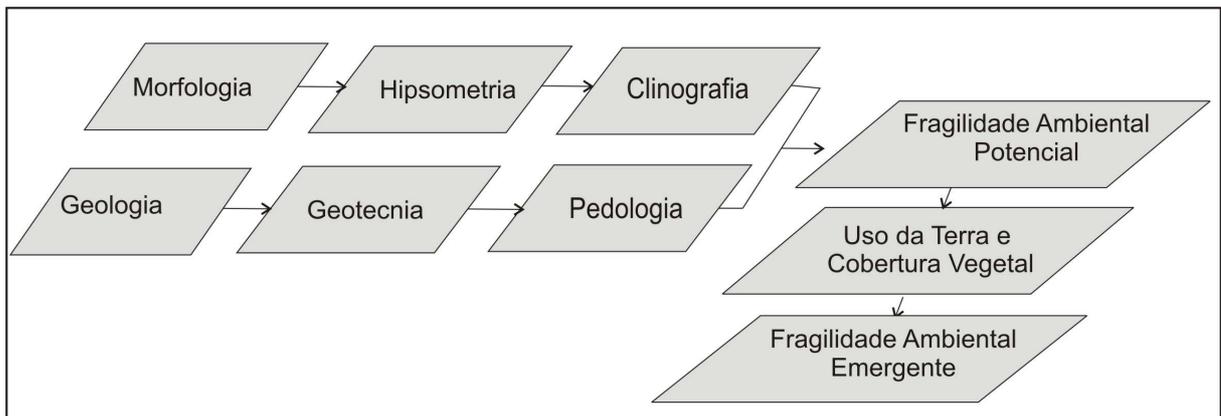
Os documentos cartográficos e materiais de apoio que foram utilizados são os seguintes:

- Cartas Topográficas de Santa Maria, nas escalas 1:250:000, 1:50:000 e 1:25.000.
- Imagens do satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres - CBERS-2B de 25/11/2008, disponível on-line no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE < www.cbers.inpe.br>.
- Aparelho GPS – Sistema de Posicionamento Global, de navegação.
- Software SPRING 4.3, (**S**istema de **P**rocessamento de **I**nformações **G**eo-referenciadas), desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Este Software tem a facilidade de ser escrito em português e de ser de domínio público, o que facilita a sua aplicação no meio acadêmico. O SPRING foi desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e pela IBM (International Business Machines). O SPRING é um sistema para processamento em ambiente UNIX e Windows, que inclui um banco de dados geográficos, o qual permite adquirir, armazenar, combinar, analisar e recuperar informações codificadas espacial e não espacialmente, ou seja, é um sistema que combina funções de processamento de imagens, análise espacial e modelagem numérica do terreno, em um único software (INPE/EMBRAPA, 1993).
- Software Corel Draw 12.
- Câmera digital.

As cartas temáticas dos aspectos físico-naturais (morfologia, hipsometria, clinografia, geologia, geotecnia e pedologia) e dos aspectos antrópicos (uso da terra e cobertura vegetal) foram elaboradas no Sistema de Geoprocessamento SPRING 4.3, onde foram gerados os Planos de Informações (PIs) correspondentes a estas cartas temáticas.

A Carta de Fragilidade Ambiental Potencial foi gerada no sistema de Geoprocessamento SPRING 4.3 através da ponderação das classes de fragilidade das cartas morfológica, pedológica, clinográfica e geológica utilizando as operações de manipulação e análise espacial disponíveis no SPRING (PROGRAMA LEGAL), com pesos igualitários. As cartas hipsométrica e geotécnica não foram ponderadas nas combinações de informações, ficando apenas como parâmetro de comparação e análise.

A Carta de Fragilidade Ambiental Emergente resultou da sobreposição dos Planos de Informação da Carta de Fragilidade Ambiental Potencial e a da Carta de Uso da Terra e Cobertura Vegetal, de acordo com a metodologia proposta por Ross (1994), para análise empírica de fragilidade dos ambientes naturais (Esquema 4).



Esquema 4 – Modelo esquemático representativo de sobreposição de Planos de Informações para o mapeamento da fragilidade ambiental Potencial e Emergente

Elaboração. NASCIMENTO, M. D. do, 2009

A edição final das cartas foi realizada no software Corel Draw, versão 12.0. As cartas, produzidas no módulo SPRINGCARTA foram exportadas no formato PósScript (eps) através do módulo IPLOT do SPRING e editadas no Corel Draw 12.0.

Assim sendo, esta pesquisa teve como base as teorias e metodologias citadas, procurando, de uma maneira mais adequada, adaptar os elementos físicos e de uso e ocupação que fazem parte da paisagem da Região Administrativa Nordeste do Município de Santa Maria às técnicas contempladas nas referidas bases teóricas e metodológicas.

3.3.1 Descrição das técnicas e etapas de elaboração das cartas temáticas

Nesse momento do trabalho são descritos, detalhadamente, os procedimentos metodológicos e técnicos utilizados para a elaboração de cada um dos produtos cartográficos.

3.3.1.1 A Carta Base

A definição dos limites da Região Administrativa Nordeste da sede do município de Santa Maria foi a partir da consulta ao artigo 7º da Lei Complementar N. 042, de 29 de dezembro de 2006 que “cria unidades urbanas, altera a divisão urbana de Santa Maria, dá nova denominação aos bairros e revoga a Lei Municipal N. 2770/86, de 02/07/1986” (PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA, 2006).

A Região Administrativa Nordeste contém seis Unidades de Vizinhança ou Bairros: 1 - Bairro Campestre do Menino Deus; 2 - Bairro Itararé; 3 - Bairro KM 3; 4 - Bairro Menino Jesus; 5 - Bairro Nossa Senhora das Dores e 6 - Bairro Presidente João Goulart. Possui uma área equivalente a 19 km². Cada Unidade de Vizinhança (U.V.) constitui-se do núcleo básico do perímetro urbano, denominado de Bairro, ligando entre si as Unidades Residenciais com características urbanas semelhantes. Cada Unidade Residencial (U.R.) constitui-se das menores unidades urbanas de relação e convivência, ligando uma parcela de unidades habitacionais dentro de um sistema viário, identificada por loteamentos, condomínios residenciais, parques residenciais, jardins residenciais, vilas e outras, distribuídas dentro das Unidades de Vizinhança. (PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA, 2006).

A delimitação da carta base foi elaborada sobre uma base georeferenciada formada pelas cartas topográficas em escala 1:25.000 da Diretoria do Serviço Geográfico (DSG) do Exército Brasileiro: carta topográfica de Santa Maria NE, Folha SH.22-V-C-IV/1-NE e Santa Maria SE, Folha SH. 22 – V – C – IV/1 – SE, em ambiente do sistema SPRING 4.3.

As informações altimétricas foram extraídas da base cartográfica através da vetorização das curvas de nível e pontos cotados. Foram, também, delimitadas as informações planimétricas como rede de drenagem e vias de circulação.

3.3.1.2 A Carta Hipsométrica

Para a elaboração da carta hipsométrica, as altitudes foram subdivididas em 04 classes, com intervalos médios de 70 m, tendo como cota mínima de elevação a curva de nível de 110 m e a cota máxima de elevação a curva de nível de 380 m de altitude. O intervalo das classes foi definido considerando as linhas de ruptura de declive.

A carta hipsométrica foi elaborada a partir da geração de uma grade retangular após a vetorização das curvas de nível e pontos cotados que permitiram construir o Modelo Numérico de Terreno (MNT) no software SPRING 4.3 e posteriormente trabalhados e editados no programa Corel Draw 12.

Conforme Aronoff (1995 apud CÂMARA et al., 1997) um modelo numérico de terreno é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica, vinculada a uma superfície real, e sua principal utilização é o armazenamento de dados de altimetria, para geração de mapas topográficos digitais. Um modelo digital do terreno é elaborado por equações analíticas e representado por uma rede (grade) de pontos regulares e/ou irregulares (TIN - Triangular Irregular Network) (CÂMARA et al., 1997).

A partir da digitalização das curvas de nível, criou-se uma grade triangular irregular para representar a superfície. Na modelagem da superfície por meio de grade irregular triangular, cada polígono que forma uma face do poliedro é um triângulo. Os vértices do triângulo são geralmente os pontos amostrados da superfície. Esta modelagem, considerando as arestas dos triângulos, permite que as informações morfológicas importantes, como as discontinuidades representadas por feições lineares de relevo (cristas) e drenagem (vales), sejam consideradas durante a geração da grade triangular, possibilitando assim, modelar a superfície do terreno preservando as feições geomorfológicas da superfície

A partir da Grade Irregular TIN, elaboraram-se as cartas de altimetria e clinografia. As classes altimétricas foram estabelecidas conforme as altitudes encontradas na área de estudo (Quadro 2).

Para a representação das classes hipsométricas construiu-se a legenda apropriada utilizando-se do círculo psicométrico das cores proposto em Martinelli (1991), que possibilita uma sequência perceptiva ordenada do tema em estudo. Assim, a cor verde representa as menores altitudes (110-130 m), a cor amarela as

altitudes que variam entre 130 e 200 m, a cor laranja para as altitudes de 200 a 270 m, a cor marrom para as altitudes entre 270 e 380 m (Quadro 2).

Classes hipsométricas (m)	
110 – 130	
130 – 200	
200 – 270	
270 – 380	

Quadro 2 - Classes hipsométricas da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2008.

3.3.1.3 A Carta Clinográfica

A carta clinográfica é utilizada para representar a inclinação do terreno em relação ao plano. A carta clinográfica pode ser dada em graus ou em porcentagem. Alguns fatores devem estar ligados para que se determine a declividade do terreno, são eles: o distanciamento entre os pontos e a diferença de nível altimétrico. Segundo De Biasi (1992), os dados de declividade são obtidos através da seguinte fórmula:

$$\frac{D1 = n \times 100}{E}$$

Onde:

D= Declividade, em porcentagem;

n = Equidistância das curvas de nível (desnível altimétrico).

E= Espaçamento entre as curvas de nível (distância horizontal).

Quando as curvas de níveis estiverem mais próximas subentende-se, que a declividade do terreno é mais acentuada e quando elas estiverem mais afastadas a declividade do terreno se apresenta de forma mais suave.

A carta clinográfica foi elaborada com base nas classes de declividades propostas por Ross (1994). Esse autor descreve que para análise de fragilidade do ambiente em terrenos com escalas de maior detalhe como, por exemplo, 1:25.000, deve-se utilizar os intervalos de declividade já consagrados nos estudos de capacidade de uso e aptidão agrícola, associados com aqueles conhecidos como valores limites críticos da geotecnia, que indicam o vigor dos processos erosivos.

Deste modo estas classes são representadas pelos seguintes intervalos: <3, 3 a 6%, 6 a 12%, 12 a 20%, 20 a 30%, 30 a 50% e >50%.

Ross (1994) organizou essas classes em 5 categorias hierárquicas, para que fossem utilizadas na construção de cartas de fragilidade potencial e emergente da seguinte forma:

- muito fraca - até 6%,
- fraca - de 6 a 12%,
- média - de 12 a 20%,
- forte - de 20 a 30% e
- muito forte - acima de 30%.

Essas foram as categorias utilizadas para o presente trabalho (Quadro 3)

Classes de declividades (%)	Categorias hierárquicas de fragilidade	
0 – 6	Muito fraca (1)	
6 – 12	Fraca (2)	
12 – 20	Média (3)	
20 – 30	Forte (4)	
> 30	Muito Forte (5)	

Quadro 3 - Classes de declividades e categorias hierárquicas de fragilidade da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2008.

Para a elaboração da carta clinográfica foi gerada uma grade triangular (TIN), (descrita na elaboração da carta hipsométrica), a partir da vetorização das curvas de nível e pontos cotados, no software SPRING 4.3, da qual se obteve uma grade de declividades.

Para a representação das classes de declividades construiu-se a legenda apropriada utilizando-se do círculo psicométrico das cores proposto em Martinelli (1991), que possibilita uma idéia de intensidade das declividades encontradas. Assim, a cor verde representa as menores declividades (<6%), a cor amarela as declividades que variam de 6 a 12%, a laranja para as declividades de 12 a 20%, a cor vermelha para as declividades de 20 a 30% e a cor marrom para as declividades acima de 30%. A carta foi digitalizado em tela do programa Corel Draw 12.

3.3.1.4 A Carta Geológica

A Carta Geológica foi compilada a partir do georreferenciamento da Carta Geológica, Folha de Santa Maria, escala 1:25.000, elaborada por Maciel Filho (1990) e da vetorização das formações geológicas e processos de dinâmica superficial descritos por este.

Com base nessa Carta Geológica foram individualizadas, na área de estudo, quatro tipos de formações distintas: Formação Santa Maria, Formação Caturrita, Formação Botucatu e Formação Serra Geral (Quadro 4).

Para finalizar a Carta Geológica da R. A Nordeste da sede do município de Santa Maria foi definida a legenda e compatibilizados os contatos geológicos. A definição da legenda obedeceu aos critérios utilizados pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), buscando a completa integração com as legendas das folhas já mapeadas dentro do Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Estes critérios, baseados em normas internacionais amplamente conhecidas e aceitas, propõem cores, simbologia e nomenclatura para identificar unidades litoestratigráficas e estruturas geológicas.

As categorias hierárquicas do grau de fragilidade foram definidas com base nas propriedades geotécnicas de cada formação geológica identificadas por Maciel Filho (1990) e pelas declividades onde são encontradas.

Assim, a Formação Santa Maria foi considerada fraca em relação à fragilidade ambiental devido a sua incidência ser em declividades inferiores a 6%, embora o solo, quando desprovido de vegetação fique sujeito à formação de ravinas que se aprofundam rapidamente e, dessa forma, os taludes devem receber proteção vegetal devido a alta erodibilidade desses materiais. Se, em condições ambientais adequadas torna-se de fraca fragilidade, porém em locais com índice elevados de depósitos fluviais provenientes da Formação Caturrita, a Formação Santa Maria adquire um grau mais elevado de fragilidade, podendo ser considerada de forte a muito forte, devido ao entalhamento e assoreamento do leito do rio, que favorece inundações.

A Formação Caturrita foi considerada de fragilidade média por apresentar baixa resistência à erosão, quando não protegidas pela vegetação. Os taludes de aterros devem receber proteção vegetal, pois esses materiais são altamente erodíveis. A Caturrita é uma Formação complexa, com aquíferos compostos por

camadas semi-permeáveis e impermeáveis. Grande parte dos arenitos possui muito silte e argila expansiva que lhe diminui a permeabilidade. A vulnerabilidade da Formação é proporcional à facilidade de infiltração. Outro fator agravante é o fato de grande parte da urbanização da área de estudo desenvolver-se sobre essa formação e as declividades variarem de 6 a 20%. No entanto, em locais com depósitos de colúvios, essa Formação foi considerada de fragilidade muito forte.

Formações Geológicas	Categorias hierárquicas de fragilidade	
Santa Maria	Fraca (2)	
Caturrita	Média (3)	
Botucatu	Forte (4)	
Serra Geral	Muito Forte (5)	
Santa Maria com depósitos fluviais	Muito Forte (5)
Caturrita com depósitos de colúvio	Muito Forte (5)
Botucatu com depósitos de colúvio	Muito Forte (5)

Quadro 4 - Formações Geológicas e categorias hierárquicas de fragilidade da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2008.

A Formação Botucatu foi considerada de fragilidade forte por apresentar resistência à erosão alta nas partes litificadas, porém nas partes alteradas e solo residual arenoso é baixa. Esta Formação tem um comportamento geotécnico que varia desde rocha dura e muito abrasiva, quando muito silicificada, como em locais próximo ao topo e junto a escarpas, até arenito brando e mesmo areia pouco coesa, quando alterada. Em locais com depósitos de colúvios a fragilidade ambiental dessa Formação aumenta consideravelmente, tornando-se muito forte.

A Formação Serra Geral foi considerada de fragilidade muito forte por ser constituída de basalto que, quando são ou quase são comporta-se como rocha dura, mas quando alterado apresentam fissuras e diaclases que os tornam altamente suscetíveis à intemperização. A pressão da água influencia os depósitos colúviais que podem perder a estabilidade provocando escorregamentos ou queda de blocos.

Como esta Formação, na área de estudo, encontra-se em declividades superiores a 30%, constituindo as encostas da Serra Geral apresenta,

frequentemente, fenômenos de rastejos, indicando a instabilidade dos taludes naturais ou artificiais.

3.4.1.5 A Carta Geotécnica

A Carta Geotécnica da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria foi compilada a partir do georreferenciamento da Carta Geotécnica de Santa Maria, escala 1:25.000, elaborada por Maciel Filho (1990), onde o autor determina os condicionantes à ocupação da cidade de Santa Maria-RS, tendo a declividade e as formas de relevo como parâmetro geomorfológico mais importante para a avaliação da aptidão de uso da área.

Nesta carta foram definidas, conforme Maciel Filho (1990), as áreas sem restrições, desfavoráveis, e não adequadas ao desenvolvimento das atividades urbanas.

As áreas sem restrições são consideradas, nas categorias hierárquicas de fragilidade, de fragilidade fraca. As áreas desfavoráveis como forte e as áreas não adequadas como muito forte (Quadro 5).

Zonas	Categorias hierárquicas de fragilidade	
Sem Restrição	Fraca (2)	
Desfavorável	Forte (4)	
Não Adequada	Muito Forte (5)	

Quadro 5 - Classes das Zonas Geotécnicas e categorias hierárquicas de fragilidade da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2008.

3.4.1.6 A Carta Morfológica

A Carta morfológica foi elaborada a partir da integração das informações altimétricas da carta hipsométrico com as informações da inclinação das vertentes da carta de declividade. Conforme Moreira e Pires Neto (1998, p. 80), “a análise dos atributos morfométricos do relevo permite avaliar o seu grau de energia e sua suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos e deposicionais”. A partir da identificação e análise visual do relevo, foram vetorizadas as unidades morfológicas (4º táxon), presentes na área de estudo.

Na R. A. Nordeste foram identificados três formas de relevo predominantes que são: Planícies Aluviais, Colinas e Morros (Quadro 6).

As Planícies aluviais são superfícies aplainadas por agradação. São terrenos baixos e mais ou menos planos, junto às margens dos rios, sujeitas a inundações periódicas. Ocorrem ao longo das calhas do rio Vacacaí Mirim. Devido à baixa declividade são considerados de fragilidade média.

As Colinas constituem formas de relevo de degradação ou de desgaste por erosão em planaltos dissecados, perfil de vertente retilíneo a convexo e topos aplainados. Constituem topografia pouco movimentada, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis entre 6 a 20%. Devido a grande variação de declividade foi considerada de fragilidade forte.

Formas de Relevo	Categorias hierárquicas de fragilidade	
Planície Aluvial	Média (3)	
Colinas	Forte (4)	
Morros	Muito Forte (5)	

Quadro 6 - Formas de relevo e categorias hierárquicas de fragilidade da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2008.

Os Morros constituem morfologias de superfície de topografia movimentada, com declives fortes. São formas de relevo resultantes de degradação em planaltos dissecados ou superfícies aplainadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados e/ou alongados e de morrotes e morros dissecados, com vertentes retilíneas e côncavas e topos aguçados ou alinhados, com sedimentação de colúvios e alúvios. São considerados de fragilidade muito forte.

3.4.1.7 O traçado dos Perfis

Para uma análise mais detalhada dos setores de vertentes, côncavas, convexas ou retilíneas (5º táxon) foram traçados dois perfis topográficos (A A' e B B'), um na unidade de relevo de morros e outro na unidade de colinas, identificadas na carta morfológica, a fim de verificar a diferença entre essas duas unidades. O local demarcado desses perfis está representado por um traço retilíneo na cor preta,

na Carta Base da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria (Mapa 3, p.110).

3.4.1.8 A Carta de Solos

As classes de solos obtidas e apresentadas nesse trabalho foram compiladas do mapeamento realizado por Pedron (2005), que fez um levantamento de solos da sede do município de Santa Maria, em nível de semidetalhe, considerando as propostas da Embrapa (1995) e Klamt et al. (2000), adaptando-se alguns aspectos necessários a melhor adequação do método e classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (Embrapa, 1999). A escala final de publicação da carta de solos foi 1/25.000. As determinações químicas e físicas das amostras de solos foram realizadas segundo metodologia proposta pela Embrapa (1997).

A carta de solos da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria foi adaptada ao novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, da Embrapa Solos (2005), com o auxílio técnico e conceitual do Prof. Pedron, do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria. O grau de fragilidade dos solos foi definido considerando Pedron (2005), Klamt et al (1997) e Ross (1994).

A carta de solos apresenta os diferentes tipos de solos que recobrem a área de estudo e a partir dele foram extraídas as informações utilizadas no estudo da fragilidade potencial. As classes de solos identificadas na R. A. Nordeste constam no Quadro 7.

O Neossolo Regolítico Eutrófico léptico textura arenosa a média A proeminente relevo suave ondulado a ondulado (RRe2) tendo como material de origem o Basalto da Formação Serra Geral, associado ao Neossolo Regolítico Eutrófico léptico textura média A chernozêmico relevo ondulado (RRe1) com material de origem os Arenitos da Formação Caturrita e o Neossolo Regolítico Eutrófico léptico textura arenosa a média A proeminente relevo suave ondulado a ondulado (RRe2) associado ao Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário textura arenosa A moderado relevo suave ondulado (RLe), originário da Formação Serra Geral foram considerados de fragilidade Muito Forte por serem encontrados no sopé do Rebordo do Planalto, em relevo suave ondulado a ondulado, com 12 a 30 % de declividade e mais que 30%, com susceptibilidade à erosão forte. São solos rasos em declives acentuados.

De acordo com Ross (1994), independente da sua profundidade, os Neossolos litólicos são classificados como sendo de fragilidade muito alta.

O Neossolo Flúvico Psamítico típico textura arenosa A moderado relevo plano a suave ondulado (RUq) que ocorre em áreas de depósitos fluviais de várzeas, sob relevo plano a suave ondulado, com 0 a 6 % de declive e possui como material originário basaltos da Formação Serra Geral e arenitos da Formação Caturrita são solos com susceptibilidade à erosão nula ou ligeira (Klamt et al, 1997), por serem solos de relevo plano, porém apresentarem riscos a inundações e erosões fluviais, quando retirada a vegetação, foram considerados de fragilidade Muito Forte.

O Planossolo Háptico Eutrófico gleissólico textura média/argilosa A proeminente relevo plano (SXe) foi considerado de fragilidade Média. Este solo ocorre em várzeas, sob relevo plano a suave ondulado, com 0 a 6 % de declive. O material de origem é o Membro Alemoa da Formação Santa Maria. A susceptibilidade à erosão conforme (Klamt et al, 1997) é moderada a ligeira, devido a textura arenosa ocorre desmoronamento nos canais de drenagem.

Classes de Solos		Categorias hierárquicas de fragilidade	
Sigla	Classificação		
1. SXe	Planossolo Háptico Eutrófico gleissólico	Média (3)	
2. PVAvd1	Argissolo Vermelho-Amarelo Ta Distrófico abrupto	Média (3)	
3. PVe	Argissolo Vermelho Eutrófico espessarênico	Média (3)	
4. PBa+CAI	Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico típico	Forte (4)	
5. PBACal2 e PBACal3	Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico abrupto	Forte (4)	
6. RRe2	Neossolo Regolítico Eutrófico léptico	Muito Forte (5)	
7. RUq	Neossolo Flúvico Psamítico típico	Muito Forte (5)	
8. RRe2+RLe	Neossolo Regolítico Eutrófico léptico + Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário	Muito Forte (5)	
9. RRe1	Neossolo Regolítico Eutrófico léptico	Muito Forte (5)	

Quadro 7 – Classes de solos da R. A. e categorias hierárquicas de fragilidade da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2008.

O Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico abrupto textura arenosa/média A moderado relevo suave ondulado a forte ondulado (PBACal2 e PBACal3) são solos profundos, com ocorrência no terço médio inferior do morro residual, em relevo suave ondulado (PBACal2) a forte ondulado (PBACal3), com 3 a 45% de declividade. Possui o Membro Alemoa da Formação Santa Maria como material originário, com perfil imperfeitamente drenado, não rochoso e ligeiramente pedregoso. O PBACal3 ocorre em porções mais altas na paisagem e pode ser desenvolvido a partir de arenitos da Formação Caturrita ou Botucatu (Pedron, 2005). Apresenta susceptibilidade à erosão ligeira segundo Klamt et al (1997). Devido a esses motivos foi considerado de fragilidade Forte.

O Argissolo Vermelho-Amarelo Ta Distrófico abrupto textura arenosa/argilosa A fraco relevo suave ondulado (PVAvd1). Segundo Pedron (2005) são bem drenados, ocorrendo no terço médio da coxilha, em relevo suave ondulado com 6% de declive. Possuem como material de origem o Membro Passo das Tropas da Formação Santa Maria, com ausência de pedregosidade e de rochosidade no perfil. A susceptibilidade à erosão segundo Klamt et al (1997) é moderada.

O Argissolo Vermelho Eutrófico espessarênico textura arenosa/argilosa A moderado relevo suave ondulado (PVe). São solos bem drenados, ocorrendo no topo da coxilha, com relevo suave ondulado e declividade de 3 a 12%, com ausência de pedregosidade e de rochosidade. O material originário é o Membro Passo das Tropas da Formação Santa Maria (PEDRON, 2005). A susceptibilidade à erosão é moderada, devido à textura e contraste textural e relevo (KLAMT et al, 1997). Por esses motivos consideraram-se esses solos com fragilidade Média.

O Neossolo Regolítico Eutrófico léptico textura média A chernozêmico relevo ondulado (RRe 1) foi considerado de fragilidade Muito Forte por localizar em declividades entre 12 e 20%, muito pouco pedregoso e pouco rochoso. Possuem como material de origem o Basalto da Formação Serra Geral (PEDRON, 2005). A susceptibilidade à erosão é Forte, solos pouco profundos e relevo com declives acentuados (KLAMT et al, 1997).

A padronização das cores utilizadas foi retirada do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, EMBRAPA Solos (2005) – Convenção de cores para mapas/cartas de solos – segundo Nível Categórico.

3.4.1.9 A Carta de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

As informações relativas ao uso da terra são representadas nesse trabalho pelas atividades antrópicas e pela cobertura vegetal. Este tema é de elevada importância para a avaliação e o mapeamento da fragilidade emergente, uma vez que a ação do homem altera os processos naturais da paisagem.

A cobertura vegetal representa, também, um agente de equilíbrio da paisagem: evitando o impacto direto das gotas de chuva contra o terreno, fato que ocasiona a desagregação das partículas e reduzindo a porosidade do solo; impedindo a compactação do solo, aumentando a capacidade de infiltração do solo, reduzindo assim o escoamento superficial; por manter a sobrevivência de organismos biológicos, e suas relações, que influem também na permeabilidade e porosidade do solo. Portanto, a atuação da cobertura do solo na dinâmica da paisagem está diretamente ligada a sua capacidade de proteção.

Considerando o tipo de uso da terra, Ross (1994) propôs uma classificação de graus de proteção (Quadro 8). Assim, no presente trabalho, as áreas com florestas foram consideradas com grau de proteção muito alto e fragilidade muito fraca. A vegetação campestre (vegetação rasteira), com grau forte de proteção, apresenta fragilidade fraca. As áreas com predomínio de uso agrícola e/ou pastagens apresentam um grau médio de fragilidade e de proteção também média e a área urbana com grau de proteção baixa apresenta fragilidade forte a muito forte.

Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Categorias hierárquicas de Proteção	
Água	Água	
Floresta	Muito Forte (5)	
Vegetação Campestre	Forte (4)	
Uso Agrícola	Média (3)	
Urbana	Fraca (2)	

Quadro 8 - Classes de Uso da Terra, Cobertura Vegetal e categorias hierárquicas de fragilidade da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2008

Fonte: Imagem do satélite CBERS-2B de 25/11/2008.

A Carta de Uso da Terra e Cobertura Vegetal foi elaborada a partir da classificação digital da imagem dos sensores HRC e CCD do satélite CBERS-2B de 25/11/2008. As imagens foram adquiridas no banco de imagens da Divisão de Geração de Informação (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Nas imagens foi realizado o processo de fusão usando a técnica de transformação do espaço de cores RGB para o IHS e de IHS para RGB. A partir disso, foi aplicado o realce sobre as imagens para a análise visual das mesmas. O método da classificação digital supervisionada foi utilizado para obter o mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal.

3.4.1.10 A Carta de Fragilidade Ambiental Potencial

A Carta de Fragilidade Ambiental Potencial foi elaborada através da superposição dos Planos de Informações (PIs) das cartas temáticas de clinografia, geologia, morfologia e de solos. Para que fosse possível realizar a combinação entre os diferentes níveis de informações e representá-los, foi feita uma hierarquização de suas classes e atribuídos valores (pesos). Tal hierarquização foi escalonada, segundo a proposta de Ross (1994) em cinco classes de fragilidade: muito fraca - peso 1, fraca - peso 2, média - peso 3, forte - peso 4 e muito forte - peso 5 (Figura 1). Portanto a primeira etapa para obter as unidades de fragilidade ambiental potencial foi realizar o levantamento dos níveis de informações e organizar as cartas temáticas acima citadas (descritas detalhadamente nos itens 2.4.1.2 a 2.4.1.8).

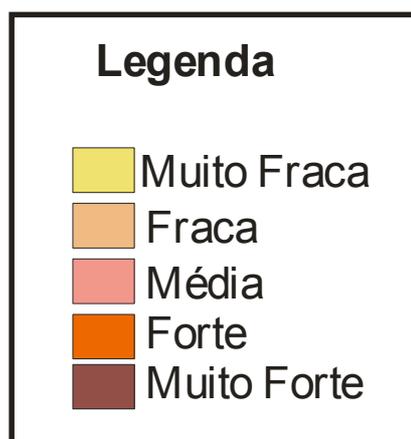


Figura 1 – Legenda das classes de fragilidade ambiental potencial da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

A Carta de Fragilidade Ambiental Potencial reuniu as informações do diagnóstico, a partir da sobreposição de PIs de todas as cartas temáticas elaboradas, em ambiente SPRING, a partir da ponderação das variáveis através da técnica AHP (Processo Analítico Hierárquico) via linguagem de programação LEGAL (Linguagem Espacial de Geo-processamento Algébrico) (Anexo1).

3.4.1.11 A Carta de Fragilidade Ambiental Emergente

A Carta de Fragilidade Ambiental Emergente foi elaborada a partir da ponderação das variáveis através da técnica AHP (Processo Analítico Hierárquico). A combinação das informações dos mapas temáticos de Fragilidade Potencial e Uso do Solo e Cobertura Vegetal foi desenvolvida através da linguagem de programação LEGAL (Linguagem Espacial de Geo-processamento Algébrico) do programa SPRING 4.3 (Anexo 2).

Foi utilizada a média aritmética da fragilidade potencial e do uso da terra e cobertura vegetal, com pesos equivalentes, para representar a fragilidade emergente.

Baseado em perda de solo por tipo de cultivo, Ross (1994) estabeleceu o grau de proteção aos solos pela cobertura vegetal e definiu classes de fragilidade ou graus de proteção de acordo com o tipo de cobertura. Seguindo a classificação de Ross (1994), para as florestas, atribui-se o grau de proteção muito forte (1), para a vegetação intermediária secundária, o grau de proteção forte (2), o uso agrícola, o grau de proteção médio (3) e os locais com forte urbanização, o grau de proteção fraco (4). Estes graus de proteção foram sobrepostos aos graus de fragilidade potencial definidos na Carta de Fragilidade Ambiental Potencial de muito fraco (1), fraco (2), médio (3), forte (4) e muito forte (5), considerando apenas os elementos físicos, sem intervenção humana.

A Carta de Fragilidade Emergente foi hierarquizada em cinco classes de fragilidade: muito fraca - peso 1, fraca - peso 2, média - peso 3, forte - peso 4 e muito forte - peso 5 (Figura 2).

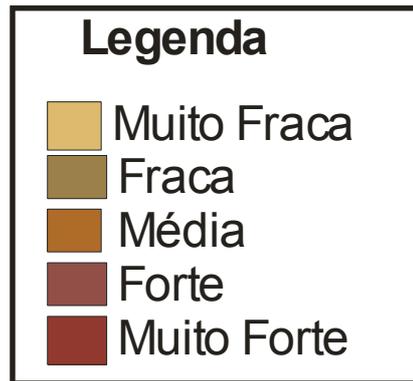


Figura 2 – Legenda das classes de fragilidade ambiental emergente da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

4 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA E DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Localização, aspectos históricos e funcionais do município de Santa Maria e área de estudo

A cidade de Santa Maria está localizada no centro geográfico do Estado do Rio Grande do Sul, em uma área de transição morfológica entre a Depressão Periférica Sul-rio-grandense e a Porção Sul dos Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná. Porém, apresenta a maior parte de sua área inserida no domínio morfoescultural da Depressão Periférica Sul-rio-grandense, com altitudes médias variando em torno dos 100 metros, entre as coordenadas geográficas de 29°39'53" a 29°43'56" de Latitude Sul e 53°50'22" a 53°45' de Longitude Oeste.

Quanto ao processo histórico de urbanização, Santa Maria é caracterizada por períodos definidos, apresentando várias causas que aceleraram o seu processo de ocupação e urbanização.

O município de Santa Maria nasceu de um acampamento militar, que em 1797 realizava a demarcação dos limites entre as duas monarquias ibéricas: Portugal e Espanha. O Tratado Preliminar de Restituição, entre estas duas monarquias, deu início ao povoamento de Santa Maria da Boca do Monte. Os acampamentos militares deram origem à Rua do Acampamento. A comissão demarcadora foi extinta em 1801 e os militares foram retirados, surgindo no local dos ranchos do acampamento poucas construções mais sólidas, construídas por integrantes da guarnição que ficaram com suas famílias e levadas de migrantes oriundos de São Paulo, Paraná e Açores e poucas famílias guaranis vindas das Missões, as quais deram início ao comércio local (BELÉM, 1989).

Em 1819, Santa Maria passa a ser distrito de Cachoeira do Sul. É elevada à categoria de vila e de sede municipal em 1857, desmembrando-se de Cachoeira do Sul. Em 1876 a vila é elevada à categoria de cidade e é inaugurada a iluminação pública movida a querosene (BELÉM, 1989).

Em 1878 é inaugurada a ferrovia ligando a cidade de Santa Maria a Cachoeira do Sul e, posteriormente a Porto Alegre. No ano de 1914, acompanhando a ferrovia, a ocupação do centro urbano expande-se na direção leste. A partir daí Santa Maria se expande, de forma significativa, respeitando apenas as barreiras naturais, condicionantes parciais dessa expansão, como ao norte as encostas

íngremes do rebordo do Planalto e a presença de áreas institucionais, territórios do Governo Federal ou Estadual, como as áreas militares, Base Aérea, UFSM e Distrito industrial (BELÉM, 1989).

Atualmente, na rede urbana brasileira, Santa Maria é classificada, de acordo com o IBGE, como Centro Regional, Nível 2, significando que, com a exclusão da área metropolitana de Porto Alegre, apresenta maior número de relacionamentos regionais.

No sistema urbano gaúcho, Santa Maria é a 5ª maior cidade, segundo a Fundação de Economia e Estatística, RS. É um grande pólo de atração populacional e um importante centro regional. Segundo dados do IBGE (2009), Com quase 150 anos de história, o município de Santa Maria possui uma população de aproximadamente 268.969 habitantes, dos quais 95% residem na área urbana.

Segundo Keller (1968, apud SARTORI, 1979, p. 1) “a região polarizada por Santa Maria é muito extensa e abrange porções do Planalto Central e da Campanha. Atua, portanto sobre espaços bastante heterogêneos”.

As características funcionais urbanas de Santa Maria repousam, principalmente no setor terciário, salientando-se o setor comercial, atendimento médico e educacional (SARTORI, 1979).

A importância do setor comercial deve-se, segundo Sartori

(...), em primeiro lugar, a sua posição no centro do estado e, já que é bem servida por rodovias, atrai a população de várias cidades da região. Neste setor, Santa Maria destaca-se no comércio varejista, atacadista e no comércio especializado abastecendo os municípios vizinhos com produtos de primeira necessidade, ou mesmo de luxo (SARTORI, 1979, p.5).

Sartori (2000) observa que a crescente projeção de Santa Maria como centro educacional a torna o mais importante centro urbano do interior do Rio Grande do Sul. Sua atuação, neste setor, é ampla. Todos os anos milhares de jovens de outras localidades (mesmo fora do estado) se estabelecem à procura das escolas de ensino médio e dos cursos de graduação e pós-graduação oferecidos pelas diversas universidades de Santa Maria, muitas vezes, triplicando o número de pessoas residentes, no período escolar.

A especialização do sistema médico-hospitalar proporcionou para que Santa Maria assumisse importância regional, transformando-se num centro de serviços médicos para as populações dos municípios vizinhos, devido, principalmente, a presença do Hospital Universitário da UFSM (público), do Hospital de Caridade Dr.

Astrogildo de Azevedo, Casa de Saúde, entre outros (SARTORI, 2000). Isso, também faz com que ocorra um grande fluxo de população com migração diária em Santa Maria.

Conforme Sartori (1979), o setor secundário ocupa um percentual de população ativa inferior ao setor primário. A industrialização não tem muita expressão e é pouco diversificada. No geral, são indústrias de pequeno e médio porte, voltadas para o beneficiamento de produtos agrícolas ou para os setores mobiliários, metálicos, calçadistas, de laticínios, de bebidas, entre outros.

A indústria da construção civil tem aumentado cada vez mais sua importância nos últimos anos e vem promovendo significativas alterações na topografia do espaço urbano santa-mariense, sobretudo nos bairros centrais da cidade.

O crescimento da malha urbana encontra alguns condicionantes topográficos, como a sudeste do sítio, em que morros testemunhos resultantes do recuo do Rebordo do Planalto, limitam, em parte, a expansão nesta direção. Por outro lado, segundo Sartori (2000), nos setores sudoeste, oeste e noroeste e no extremo leste encontram-se limitantes de outra natureza, representado pelas instituições militares, que impedem o desenvolvimento da malha citadina.

A atuação do capital tem grande influência na ocupação, predominando na organização descontínua e confusa da área urbana, pela maneira desigual de como ocorre a valorização do capital dentro da cidade. Os setores capitalistas, necessitando de terras urbanas para o desenvolvimento de suas atividades valorizam seus capitais na utilização e transformação do solo sendo, portanto, responsáveis pela formação dos preços fundiários, influenciando o crescimento e o modelo espacial da cidade, pelo setor imobiliário.

Segundo o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Santa Maria (2006) a sede do município está dividida em 41 bairros, agrupados por Regiões Administrativas, para melhor atendimento do Poder Público. São elas:

- Região Administrativa Centro Urbano: Centro, Bonfim, Nonoai, Nossa Senhora de Fátima, Nossa Senhora de Lourdes, Nossa Senhora do Rosário e Nossa Senhora Medianeira;
- Região Administrativa Leste: Camobi;
- Região Administrativa Norte: Carolina, Caturrita, Chácara das Flores, Divina Providência, Nossa Senhora do Perpétuo Socorro e Salgado Filho;

- Região Administrativa Centro-Leste: Diácomo João Luiz Pozzobon, Cerrito, Pé-de-Plátano e São José;
- Região Administrativa Nordeste: Campestre do Menino Deus, Itararé, Km3, Menino Deus, Nossa Senhora das Dores e Presidente João Goulart;
- Região Administrativa Sul: Lorenzi, Tomazetti, Urlândia e Dom Antonio Reis;
- Região Administrativa Centro-Oeste: Duque de Caxias, Noal, Passo D'Areaia, Patronato e Uglione;
- Região Administrativa Oeste: Agro-Industrial, Boi Morto, Juscelino Kubistchek, Pinheiro Machado, renascença, Nova Santa Marta, São João e Tancredo Neves.

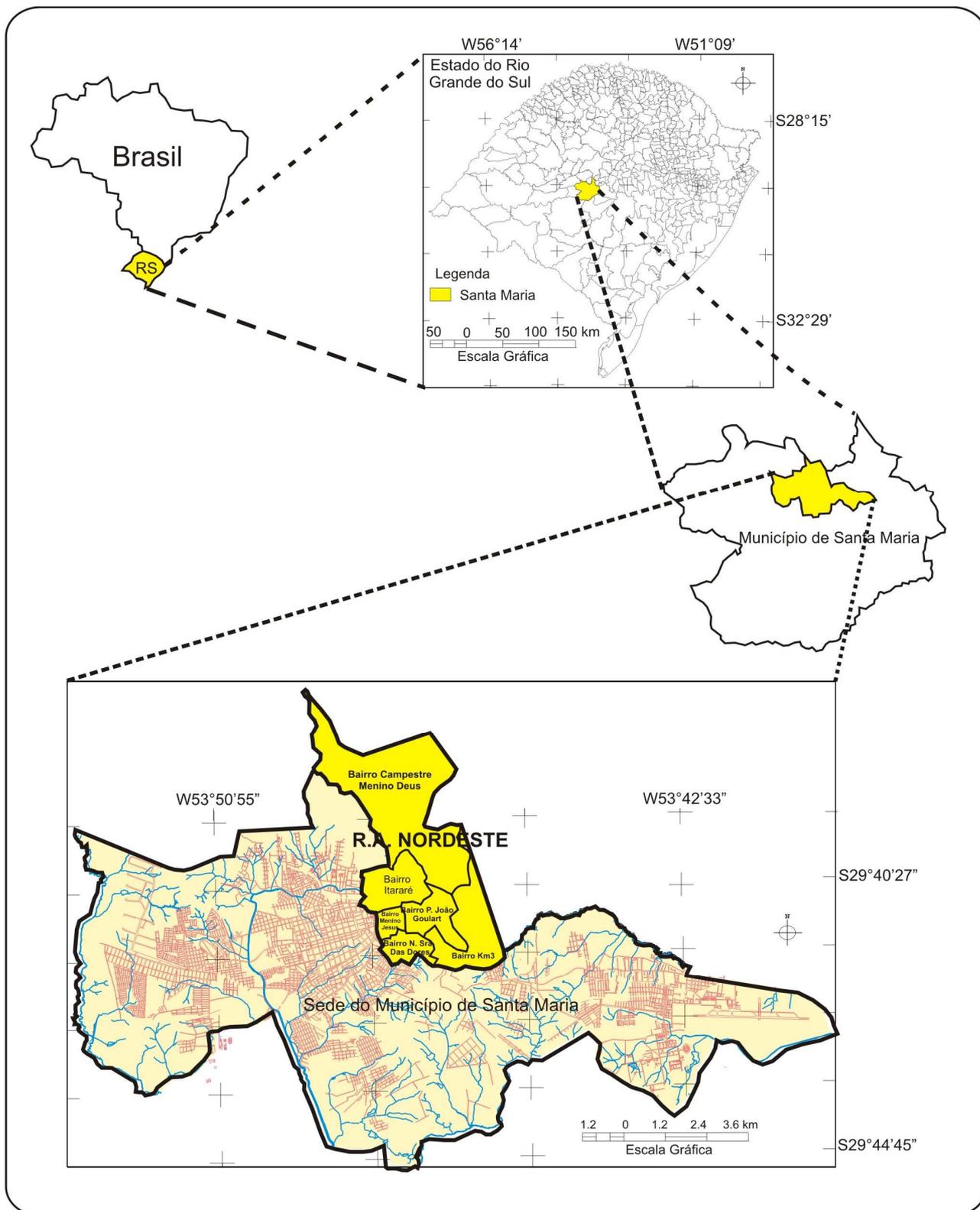
A Região Administrativa Nordeste (Mapa 1), objeto do presente estudo, no contexto urbano de Santa Maria, está situada na porção nordeste da sede do município, entre as coordenadas geográficas de 29°37'30" a 29°41'30" de Latitude Sul e 53°46'00" a 53°49'00" de Longitude Oeste, ocupando uma área de 19 Km² e com uma população total de 26.925 habitantes (IBGE, 2000).

Esta área vem sendo submetida à ocupação urbana, principalmente, de forma irregular, que incide, em particular, na área de transição do Rebordo do Planalto, localizada entre a Porção Sul dos Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná ao norte e a Depressão Periférica Sul-rio-grandense, nas planícies aluviais do rio Vacacaí-Mirim, ao sul.

Os bairros (U.R. Unidades Residenciais) que compõe a R. A. Nordeste são os seguintes: Campestre do Menino Deus, Itararé, Km3, Menino Jesus, Nossa Senhora das Dores e Presidente João Goulart.

O bairro Campestre do Menino Deus é composto pelas Unidades Residenciais Menino Deus, Perau, Rincão do Soturno, vila Dutra, vila Garibaldi, vila Menino Deus e vila Pires. Possui uma área de 10.6 Km². Segundo Goldani et al (2008) a ocupação do bairro Campestre do Menino Deus se deu ao longo do entorno da sub-bacia do rio Vacacaí Mirim, ao norte da barragem do DNOS e morro do Cechela.

O bairro Campestre do Menino Deus apresenta impacto ambiental causado, principalmente, devido á apropriação do espaço pelas comunidades irregulares que se encontram no seu entorno exercendo uma forte pressão antrópica sobre áreas de preservação ambiental (GOLDANI et al, 2008).



Mapa 1 – Localização da área de estudo

Fonte: Mapa Informativo de Santa Maria. 41ª Edição, Escala 1:25.000, 2007.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2007

Segundo o levantamento sócio-econômico-ambiental aplicado nesse bairro no ano de 2005 por Goldani et al (2008) os principais problemas detectados foram a

grande quantidade de lixo depositado em locais inadequados como ao longo dos rios, nas matas e em grandes declividades consideradas área de preservação permanente e os problemas com o saneamento básico que vem se agravando na sub-bacia com a ocupação humana desorganizada onde o destino do esgoto sanitário é de 45% feito em fosso negro, 25% escorre a céu aberto e 22% utilizam a fossa séptica. A preocupação maior é com o destino do esgoto a céu aberto, despejado sem nenhum tratamento.

O bairro Itararé é composto pelas Unidades Residenciais Itararé, vila Bela Vista, Canário, Loteamento Link, Possadas, vila Burger, vila Felipe Menna Barreto, vila Kruel, vila Nossa Senhora Aparecida, vila Pércio Reis, vila Popular Oeste e vila Popular Leste e possui uma área de 2,31 Km². Caracteriza-se por ser bem urbanizado e destina-se, exclusivamente ao uso residencial. Possui elevada presença de vegetação do tipo arbórea e fraco fluxo de veículos e pessoas.

Segundo dados da Secretaria do Estado da Cultura do Rio Grande do Sul (2002), o bairro Itararé teve início em função da construção da rede ferroviária no município de Santa Maria e sua evolução sempre esteve atrelada à forma como se deu o desenvolvimento da malha ferroviária nesse município. Caracterizou-se, por muitos anos, como pólo econômico do município, alojando uma parcela significativa da população com alto poder aquisitivo, dado os elevados níveis de renda oriundos da empresa ferroviária local.

No entanto, a partir do fechamento das oficinas em torno dos anos 90 e o encerramento das atividades mais precisamente em 1997, o bairro Itararé passa a enfrentar uma nova realidade, alterando sua dinâmica de espaço, dinamismo econômico e ponto de referência no município. Atualmente o bairro encontra-se em decadência econômica e populacional. A maioria dos moradores são ex-funcionários da viação férrea ou parentes diretos desses trabalhadores. A disponibilidade de imóveis é ampla e esses são, geralmente, vendidos a valores abaixo dos valores de mercado. A inexistência de investimentos privados e a ausência de investimentos públicos estabeleceram uma nova realidade, na qual, o próprio município busca, a mais de uma década, alternativas econômicas para sanar as dificuldades existentes, mas que até o momento, apresenta poucas alternativas para alterar este cenário.

Uma das poucas alternativas que tem se apresentado viável, nos diagnósticos públicos até aqui efetuados, apontam para a atividade turística enquanto opção de desenvolvimento do bairro, principalmente em função da herança da estrutura da via

férrea e os monumentos existentes na área, mas que até o presente momento, segundo a população residente, não tem influenciado em seu cotidiano.

O bairro Km3, com uma área de 3,48 km², tem como Unidades Residenciais o Km 3, a vila Anacleto Correa, a vila Bilibio, a vila Dr. Wautier, a vila Favarin e a vila Palmares.

O Bairro Menino Jesus é composto pelas seguintes Unidades Residenciais: Menino Jesus, vila Leste, vila Major Duarte (parte fica no Bairro Centro) e vila Ponte Seca. Possui uma área de 0,59 Km².

O Bairro Nossa Senhora das Dores possui as seguintes Unidades Residenciais: Dores, loteamento Bela Vista, loteamento Londero, vila Cassel, vila Palotina, vila Roemer; vila Rossato, vila São Luiz, vila Sinhá e vila Tombési. Possui uma área de 1.08 Km² para 6.109 habitantes (IBGE, 2000). Localiza-se na proximidade do bairro Centro e caracteriza-se por ser um bairro bem urbanizado, destinado ao uso residencial, com elevada densidade populacional, em torno dos 5.656 Hab/km², onde predominam as edificações mais baixas, com exceção da Avenida das Dores, onde destacam-se as edificações mais elevadas e grande concentração comercial com intenso fluxo de veículos. A presença de vegetação é bem significativa nas ruas e principalmente nos pátios e quintais das casas. Caracteriza-se, também, por ser um bairro de classe média estritamente residencial e comercial. É o bairro mais urbanizado da R. A. Nordeste.

O Bairro Presidente João Goulart possui as seguintes Unidades Residenciais: João Goulart; Vila Fredolina; Vila Nova; Vila Operária e Vila Schirmer. Possui uma área de 1.75 km². O arroio Vacacaí-Mirim e a Linha Férrea foram os principais pontos de atração populacionais para este bairro. O arroio, no início da formação do bairro propiciava aos seus habitantes uma área de lazer. Atualmente, devido a crescente urbanização desordenada, tal arroio encontra-se poluído e sem condições de qualquer tipo de uso. Quanto a via férrea, esta serviu como atração populacional, na época de sua construção, atraindo para suas proximidades um contingente de funcionários da Rede Ferroviária Federal que foram ali residir, buscando a proximidade do local de trabalho. Alguns destes funcionários ou seus descendentes residem neste local até os dias de hoje.

4.2 Caracterização física e ambiental do município de Santa Maria e da área de estudo

O município de Santa Maria caracteriza-se por um relevo regional diversificado. Ao norte da cidade encontra-se o Planalto e Chapadas da Bacia do Paraná e ao sul, a Depressão Periférica Sul-Riograndense, sendo que, a maior parte do município está inserida na Depressão Periférica. Fazendo contato entre essas duas zonas encontra-se o Rebordo do Planalto, profundamente dissecado e constituído por escarpas e morros testemunhos, mantidos por camadas de rochas da formação Serra Geral, intercaladas por arenitos intertraps, por arenitos eólicos da formação Botucatu e os fluviais da formação Caturrita (ROSS, 2003; SOUZA, 2001).

Por localizar-se em uma faixa de transição morfológica apresenta dois conjuntos fisiográficos distintos: Rebordo do Planalto e Depressão Periférica. O Rebordo do Planalto caracteriza-se, principalmente, por derrames basálticos fissurais, apresentando-se, como uma área de solos rasos em declividades acentuadas, originalmente coberta por florestas subtropicais de grande porte (MACIEL FILHO, 1990).

Conforme Maciel Filho (1990), a Depressão Periférica Sul-rio-grandense apresenta-se com declividades suaves, solos profundos de origem sedimentares e bem drenados, originalmente coberta por campos e vegetação rasteira, intercalado com vegetação subarborescente.

O município apresenta uma forte ligação com a exploração dos recursos naturais, com atividades agrícolas tanto no Rebordo do Planalto quanto na Depressão Periférica. Nas áreas localizadas no Rebordo do Planalto, a agricultura familiar produz principalmente fumo, batata e milho. A agricultura trouxe como consequências o desmatamento das florestas subtropicais, sendo que grande parte da agricultura ocupa áreas com diversas restrições morfopedológicas, não encontrando formas de se modernizar. A Depressão Periférica é explorada com cultivos de arroz, soja e pecuária e caracteriza-se por ser uma área de campo sem restrições ao uso de tecnologias (RUNHOFF et al, 2003).

O sítio urbano de Santa Maria está assentado sobre área sedimentar com duas características distintas em função de seu embasamento geológico.

O centro da cidade, que corresponde ainda hoje ao núcleo original, está assentado sobre a formação Caturrita, constituída por arenitos intercalados com clásticos finos de origem fluvial e segundo Sartori (2000, p. 200), “encontra-se o

setor mais elevado da área sedimentar (150m), com declividades entre 6,9% e 8,3% (Mapa 2), constituindo-se no divisor d'água entre as principais mini-bacias do sítio: as dos afluentes do rio Vacacaí-Mirim (a leste) e as do Arroio Cadena (a oeste)".

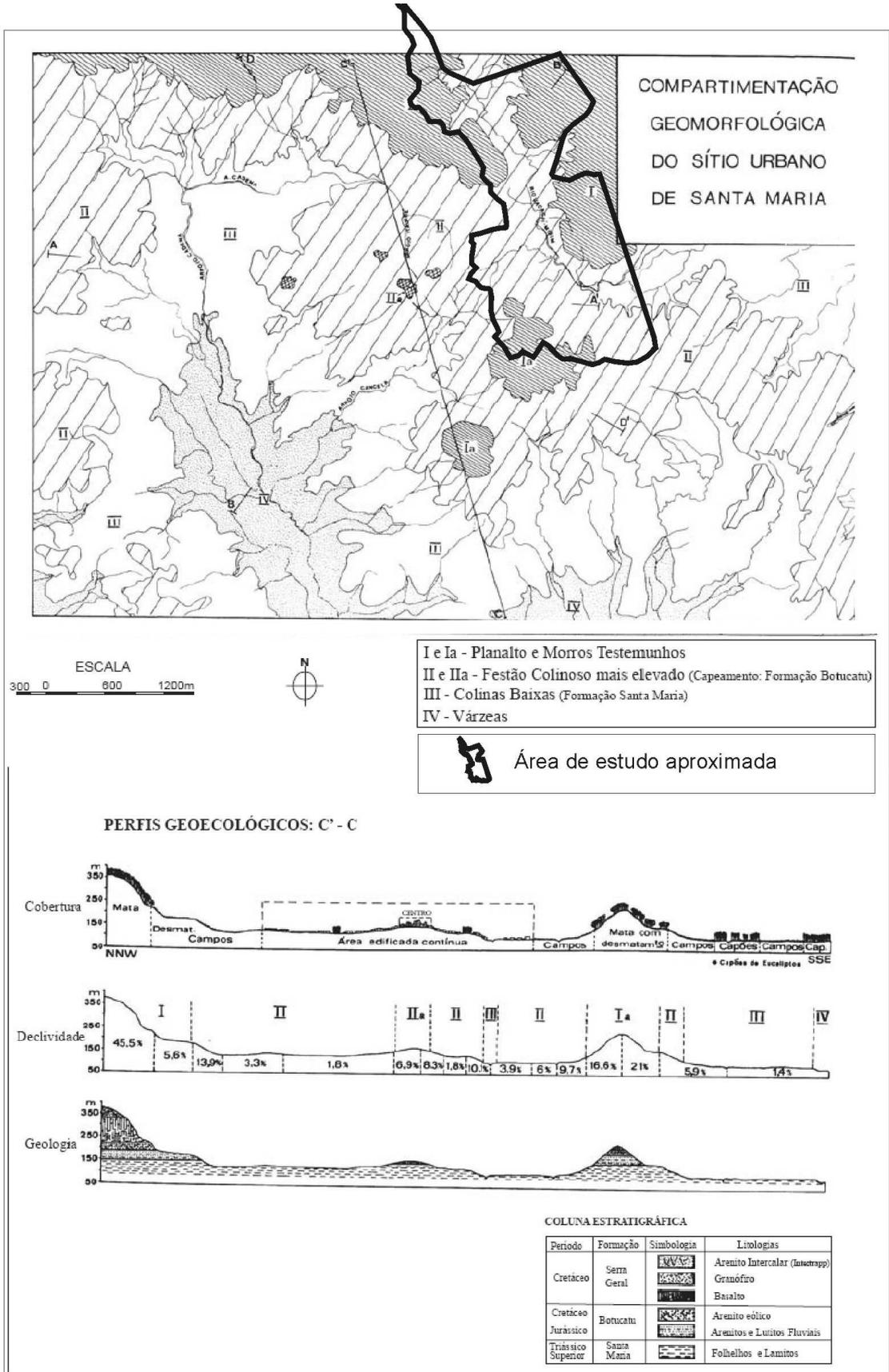
Assim, o núcleo central urbano está concentrado, principalmente, no compartimento denominado por Sartori (1979) de "festão colinoso mais elevado", vindo a constituir-se no setor mais elevado do sítio urbano, com vertentes alongadas e bem definidas, estendendo-se no sentido das periferias da cidade (Mapa 2).

O centro da cidade também apresenta a maior densidade horizontal e desenvolvimento vertical das edificações mais altas, vindo a alterar a topografia natural.

No entanto a maior parte do perímetro urbano do município de Santa Maria encontra-se, sobre a formação Santa Maria, do Triássico, pertencente à era Mesozóica, que compreende as litologias que estão entre a Formação Rosário do Sul (inferior) e Formação Caturrita (superior). Esta formação caracteriza-se por uma topografia suave de coxilhas baixas, com declividades inferiores a 6% e altitudes que não ultrapassam os 100 metros. A formação Santa Maria divide-se em dois membros com características próprias: o membro Passo das Tropas (inferior) constituído predominantemente por arenitos grosseiros a médios, de cores amarela e rosa-avermelhada intercalados com camadas de siltitos arenosos de cores vermelhas e púrpuras, indicativos de ambiente fluvial; e o membro Alemoa, constituído por siltitos argilosos maciços (lamitos) de cor vermelha, podendo ocorrer intercalado com cor cinza claro. Ocorrem também Terraços Fluviais Pleistocênicos constituídos por conglomerados, arenitos médios argilosos e siltitos arenosos fluviais; e sedimentos aluviais recentes, representados por cascalhos, areias, siltes e argilas fluviais (MACIEL FILHO, 1990; SARTORI, 1979).

Na Região Administrativa Nordeste da sede do município de Santa Maria (área de estudo), além da formação Santa Maria que ocupa 12,8% da área, é encontrado a Formação Caturrita, a Formação Botucatu e a Formação Serra Geral.

A formação geológica predominante é a Caturrita (58,5%), que consiste de arenitos finos a médios, com cores rosa a cinza - claro e matriz argilo - síltica. Compõem camadas de grande presença que se intercalam ou passam lateralmente a siltitos e folhelhos micáceos avermelhados. Os arenitos mostram estratificação cruzada acanalada e tabular. Essa formação apresenta-se com fácies arenosas de origem fluvial (MACIEL FILHO, 1990).



Mapa 2 – Quadro Geoecológico/Geomorfológico de Santa Maria-RS

Fonte: Sartori (1979, p.129) com adaptações de Saydelles (2005, p. 115).

Org.: NASCIMENTO, M. D. do, 2007.

As rochas da Formação Caturrita são caracterizadas pela maior frequência de ocorrência de arenitos e podem ser interpretadas como depósitos de um sistema fluvio-deltáico, com depósitos de barra de desembocadura, possíveis depósitos de prodelta e níveis de paleossolos associados lateralmente a fácies de canal fluvial.

Exposta nas porções intermediárias e basais da Encosta da Serra Geral, a Formação Botucatu (13,8% da área) é constituída por arenitos médios a finos, com cores rosa - claro a avermelhado. Apresenta estratificação cruzada tangencial de grande porte. O arenito Botucatu representa sequências eólicas (MACIEL FILHO, 1990).

A Formação Serra Geral (14,9% da área) corresponde ao Planalto e Chapadas da Bacia do Paraná. Essa formação originou-se do vulcanismo fissural que ocorreu na bacia do Paraná. A Formação Serra Geral é reconhecida por três tipos litológicos distintos: basaltos e andesitos toleíticos (negros, subfaneríticos, maciços ou vesiculares); riodacitos e riolitos do tipo Palmas (afíricos, com textura e matriz granofírica); quartzo latitos e riolitos do tipo Chapecó (porfíricos com textura vitrofírica).

O conhecimento da geologia de uma área é de grande importância, pois permite a compreensão da gênese e composição dos solos, o que auxilia nos estudos direcionados a questões de fragilidade da cobertura pedológica.

O solo encontrado sobre os arenitos do Membro Passo das Tropas, de relevo mais suave ocorre predominantemente PV – Podzólico Vermelho-Amarelo,³ que apresenta variações significativas, principalmente em relação ao horizonte A, mais espesso nas áreas de relevo mais suave e, a quantidade de mosqueados e concreções de óxidos de ferro no topo do horizonte B mais abundante nas zonas de presença d'água.

Sobre o Membro Alemoa, da Formação Santa Maria, ocorrem coxilhas mais amplas e suaves, sendo identificadas no mesmo as classes de solos PE - Podzólico Vermelho-Escuro⁴ e PV - Podzólico Vermelho-Amarelo no topo e terço superior das coxilhas; PB - Podzólico Bruno-Acinzentado⁵ e PT - Plintossolo no terço médio

³ PV – Podzólico Vermelho-Amarelo - No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2005), da Embrapa Solos esta classificação corresponde à classe categórica dos Argissolos (P).

⁴ PV – Podzólico Vermelho-Escuro - No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2005), da Embrapa Solos esta classificação corresponde à classe categórica dos Argissolos (P).

⁵ PV – Podzólico Vermelho-Bruno-Acinzentado - No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2005), da Embrapa Solos esta classificação corresponde à classe categórica dos Argissolos (P).

inferior das mesmas, podendo ocorrer PL - Planossolos, GH - Gley Húmico, GP - Gley Pouco Húmico⁶ e Bv – Brunizém Vértico no terço inferior das coxilhas, onde é comum a ocorrência de um processo erosivo resultando na formação de ravinas ou sangas, como são denominados localmente. Ao longo destas ravinas em geral ocorrem Planossolos cuja formação parece estar associada ao processo de destruição de argilas, devido aos frequentes ciclos de oxidação e redução.

Os Terraços Fluviais apresentam relevo ondulado a suave ondulado formando coxilhas com ombro de encosta bem definido, onde ocorrem PV – Podzólicos Vermelho-Amarelos com sequência de horizontes A, E, Bt e A, BA, Bt, com textura superficial areia franca.

Nas Planícies com sedimentos aluviais recentes ocorrem as classes Planossolo, Gley Húmico e Gley Pouco Húmico, em associação, sendo muitas vezes difícil à delimitação destas classes de solos, devido provavelmente à prolongada influência do processo de regressão erosiva da borda do Planalto Sul-rio-grandense, com aporte de sedimentos para as áreas baixas além da contribuição de sedimentos da Formação Santa Maria e do Terraço Fluvial Pleistocênico. Esta sequência de perfis de acordo com o relevo - topossequência- e material de origem é a mais comum na Depressão Periférica Sul-rio-grandense (ALMEIDA et al, 2004).

Dalmolin et al (2006) realizaram um estudo sobre a Relação Solo-Paisagem no Rebordo do Planalto do RS e verificaram que neste local, solos mais desenvolvidos como Nitossolos, Argissolos e Chernossolos são achados em superfícies geomórficas mais estáveis, como topo do Planalto, nos terraços do rebordo e nas coxilhas onduladas e suaves onduladas da Depressão Periférica. Solos menos desenvolvidos como os Neossolos Litólicos e os Cambissolos ocorrem em relevos mais acidentados do rebordo. Solos hidromórficos como os Planossolos e Gleissolos predominam nas planícies aluviais.

O município de Santa Maria está submetido ao clima regional e as suas características de constância pluviométrica e variabilidade térmica (SOUZA, 2001). Dessa forma, o clima predominante no município de Santa Maria, de acordo com os critérios de classificação de Köppen (1846-1940), baseado nos elementos climáticos como temperaturas médias anuais e totais pluviométricos, além da vegetação, se enquadra no tipo Cfa, clima subtropical, úmido em todas as estações, com verão

⁶ Gley Húmico e Gley Pouco Húmico - No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2005), da Embrapa Solos esta classificação corresponde à classe categórica dos Gleissolos (G)

quente, temperatura média anual de 19,4 °C, oscilando entre 30 °C no verão e médias inferiores a 18 °C no inverno. As chuvas normalmente bem distribuídas variam entre 1.300 a 1.800 mm ao ano sendo os meses de maio e junho os de maior precipitação e umidade relativa entre 75% e 95% (AYOADE, 1991).

A região central do estado apresenta características climáticas controladas pela atuação das massas Polar Atlântica e da Tropical Atlântica. Os elementos climáticos (temperatura, pressão, vento, umidade, entre outros), são influenciados, principalmente pela latitude, relevo (rebordo do planalto), continentalidade, vegetação e urbanização.

Segundo Sartori (1979), a área apresenta um clima mesotérmico brando, sem estação seca definida e com índices pluviométricos anuais entre 1.500 a 1.700mm.

Sartori (1979) afirma que 90% dos dias do ano, em Santa Maria, são dominados pelos sistemas produtores de tempo de origem polar (massas de ar e frentes), perfazendo um ciclo que se inicia com a fase pré-frontal, com duração de um a três dias, ventos do quadrante Norte (fortemente evidenciado em Santa Maria), dominado pelo Anticiclone Polar Atlântico, seguido da fase frontal, definida pela passagem da Frente Polar Atlântica em que ocorrem, habitualmente, precipitações e os ventos não tem direção e velocidade definida. A terceira fase é a do domínio polar, correspondente ao domínio absoluto da massa Polar Atlântica, em que ocorre declínio na temperatura, ventos do quadrante Sul, Sudeste e Sudoeste e céu limpo. Após essa fase inicia-se a transicional, que se caracteriza por ser uma fase de transição entre o domínio da massa Polar e a nova fase pré-frontal. Nesse caso, há o domínio da Massa Polar modificada pelo aquecimento basal, pode ser denominada Polar Velha ou Tropicalizada. Esse ciclo renova-se a cada sete dias, mais ou menos, tanto no inverno como no verão, com algumas diferenciações quanto à trajetória do deslocamento das massas de ar.

A vegetação da região compreende basicamente formações florestais. Floresta Subtropical, latifoliada de espécies semicaducifólias, encontrada no rebordo do planalto, ao longo dos vales, em regiões de grande declividade, compreendendo formações montanas e submontanas; formações campestres, campos cobertos por gramináceas contínuas, entremeadas de subarbustos isolados e formações especiais, correspondentes a matas de galeria e vegetação ribeirinha (IBGE, 1986).

Na R. A. Nordeste predominam a vegetação original da floresta estacional semi-decidual, com formações florestais e ecossistemas inseridos no bioma da Mata

Atlântica. Esse fator promove Santa Maria como o portal sul da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, segundo a lei complementar municipal n° 034 de 29 de dezembro de 2005, que institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA).

Esse quadro geomorfológico, geológico, pedológico, climático e de vegetação define o padrão de drenagem, que por sua vez, exerce grande influência no modelado do relevo, no tipo de solo, no clima local e na vegetação. O município de Santa Maria está situado na região que coincide com o baixo divisor de águas que separa a bacia do Vacacaí-Jacuí, pertencente à bacia Atlântica, da bacia do Ibicuí, pertencente à bacia do Uruguai (SARTORI, 1979). A R. A. Nordeste faz parte da bacia do rio Vacacaí Mirim.

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo constitui-se da apresentação dos dados primários e secundários obtidos através dos procedimentos metodológicos e técnicos descritos no capítulo da metodologia. Constitui-se, também, da interpretação, discussão e análise dos resultados obtidos no presente trabalho.

5.1 Apresentação e discussão das Cartas Temáticas individuais

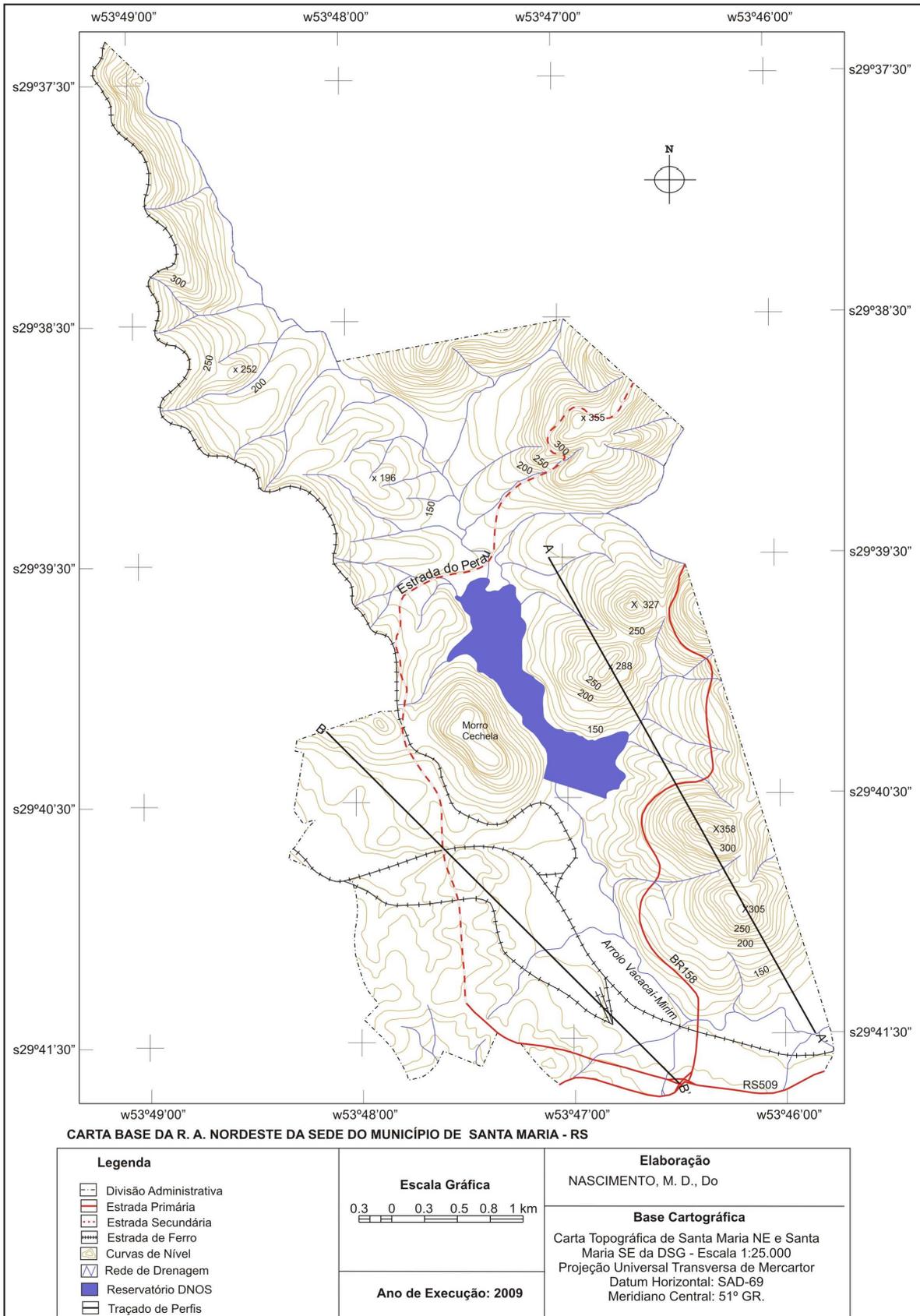
Este item procura realizar uma análise dos elementos físicos e antrópicos da área de estudo a partir dos vários produtos cartográficos, buscando correlacionar os elementos registrados.

5.1.1 A Carta Base

Através da análise da Carta Base (Mapa 3), tem-se uma noção preliminar de como se comporta a fisionomia topográfica dos diferentes elementos e formas que configuram o relevo e a rede de drenagem. Através do traçado das curvas de nível verifica-se que a leste, próximo a BR158 e em torno do reservatório do DNOS (Departamento Nacional de Obras e Saneamento) predominam formas com contornos convexos e com radiais côncavos. A configuração das curvas de nível nesses setores tem valores crescentes de jusante para montante. Ao sul, nas margens do Vacacaí Mirim, ao longo da estrada de ferro e da RS509 o traçado das curvas de nível é mais distante uma da outra, o que remete a terrenos mais planos, predominando as planícies do Vacacaí Mirim.

Analisando o valor das curvas de níveis, cujas equidistâncias são de 10 metros, e os pontos cotados verifica-se que a topografia apresenta altitudes variadas, demonstrando assim, ser um segmento com grandes variações altimétricas, sendo que as maiores cotas se situam ao redor de 380 m, onde dominam as amplas e alongadas formas de topos convexos ou planos, cujas encostas caem abruptamente em direção ao vale.

Essa configuração revela uma topografia de degraus ou patamares que decaem em direção às terras mais baixas e apresentam escarpas abruptas, dependendo da intensidade da ação erosiva. As menores cotas situam-se em torno dos 110 metros e correspondem às planícies aluviais do Vacacaí Mirim.



Mapa 3 – Carta Base da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Fonte: Cartas topográficas de Santa Maria NE e SE da DSG, escala 1:25000.
 Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

Considerando Christofolletti (1974) pode-se classificar a rede de drenagem da área de estudo, de acordo com o escoamento global, como exorreica, pois o escoamento das águas se faz de modo contínuo até o oceano. De acordo com a linha geral do escoamento em relação à inclinação das camadas geológicas classifica-se como consequente, por ter o seu curso determinado pela declividade da superfície, coincidindo com a inclinação principal das camadas, formando cursos com lineamento quase reto em direção as camadas mais baixas. Quanto ao critério geométrico a disposição fluvial obedece ao padrão de drenagem dentrítico (SOUZA, 2001), porém, observam-se na carta base características de paralelismo, pois os cursos de água secundários escoam quase que paralelamente uns aos outros.

Esse instrumento cartográfico, entre outros, contribuiu para a realização dos outros mapas temáticos ambientais e para a escolha dos locais para os testes de campo. Possibilitou, também, o reconhecimento prévio da área de estudo, auxiliando na escolha dos critérios para a definição das unidades ecodinâmicas.

5.1.2 A Carta Hipsométrica

Os estudos hipsométricos fornecem uma noção do relevo e são importantes para os estudos dos processos erosivos, principalmente através do escoamento superficial da água. A configuração topográfica de uma área de drenagem está estritamente relacionada com os fenômenos de erosão que se processam em sua superfície.

Os mapas hipsométricos permitem uma melhor identificação dos setores de maiores e menores altitudes de uma determinada área. Segundo De Biasi (1992), o mapa hipsométrico é uma representação gráfica do relevo que é analisado pela variação das diferentes altitudes do terreno com referência do nível médio do mar. Esta representação é feita a partir das curvas de nível da área a ser mapeada, ou seja, linhas que em intervalos iguais ligam pontos de igual altitude ou cota.

Para Queiroz (2003), o mapa hipsométrico é muito importante para os estudos sócio-ambientais, uma vez que fornece informações sobre o relevo que exerce grande influência, tanto no aspecto natural, como no aspecto cultural de uma região. Este produto cartográfico relacionado a outras informações como: tipo de solo, geologia e clima, possibilitam um uso mais adequado do ambiente, auxiliando na organização do espaço.

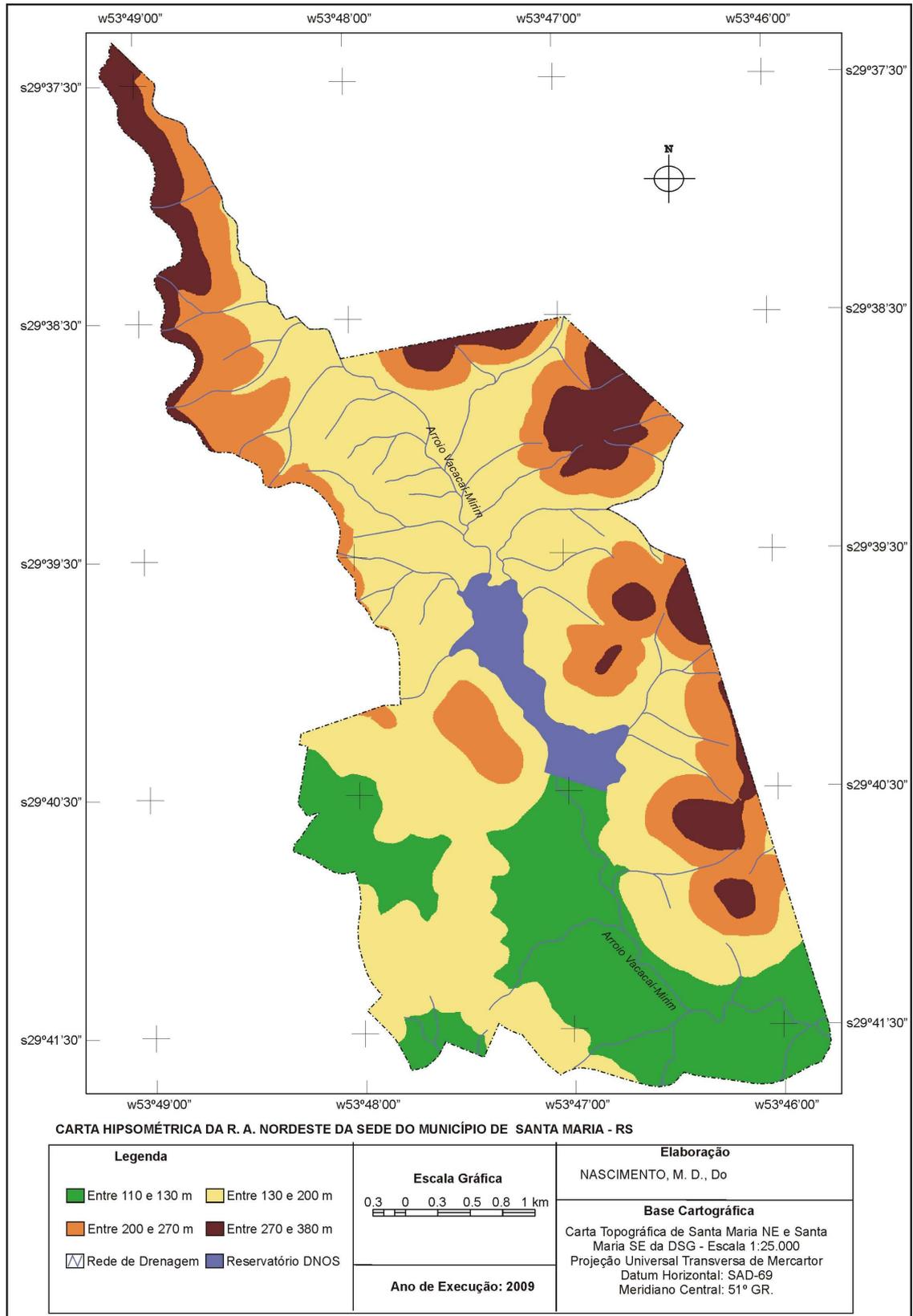
A carta hipsométrica da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria (Mapa 4) revela que este possui um acentuado desnível altimétrico, com cotas que variam entre 110 e 380 m e uma amplitude altimétrica de 270 m de altitude. As maiores altitudes, entre 270 e 380 m estão no topo do Planalto, perfazendo 9,5% da área de estudo. Os maiores desníveis, entre 200 e 380 m localizam-se na zona de transição entre o Planalto e Chapadas da Bacia do Paraná e a Depressão Periférica Sul-rio-grandense e perfazem 29,5 % da área. As menores altitudes, de 110 a 130 m estão na Depressão Periférica Sul-rio-grandense, principalmente nas planícies aluviais do Vacacaí Mirim e correspondem a 20,5% da área (Tabela 2).

Dessa forma, a R. A. Nordeste do município de Santa Maria caracteriza-se por apresentar padrões de dissecação muito elevados e um desnível altimétrico na ordem de 270 m entre o topo e as terras baixas da Depressão.

Classes (m)	Área (km²)	Área (%)
110 - 130	3,90	20,50
130 - 200	9,50	50,00
200 - 270	3,80	20,00
270 - 380	1,80	9,50
Total	19,00	100,00

Tabela 2 - Medida das classes de altitudes da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2008.



Mapa 4 – Carta Hipsométrica da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Fonte: Cartas topográficas de Santa Maria NE e SE da DSG, escala 1:25000.
Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

5.1.3 A Carta Clinográfica

A carta clinográfica do terreno constitui-se em um importante instrumento de apoio a estudos de potencialidade de uso e ocupação do solo, tanto urbano quanto agrícola, de uma determinada área, quando relacionada a outros tipos de fenômenos geográficos inerentes à topografia. Distinções baseadas nessas condicionantes são empregadas para prover informação sobre praticabilidade de emprego de equipamentos agrícolas, normalmente os mecanizados, e facultar inferências sobre susceptibilidade dos solos à erosão, bem como de expansão urbana (BRITO e ROSA, 2003).

Estas cartas são consideradas como um documento básico para os planejadores regionais, com múltiplas utilizações também nos estudos de estrutura agrária e da geomorfologia, além de apresentar vantagens de melhor visualizar a declividade das vertentes e melhor realçar as áreas com declividades homogêneas (BRITO e ROSA, 2003).

A velocidade do escoamento superficial e sub-superficial de uma bacia fluvial é determinada pela declividade do terreno. Assim, a declividade dos terrenos de uma bacia hidrográfica controla, em boa parte, a velocidade do escoamento superficial, controlando o tempo de duração que leva a água das precipitações para atingir e concentrar-se nos canais fluviais. Em muitos casos, é a topografia do terreno, especialmente a declividade, o principal condicionador de sua capacidade de uso (BRITO e ROSA, 2003).

O grau de declividade de uma vertente, associado aos extensos comprimentos de rampa, sem dúvida, apresenta maiores velocidades de escoamento superficial e como consequência, maior fragilidade quanto aos processos erosivos.

Nesse sentido, Cunha (1995) concorda que uma encosta com baixa declividade e comprimento de rampa, também pode ser vulnerável aos processos de erosão quando submetida a uma grande vazão de escoamento de águas superficiais, esse fator pode ocorrer dependendo das características de uso da área.

O relevo exerce grande influência sobre os fatores climáticos e hidrológicos, onde a velocidade do escoamento superficial depende da declividade do terreno, quanto mais acentuado for o declive mais acelerado será o escoamento, podendo, assim, definir a quantidade de material transportado das encostas, afetando os solos

desprotegidos e depositando maiores quantidades de materiais na rede hidrográfica da bacia.

Analisadas as declividades da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria (Tabela 3, Mapa 5) constatou-se que a classe com declividade muito forte, superior a 20% engloba 35,8% da área e, conforme Brito e Rosa (2003), categorias com declividades maiores que 20% são áreas de relevo fortemente ondulado, topografia movimentada, formada por morros, com declives fortes, impróprias para o uso agrícola e para a expansão urbana.

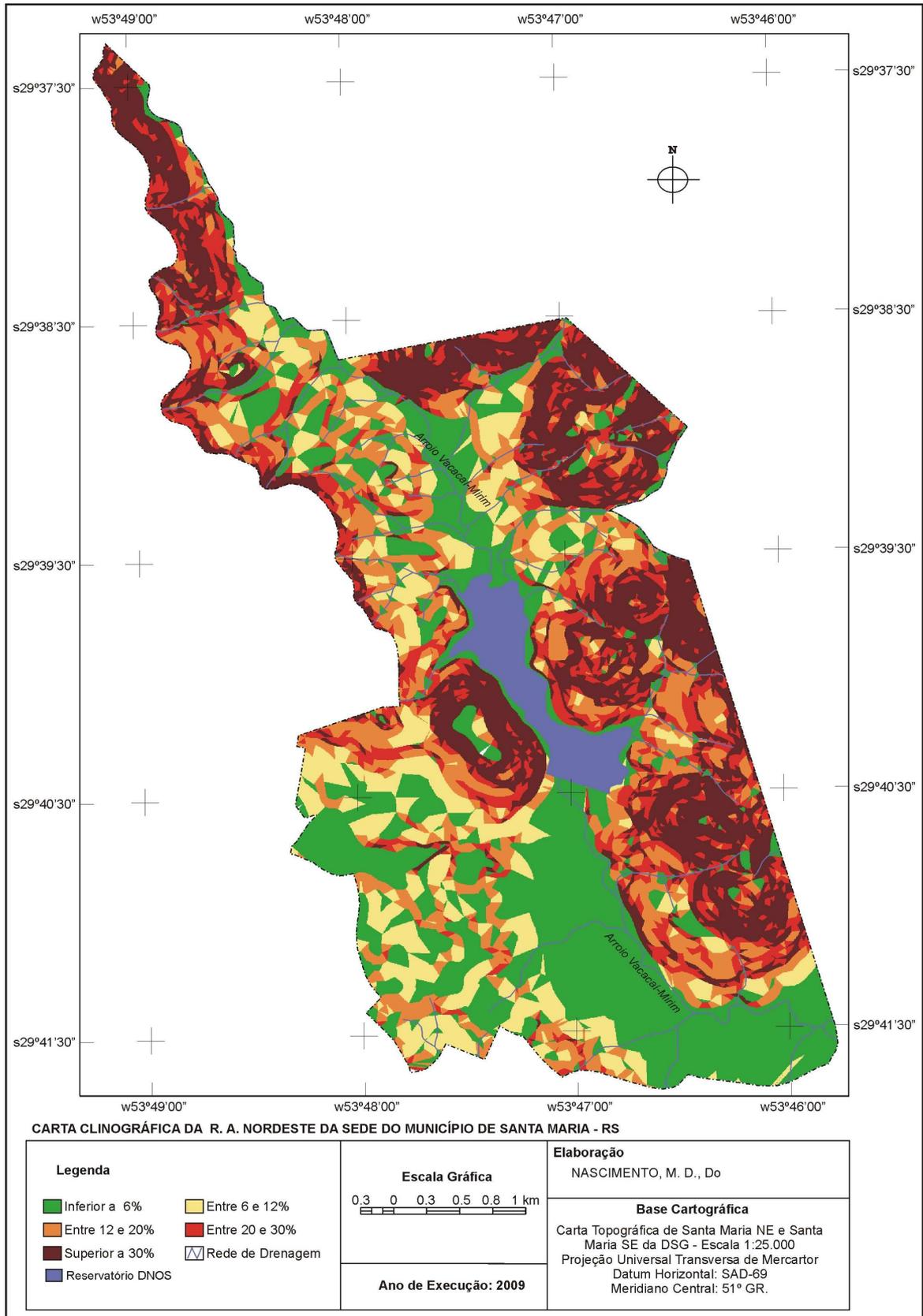
Granell-Pérez (2001), ao estabelecer a relação entre declividades, morfologia e processos de erosão e atividades considerou que locais com declividades acima dos 26,8% referem-se a morfologias de encostas serranas, escarpas de falhas e de terraços e estão suscetíveis a processos de erosão linear muito forte, destruição de solos, movimentos de massa como escorregamentos, deslizamentos e queda de blocos. As atividades recomendadas para esse tipo de declividade é o uso florestal e reflorestamento, não apto para urbanização e infra-estruturas urbanas.

Classes (%)	Área (km²)	Área (%)
0 – 6	6,20	32,60
6 – 12	2,70	14,20
12 – 20	3,30	17,40
20 – 30	2,50	13,20
> 30	4,30	22,60
Total	19,00	100,00

Tabela 3 - Medida das classes de declividades da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2008.

A declividade acentuada das vertentes confere nesse sistema, uma elevada suscetibilidade à erosão do tipo desestabilização de vertentes, tais como escorregamentos e movimentos de massa, ligados à quantidade de chuvas, à inclinação das camadas e à cobertura vegetal. Essa tendência de escorregamentos está ligada a desmatamentos, originados, tanto pela atividade agrícola empregada, como também a atividades ligadas à ocupação urbana (SOUZA, 2001).



Mapa 5 – Carta Clinográfica da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Fonte: Cartas topográficas de Santa Maria NE e SE da DSG, escala 1:25000.
Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

A classe compreendida entre 12 e 20% corresponde a 17,4% da área e corresponde aos patamares mais baixos das escarpas do rebordo do planalto, às encostas dos morros, relevos estruturais monoclinais do tipo cuesta. Essas declividades são suscetíveis a movimentos de massa, escoamento laminar, creep, escorregamentos, sulcos e ravinas. Segundo Granell-Pérez (2001) as atividades aconselhadas são: agricultura com conservação moderada a intensiva e pouco apto para urbanização e infra-estruturas.

As áreas com declividades entre 6 e 12% perfazem 14,2% e estão distribuídas em toda a extensão da área. Referem-se a ondulações suaves de vertentes convexas, suavemente onduladas. São áreas suscetíveis a início de solifluxão, escoamento difuso e laminar e sulcos. É aceitável para agricultura com conservação ligeira e para urbanização. No entanto, este tipo de declive pode oferecer restrições a algum tipo de implemento agrícola, além de exigir práticas agrícolas complexas de conservação. O escoamento superficial é rápido na maior parte dos solos.

As categorias de declividades inferiores a 6% são consideradas fracas, próprias de relevos planos ou quase planos onde o escoamento superficial é lento ou muito lento. O declive do terreno não oferece dificuldades aos implementos e máquinas agrícolas e aceita urbanização e infra-estruturas viárias. Estas declividades englobam 32,6% da área de estudo e referem-se, principalmente, às terras baixas das planícies aluviais do Vacacaí Mirim na porção sul, que pertence à morfoescultura da Depressão Periférica Sul-rio-grandense e a montante do reservatório do DNOS nas terras altas e planas da Porção Sul dos Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná.

Pela análise da Tabela 3 e do Mapa 5, pode-se verificar que a maior parte da R. A. Nordeste (53,2 % da área) apresenta declividades maiores que 12%.

A elaboração desse produto cartográfico foi de grande importância para esse estudo, uma vez que a verificação dos setores do relevo com maiores porcentagens de declividade permitiu identificar as áreas mais propensas à fragilidade ambiental, já que o grau de inclinação do terreno exerce grande influência na velocidade do escoamento superficial. Nestes setores, os materiais do solo se tornam mais suscetíveis de remoção, principalmente nas vertentes desprovidas de vegetação.

É importante, considerar a declividade mais acentuada verificada no setor leste, onde se localiza parte da zona urbana, principalmente a Vila Bilibio

pertencente ao bairro Km3, pois a declividade associada às formas convexas das vertentes e a pavimentação do solo proporcionam uma baixa infiltração de água no solo. Esse fator aumenta o escoamento superficial, que se torna mais acelerado, concentrando-se nas áreas de vale, provocando erosão e/ou assoreamento nas redes de drenagem. O processo de escoamento acelerado, também, contribui para o transporte de dejetos e materiais poluentes para os corpos de água, tornando essas áreas vulneráveis à erosão do solo e contaminação das águas.

5.1.4 A Carta Geológica

O ordenamento do território e a planificação ambiental requerem o conhecimento detalhado de todos os aspectos e pormenores da superfície terrestre que influenciem as atividades humanas ou que possam ser afetados ou alterados por estas. Os aspectos da superfície terrestre que interessam ao planejamento e ordenamento do território decorrem dos processos e fenômenos naturais que aí ocorrem e que a tendem a modelar. De acordo com a origem e processos envolvidos, tais aspectos apresentam caráter estático ou caráter dinâmico. O tipo litológico, a presença ou não de descontinuidades e suas características, o grau de resistência das rochas, entre outros, são fatores que interferem nos processos superficiais e subsuperficiais como intemperismo, erosão e movimentos de massa. Quanto maior o grau de alteração da rocha, provocada pelo intemperismo, mais suscetível esta será à erosão e outros processos correlatos.

Na área de estudo, a formação geológica predominante é a Caturrita (58,5% da área) (Tabela 4, Mapa 6). A Formação Caturrita consiste de arenitos finos a médios, com cores rosa a cinza - claro e matriz argilo - síltica. Compõem camadas de grande presença que se intercalam ou passam lateralmente a siltitos e folhelhos micáceos avermelhados. Os arenitos mostram estratificação cruzada acanalada e tabular. Essa formação apresenta-se com fácies arenosas de origem fluvial. Os arenitos da Formação Caturrita apresentam resistência à erosão, normalmente, baixa, principalmente quando o solo superficial é retirado, provocando o avanço rápido da erosão com a formação de sulcos no terreno. Os problemas geotécnicos estão associados, principalmente, à possibilidade de escorregamento e de queda de blocos de rochas (MACIEL FILHO, 1990).

A Formação Serra Geral que ocupa 14,95% da área localiza-se, principalmente na porção Norte e Nordeste da área de estudo que corresponde ao

Planalto Meridional e à zona de transição denominada Rebordo do Planalto. Essa formação originou-se do vulcanismo fissural que ocorreu na bacia do Paraná. A Formação Serra Geral é reconhecida por três tipos litológicos distintos: basaltos e andesitos toleíticos (negros, subfaneríticos, maciços ou vesiculares); riolitos e riolitos do tipo Palmas (afíricos, com textura e matriz granofírica); quartzo latitos e riolitos do tipo Chapecó (porfíricos com textura vitrofírica).

Formação	Área (km²)	Área (%)
Santa Maria	2,40	12,80
Caturrita	11,00	58,50
Botucatu	2,60	13,80
Serra Geral	2,80	14,90
Total	18,80 ⁷	100,00

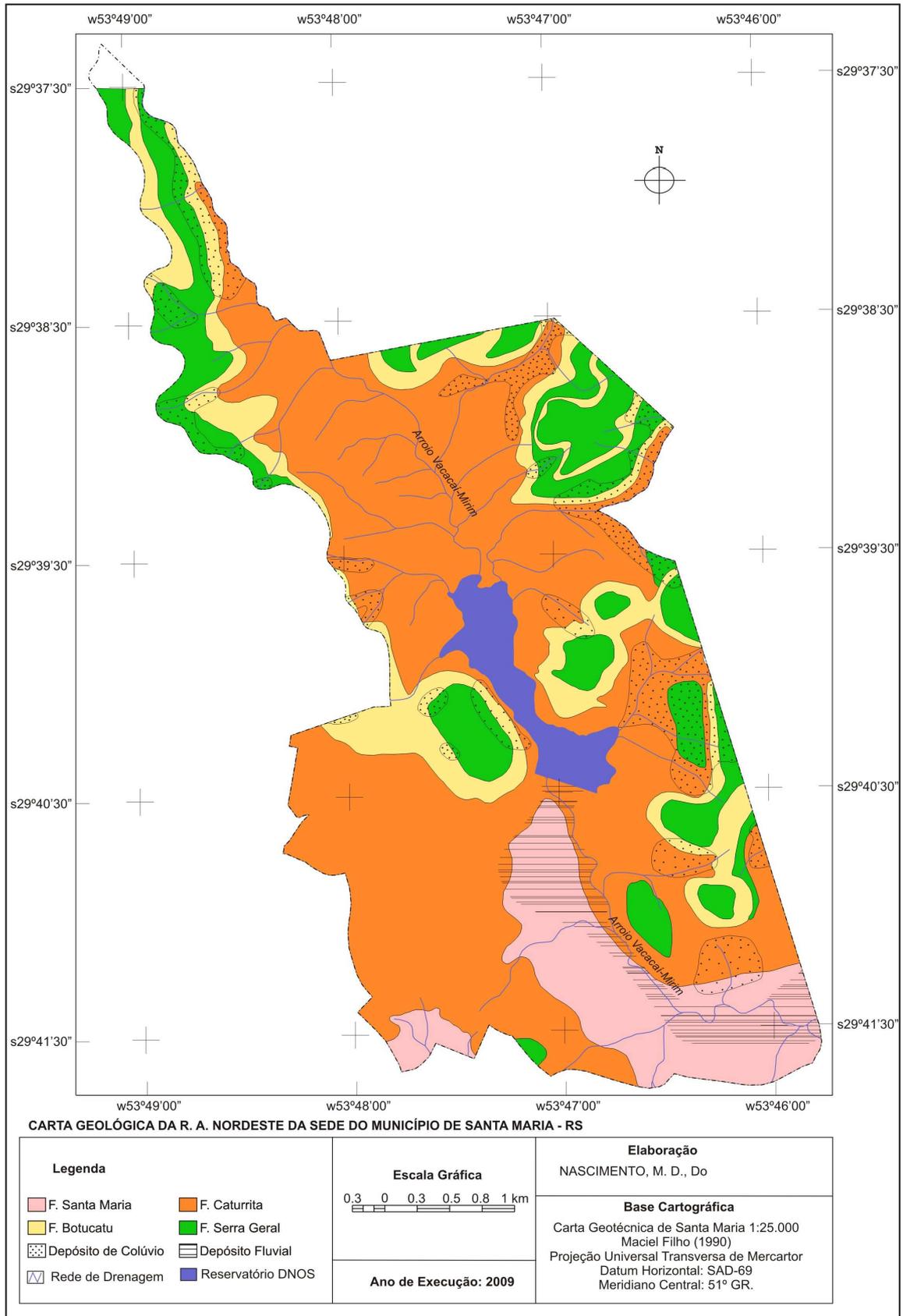
Tabela 4 - Medida das Formações Geológicas da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

A Formação Serra Geral (Basaltos), conforme Maciel Filho (1990) apresenta solos litólicos constituídos por fragmentos basálticos, de baixa estabilidade nos taludes, e com intensos movimentos de massa (rastejos e corridas de terra durante chuvas intensas); apresentando permeabilidade fissural. O autor ainda salienta que os riólitos da Formação Serra Geral possuem comportamento semelhante ao Basalto Serra Geral.

O rebordo do Planalto ou Encosta apresenta depósitos de colúvio e grande quantidade de fraturamentos seccionados e descontínuos, comportando-se como área de descarga. As vertentes muito íngremes apresentam rochas expostas, onde a ação da água nas fraturas pode desencadear tombamentos e quedas de blocos. Já nas porções mais baixas da vertente ocorrem depósitos de colúvio e depósitos de rejeito sujeitos a escorregamentos. O local mais crítico, por ser muito urbanizado é a Vila Bilibio a leste da R. A. Nordeste.

⁷ Obs.: A área menor se deve ao fato da área sem informação presente no extremo norte do mapa.



Mapa 6 – Carta Geológica da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Fonte: Carta Geológica de Santa Maria, Maciel Filho, 1990.
Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

Exposta nas porções intermediárias e basais da Encosta da Serra Geral, a Formação Botucatu (13,8% da área) ocorre em cotas superiores a 200 metros e com declividades que variam de 12 a 20%. Sua espessura máxima não ultrapassa a 70 metros. É constituída por arenitos médios a finos, com cores rosa - claro a avermelhado. Apresenta estratificação cruzada tangencial de grande porte. O arenito Botucatu representa sequências eólicas. Conforme Maciel Filho (1990), o arenito Botucatu possui comportamento geotécnico que varia desde rocha dura e muito abrasiva, em locais próximos do topo e junto a escarpas, até arenito brando e areia com pouca coesão, quando alterado. Nas partes litificadas, possui alta resistência à erosão, porém essa resistência é baixa nas partes alteradas e de solo residual. Os problemas geotécnicos estão associados, principalmente, à possibilidade de escorregamento e de queda de blocos de rochas.

A Formação Santa Maria, que envolve 12,8% da área, corresponde à unidade escultural Depressão Periférica Sul-rio-grandense e envolve, principalmente, os depósitos fluviais do Vacacaí Mirim.

Essa Formação subdivide-se nos Membros Alemoa e Passo das Tropas. O Membro Alemoa, superior, possui uma litologia monótona de siltito argiloso, compacto, maciço, de cor vermelho tijolo, algo micáceo. Trata-se de um lamito de argilas expansíveis. A ocorrência destes lamitos impermeáveis não permite circulação das águas, inexistindo poços tubulares neste membro. O Membro Passo das Tropas, basal, apresenta um relevo levemente ondulado com o topo das coxilhas atingindo altitudes entre 100 e 130 m e declividades inferiores a 6%. É constituído por arenitos grosseiros a médios, róseo - avermelhados, feldspáticos, tornando-se conglomeráticos em direção à base, com grânulos e seixos de quartzo. Possuem estratificação cruzada e camadas de siltitos arenosos vermelhos. Na área de estudo corresponde aos Terraços Fluviais Pleistocênicos constituídos por conglomerados, arenitos médios argilosos e siltitos arenosos fluviais; e sedimentos aluviais recentes, representados por cascalhos, areias, siltes e argilas fluviais (MACIEL FILHO, 1990).

O conhecimento da geologia de uma área é de grande importância, pois permite a compreensão da gênese e composição dos solos, o que auxilia nos estudos direcionados a questões de fragilidade da cobertura pedológica.

5.1.5 A Carta Geotécnica

Os parâmetros geológicos/geotécnicos permitem determinar os fatores restritivos à ocupação humana. O mapeamento geotécnico do município de Santa Maria-RS, realizado por Maciel Filho (1990), definiu três áreas geotécnicas distintas: as áreas sem restrições para ocupação urbana; as áreas desfavoráveis, definidas pelas planícies de inundação dos arroios com deposição de material recente e lençol freático próximo à superfície e, também, as áreas com declividades das vertentes acima de 12%; as áreas não adequadas correspondendo as margens de arroio em extensão de 15 m do canal e áreas com declividades superiores a 12%.

As áreas sem restrições para a ocupação humana perfazem 45,1% do total da área, correspondem às áreas com declividades baixas ou de patamares planos, às coxilhas da Depressão Periférica e do Planalto Meridional (Tabela 5, Mapa 7).

As áreas desfavoráveis correspondem a 6% da área e referem-se às áreas de inundação do leito maior do Vacacaí Mirrim (jusante do reservatório), principalmente àquelas onde ocorrem depósitos fluviais recentes (margem direita do arroio).

Zona	Área (km ²)	Área (%)
Sem Restrição	8,20	45,10
Desfavorável	1,10	6,00
Não Adequada	8,90	48,90
Total	18,20 ⁸	100,00

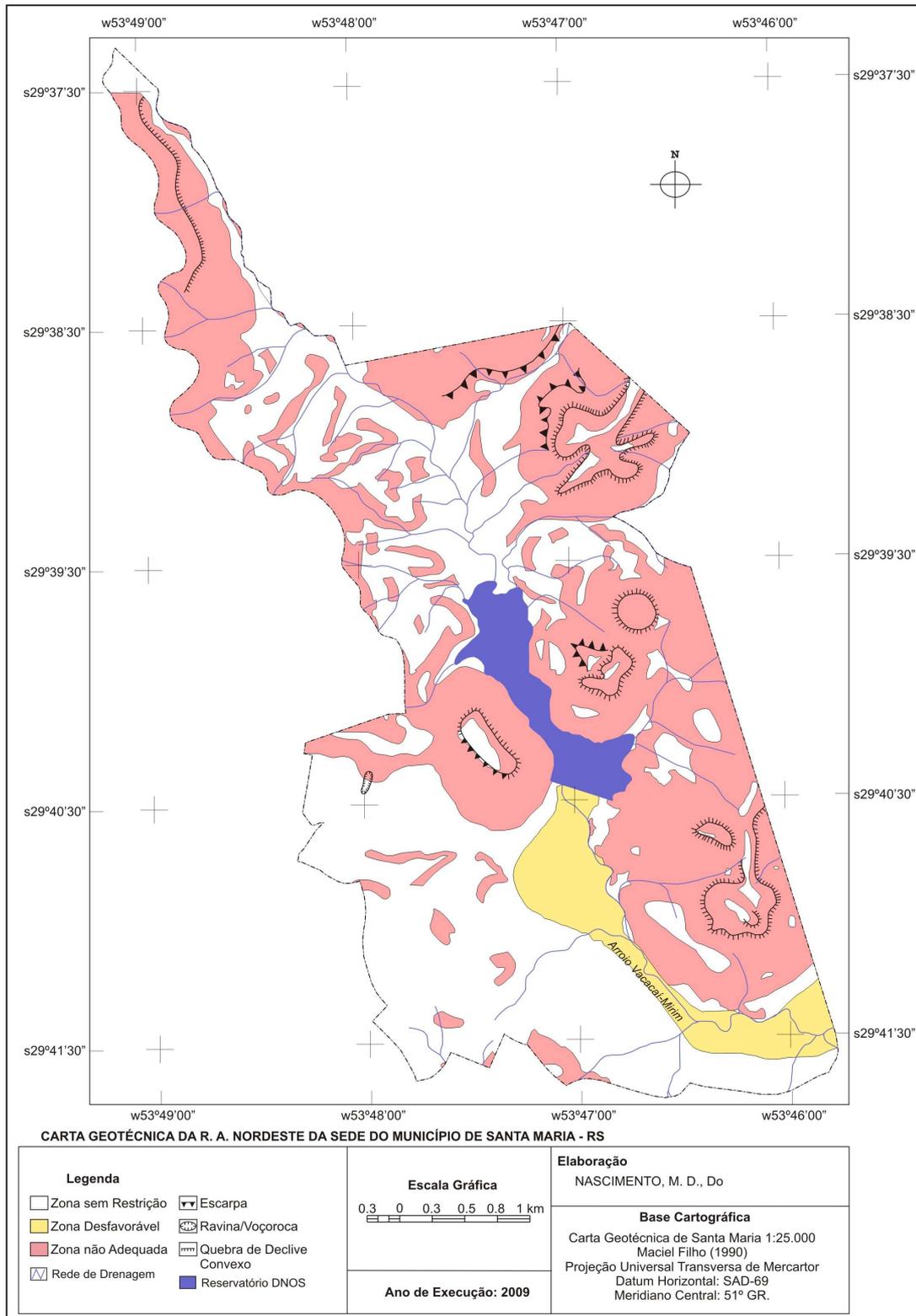
Tabela 5 - Medida das classes das Zonas Geotécnicas da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2008.

As áreas não adequadas à ocupação somam um total de 48,9%. É uma área bastante expressiva e diz respeito àquelas com declividades superiores a 12%, às escarpas do Planalto, muito íngremes e irregulares, às áreas com vegetação nativa que, por lei, devem ser preservadas, às áreas suscetíveis á escorregamentos e movimentos de massa e a erosões causadas pelo escoamento linear. Enfim as áreas que devido a vários fatores, como tipos de rochas, tipos de solos, relevo,

⁸ A área menor se deve ao fato da área do reservatório do DNOS não ser considerada neste mapa.

regime de chuvas, declividades das vertentes apresentam algum tipo de risco à população (Mapa 7, Tabela 5).



Mapa 7 – Carta Geotécnica da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Fonte: Carta geotécnica de Santa Maria, Maciel Filho, 1990.
 Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

5.1.6 A Carta Morfológica

A partir da análise da Tabela 6 e do Mapa 8 é possível verificar que a R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria – RS apresenta a maior parte de sua área formada por topografia ondulada (colinas) a fortemente ondulada (morros), 90% da área. Desses 90%, 48,9% é formado de morros entre as altitudes de 200 e 380 metros (Fotografia 1).

Formas de Relevo	Área (km²)	Área (%)
Planície aluvial	3,60	19,00
Colinas	6,10	32,10
Morros	9,30	48,90
Total	19,00	100,00

Tabela 6 - Medida das classes morfológicas da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

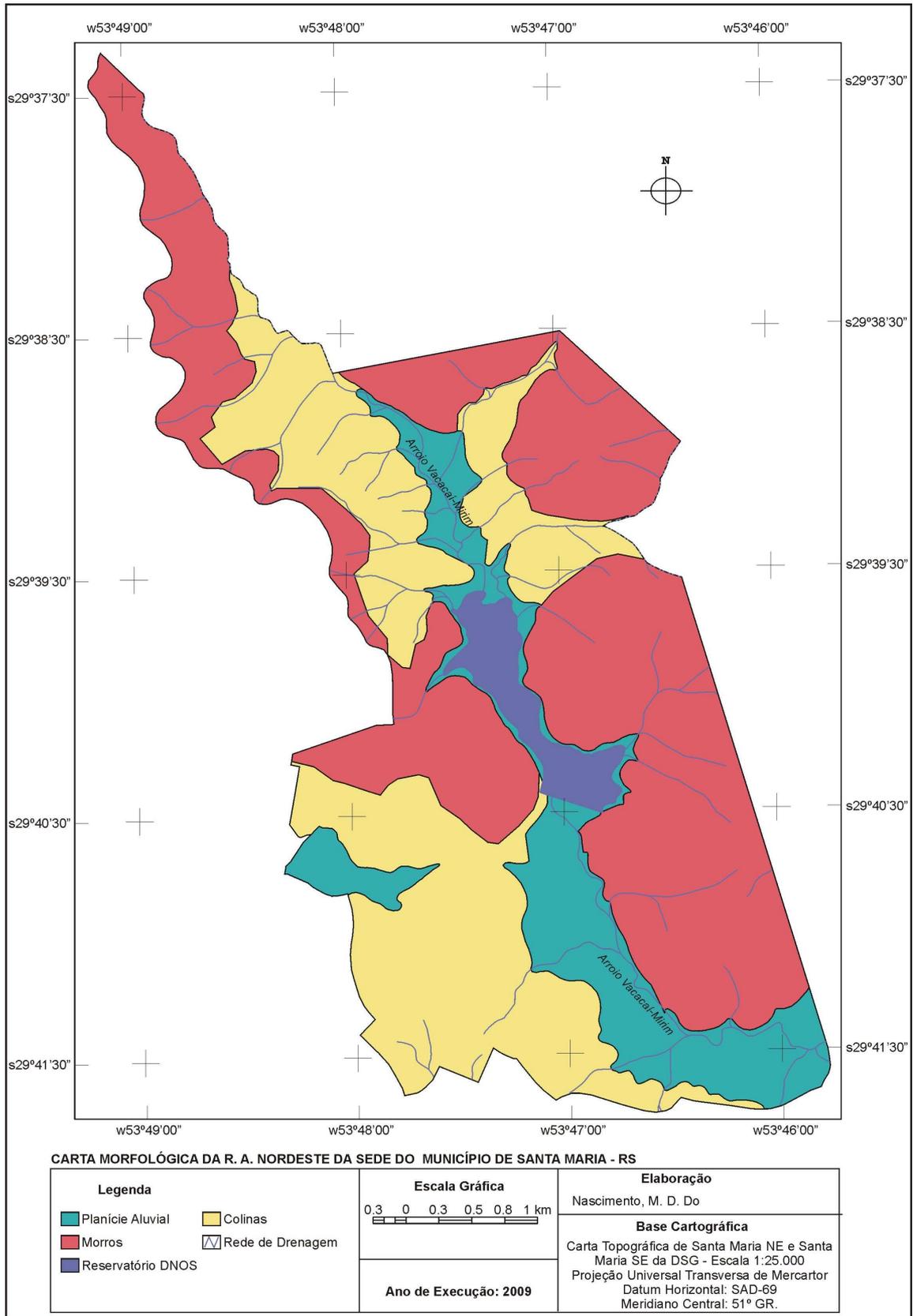
Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2008.



Fotografia 1 – Exemplo de relevo de morros da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Fonte: Trabalho de Campo, agosto/ 2009.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.



Mapa 8 – Carta Morfológica da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Fonte: Compilação das cartas hipsométrica e clinográfica.
Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

As vertentes são caracterizadas por comprimentos de rampa curtos e médios, declividades entre 20 e 30% e maiores que 30%. O relevo varia de ondulado a fortemente ondulado a escarpado, com predomínio de vales encaixados, com drenagens entalhadas nas vertentes. Os processos de erosão e movimentos de massa são os mais significativos.

Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado constitui-se “ora por escarpas abruptas (De), em forma de morros com topos convexos (Dc) ou tabulares (Dt), dependendo da intensidade erosiva, ora por degraus ou patamares que decaem rumo às terras mais baixas da depressão” (NASCIMENTO, 2007, p. 58).

O perfil topográfico traçado no sentido norte-sudeste – A A’ - (Figura 3), revela o predomínio de vertentes retilíneas compostas, ora por escarpas abruptas, em forma de morros com topos arredondados (convexos) ou aguçados, ora por degraus ou patamares que decaem rumo às terras mais baixas da Depressão Periférica Sul-rio-grandense, dependendo da intensidade da ação erosiva.

Esse perfil comprova o relevo irregular dessa unidade, devido às grandes diferenças altimétricas desse setor que chegam a 250 m de amplitude entre o fundo do vale, nos 100 m e o topo mais alto que está na faixa dos 360 m.

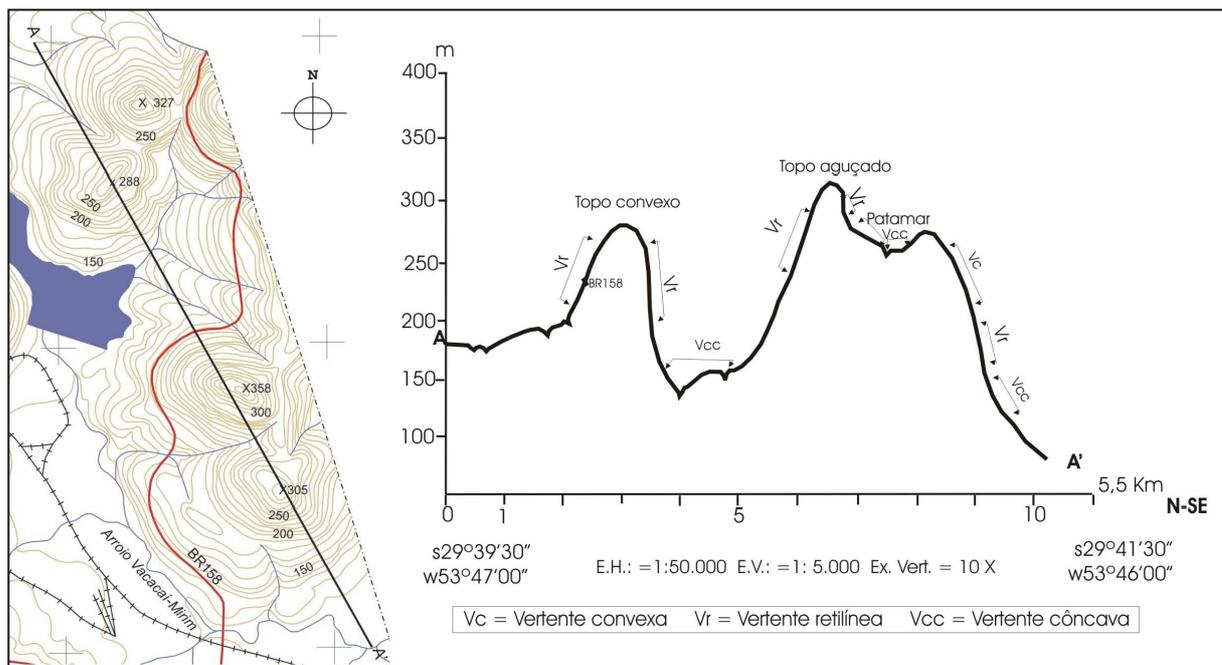


Figura 3 – Perfil topográfico da morfologia e morros

Fonte: Carta Topográfica de Santa Maria SH.22-V-C-IV-1
Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

32,10% da área são formados de colinas, que se caracterizam pelo predomínio de vertentes médias com altitudes entre 130 e 200 metros e declividades entre 6 e 20%. O relevo é ondulado com topos convexos e predomínio de vales fechados e drenagens encaixadas, onde se destacam os processos de erosão. O relevo de colinas que se caracteriza por pequenas elevações arredondadas (desníveis altimétricos até 50 m) e declives suaves (Dc), cujo topo tende para a convexidade e pode corresponder a uma forma tanto denudacional como agradacional. Quando o topo dessas colinas é plano e com área expressiva são denominadas mesas (Dp) e quando suas vertentes são sensivelmente convexas, assumindo a forma de um cone com vértice arredondado são denominadas mamelão (Dc) (NASCIMENTO, 2007).

O perfil topográfico – B B' - (Figura 4), traçado no sentido oeste-sudeste, numa extensão de 5 Km, engloba parte da mancha urbana da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria e define um relevo levemente ondulado, com formas regularmente distribuídas, de topos planos a convexos, com vertentes côncavas próximas ao leito do arroios Vacacaí Mirim e retilíneas a convexas nos locais mais elevados. Esse perfil revela, também, as formas suaves de relevo, fracamente ondulado, com diferenças altimétricas em torno dos 80 m. Apresentam declividades médias entre 6 e 12%, considerada fraca, própria de terrenos planos a levemente ondulados.

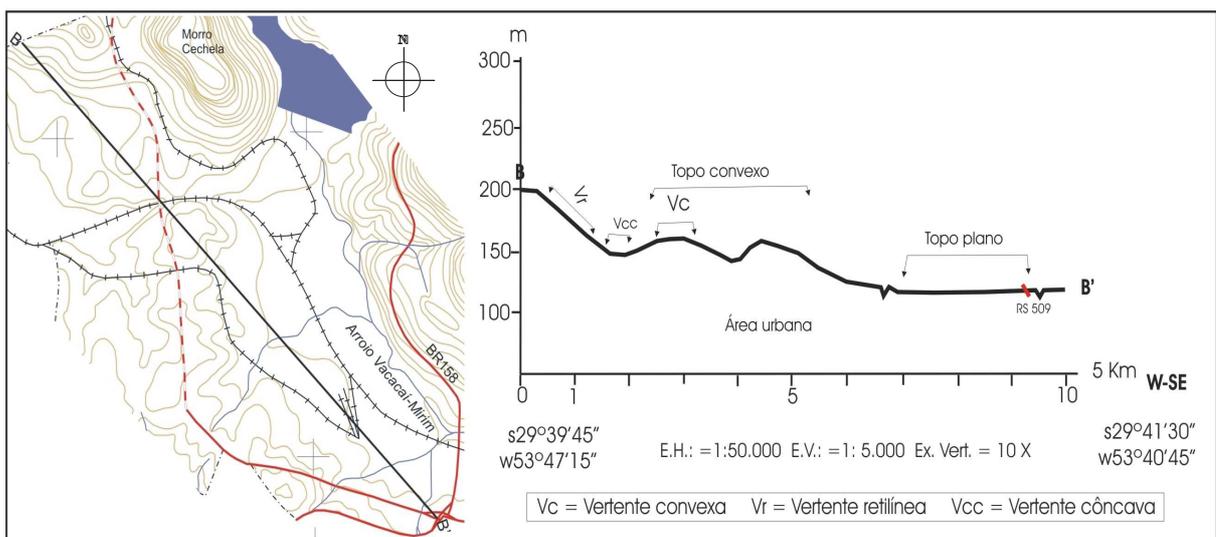


Figura 4 – Perfil topográfico da morfologia de colinas

Fonte: Carta Topográfica de Santa Maria SH.22-V-C-IV-1
Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

Os outros 19% da área correspondem às planícies aluviais do arroio Vacacaí Mirim, situadas em altitudes entre 110 e 130 metros, ao longo do rio Vacacaí Mirim, a montante e a jusante do reservatório do DNOS. Constitui-se o vale do Vacacaí Mirim. Caracteriza-se por terrenos planos com declividades inferiores a 6%. Predominam os processos de deposição em áreas de inundação

Nesta unidade predominam as formas agradacionais, cujo modelado constitui-se, basicamente de Planície Fluvial (Apf), composto por Neossolos Flúvicos e Planossolos Hápicos Eutróficos Gleissólicos.

O predomínio de topografia fortemente ondulada, formada por morros na porção leste da área de estudo e a oeste do reservatório sugere, aparentemente, que esse ambiente pode apresentar problemas de natureza genética degradacional, como escorregamentos e deslizamentos de encostas.

Nas planícies aluviais há a interferência de processos superficiais agradacionais, decorrentes de processos de acumulação, o que, associado com outros fatores, como regime de chuvas, uso e ocupação, vegetação existente, geologia e níveis de preservação ambiental pode ou não apresentar riscos à população como enchentes e inundações.

A análise do mapa morfológico, através das diferentes unidades morfológicas encontradas do local, evidencia um relevo de transição entre a Depressão Periférica Sul-rio-grandense e a Porção Sul do Planalto e Chapadas da Bacia do Paraná que conforme Nascimento

na unidade Morfoescultural Porção Sul dos Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná predominam as Formas Denudacionais de superfícies planas (Dp), com topos convexos (Dc) e com topos Tabulares (Dt). Na unidade Morfoescultural da Depressão Periférica Sul-rio-grandense ocorrem as Formas Denudacionais de topos convexos (Dc) e de superfícies planas (Dp). Na unidade Morfoescultural Rebordo do Planalto da Bacia do Paraná predominam as Formas Denudacionais com topos convexos (Dc), com topos aguçados (Da), e em formas de escarpas (De), com padrão de dissecação muito elevado. (NASCIMENTO, M. D. do, 2007, p. 58)

No entanto, para esse estudo, que tem por objetivo delimitar áreas com diferentes graus de fragilidade ambiental, é preciso considerar outros elementos que interferem na dinâmica funcional do ambiente como: a declividade, o tipo de solos e o uso e ocupação.

5.1.7 A Carta de Solos

Os solos encontrados na R. A. Nordeste da Sede do Município de Santa Maria, de acordo com a nova classificação de solos do Sistema Brasileiro de Solos da Embrapa Solos (2005) e delimitados por Pedron, et al (2008), na escala 1:25.000, são os constantes na Tabela 7 e representados no Mapa 9.

Classes de Solos	Área (km²)	Área (%)
1 - RRe 2	5,90	31,20
2 – Ruq	0,50	2,70
3 - PBa+Cal	6,60	34,90
4 - RRe 2+RLe	0,20	1,10
5 – Sxe	2,20	11,60
6 - PBACal 2 e PBACal 3	2,00	10,60
7 - PVAvd 1	0,70	3,70
8 – Pve	0,30	1,60
9 - RRe 1	0,50	2,60
Total	18,90	100,00

Tabela 7 - Medida das classes de solo da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

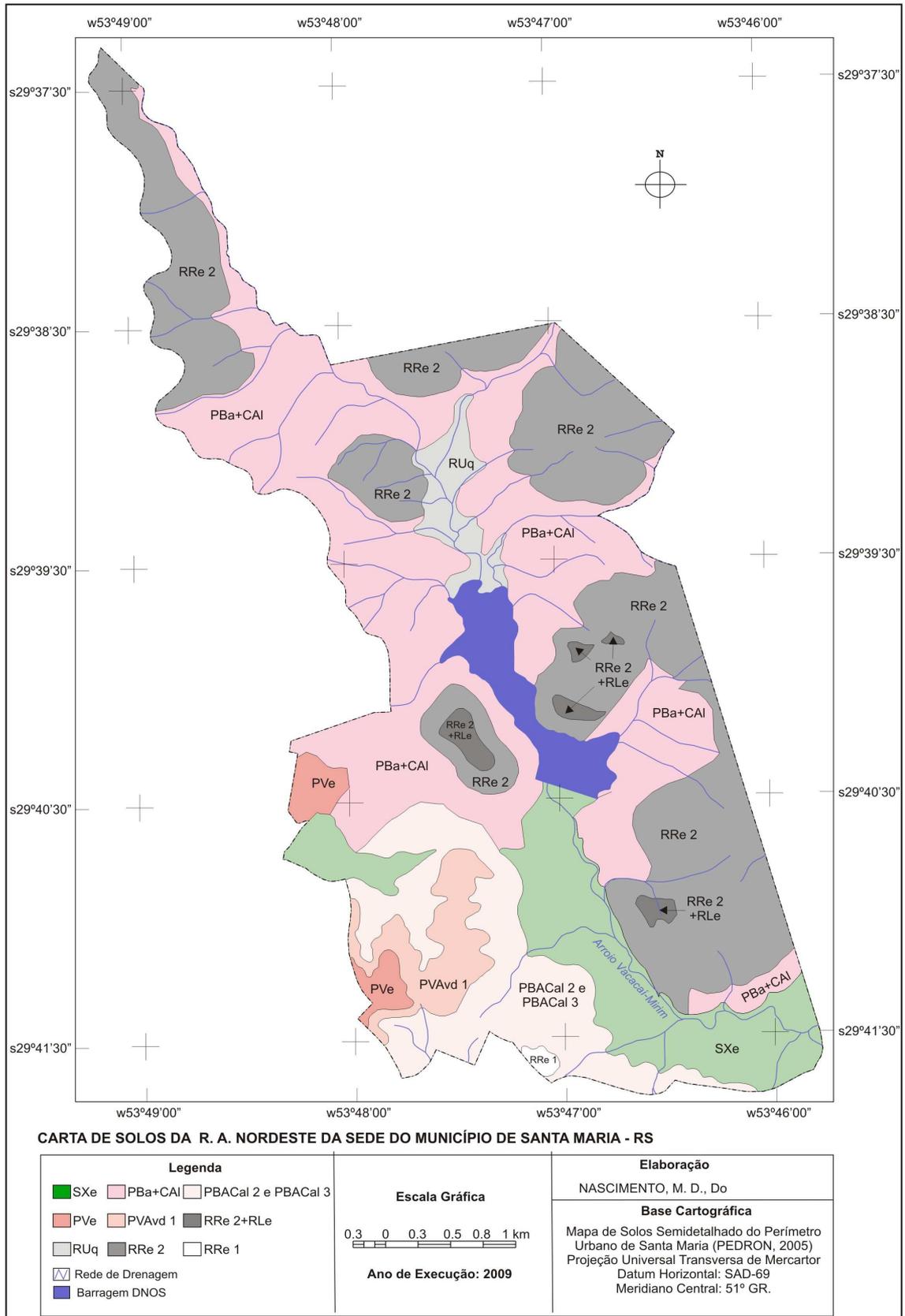
1. RRe2 - Neossolo Regolítico Eutrófico léptico

Esses solos têm como material de origem os Arenitos da Formação Caturrita, situados no terço superior das coxilhas onduladas e estão localizadas no sopé do Rebordo do Planalto, em relevo suave ondulado a ondulado, com 3 a 20 % de declividade, com ausência de pedregosidade e de rochiosidade e bem drenados.

Caracterizam-se por serem solos rasos, com sequência de horizontes A₁, A₂ e Cr, com ausência de horizonte B. No horizonte A predomina a coloração bruno-escuro, textura franco-arenosa, estrutura fraca a moderada, pequena a média, em blocos angulares e subangulares, com presença de pequenos nódulos de arenito. As raízes são muitas no A₁, comuns no A₂, e raras no Cr.

Estes solos são com saturação por bases e CTC média a alta. Os teores de cálcio e potássio são altos, de magnésio são médios, e de fósforo e matéria orgânica são baixos.

Segundo Pedron, et al (2008) são solos que não apresentam potencial para descarte de resíduos, devido às limitações como declividade, textura, profundidade do perfil, material de origem tipo aquífero e proximidade de área urbana. Apresentam potencial restrito para construções urbanas, sendo indicados para áreas



Mapa 9 – Carta de Solos da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Fonte: Pedron (2005, 2008)
 Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

verdes e recreativas, devido às limitações como declividade, profundidade do perfil e textura do solo. Também apresentam potencial restrito para agricultura urbana, sendo indicados para silvicultura ou pastagem natural, devido a limitações como a proximidade de área urbana, suscetibilidade a erosão e declividade.

2. RUq - Neossolo Flúvico Psamítico típico

A montante do Reservatório do DNOS, originários da Formação Caturrita, ocupando 2,70% da área de estudo e considerados de fragilidade potencial forte, são encontrados Neossolo Flúvico Psamítico típico com textura arenosa a moderada.

Estes solos são profundos a rasos, apresentando sequência de horizontes A, C1, C2 e C3, com ausência de horizonte B. O horizonte A apresenta coloração bruno-acinzentado muito escuro, textura franco-arenosa, estrutura fraca, pequena a média, em blocos subangulares, e pequena, granular. As raízes são comuns no A e no C1, e raras nos demais horizontes. Aparecem concreções onduladas e irregulares de até 10 cm no A e C1 (PEDRON, et al, 2008).

São solos com saturações por bases alta, CTC média, e matéria orgânica baixa. Os teores de cálcio, magnésio e potássio são altos, enquanto os teores de fósforo são baixos.

Estes solos ocorrem em áreas de depósitos fluviais de várzeas, sob relevo plano a suave ondulado, com 0 a 8 % de declive. O perfil é bem drenado, pedregoso e não rochoso.

Conforme Pedron, et al (2008) são solos que não apresentam potencial para descarte de resíduos, devido às limitações como textura, proximidade de área urbana, CTC e material de origem do tipo aquífero. Apresentam potencial restrito para construções urbanas, sendo indicados somente ao uso com áreas verdes e recreativas, devido às limitações como textura do solo, riscos de inundações e material de origem do tipo aquífero. Também apresentam potencial restrito para agricultura urbana, sendo somente indicados para culturas perenes, como a fruticultura, silvicultura ou pastagem natural, devido a limitações como a proximidade de área urbana, suscetibilidade à erosão e riscos de inundações.

3. PBA + Cal - Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico típico

Nas unidades morfológicas de Colinas, relevo suave ondulado a ondulado, entre 6% e 20% de declividades, originários, principalmente da Formação Caturrita são encontrados os Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico típico textura média/argilosa

A moderado relevo - PBACal 7, ocupando 34,90% da área e de forte fragilidade potencial.

Estes solos são medianamente profundos, com sequência de horizontes A, Bt₁, Bt₂, BC e C, com incremento de argila do horizonte A para o B. No horizonte A aparece uma coloração bruno-amarelado-escuro, textura franca, estrutura moderada, pequena a média, em blocos angulares e subangulares. O Bt₁ apresenta coloração bruno-amarelado-escuro e textura argilosa. No Bt₂ a coloração é bruno-acinzentado, com presença de mosqueados amarelo-brunado e vermelho, textura franco-argilosa. A estrutura é moderada a forte, muito pequena a média, em blocos angulares e subangulares em ambos os horizontes, com presença de cerumidade fraca e abundante. As raízes são muitas no A, poucas no Bt₁, raras no Bt₂ e ausentes no BC.

Apresentam valores muito baixos de pH. A saturação por bases é alta no horizonte A e baixa nos demais horizontes do perfil. A saturação por alumínio e a CTC são altos nos horizontes B. Os teores de cálcio são médios a altos, os teores de magnésio são médios, os teores de fósforo são muito baixos e os teores de matéria orgânica são baixos no horizonte B.

São solos imperfeitamente drenados, com ocorrência no terço médio das coxilhas encontradas no sopé do Rebordo do Planalto, em relevo suave ondulado a ondulado, com declividade de 3 a 20%. Tem como material originário os Arenitos da Formação Caturrita, sem presença de pedregosidade e rochosidade.

Conforme Pedron, et al (2008) são solos que não apresentam potencial de utilização para descarte de resíduos, devido às limitações como material de origem do tipo aquífero, profundidade do perfil, declividade e drenagem. Apresentam potencial restrito de uso para construções urbanas, sendo indicado para o uso com áreas verdes e recreativas, devido às limitações como profundidade do solo, drenagem e material geológico. Também apresentam potencial restrito para agricultura urbana, sendo indicada para silvicultura ou pastagem natural, devido às limitações como proximidade de área urbana e declividade.

4. RRe2 - Neossolo Regolítico Eutrófico léptico + RLe Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário

Nos topos dos morros, sob relevo ondulado a forte ondulado, variando de 6 a 20% de declividades são encontrados combinações de Neossolo Regolítico Eutrófico léptico com Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário. O perfil desses solos

é bem drenado, muito pedregoso e pouco rochoso. Possui como material originário o Basalto da Formação Serra Geral.

Esses solos são rasos, apresentando sequência de horizontes Ap, Cr/A e R, com ausência de horizonte B. O horizonte A apresenta coloração bruno-avermelhado-escuro, textura franco-arenosa, estrutura moderada, pequena a média, em blocos subangulares, e pequena, granular. As raízes são muitas no Ap, comuns no Cr/A, e raras no R.

São solos que apresentam elevadas saturações por bases e CTC, devido aos altos teores de cálcio, magnésio e potássio. Os teores de fósforo e matéria orgânica são baixos.

São solos que não apresentam potencial para descarte de resíduos, devido às limitações como declividade, textura, profundidade do perfil e proximidade de área urbana. Apresentam potencial restrito para construções urbanas, sendo indicados para áreas verdes e recreativas, devido às limitações como declividade, profundidade do perfil e textura do solo. Também apresentam potencial restrito para agricultura urbana, sendo indicados para culturas perenes, como a fruticultura, silvicultura ou pastagem natural, devido às limitações como a proximidade de área urbana, suscetibilidade a erosão e declividade. Quando associados à Neossolos Litólicos em relevo forte ondulado apresentam somente potencial para preservação ambiental (PEDRON et al, 2008).

Os Neossolos estão associados a locais que apresentam ruptura do relevo, estando o mesmo localizado no topo e base das encostas. Caracteriza-se por ser um solo transportado que apresentando pouca alteração pelos processos pedogenéticos em função do desenvolvimento recente. Neste solo é visível a presença de vários fragmentos de rochas, o que demonstra o pouco desenvolvimento do mesmo.

5. SXe - Planossolo Háplico Eutrófico gleissólico

Nas unidades morfológicas das Planícies Aluviais do Vacacaí Mirim, com declividades inferiores a 6%, a jusante do Reservatório do DNOS, originários da Formação Santa Maria, ocupando 11,60% da área de estudo são encontrados os Planossolo Háplico Eutrófico gleissólico textura média/argilosa A, proeminente, relevo plano – SXe.

Estes solos são bastante profundos, apresentando sequência de horizontes A₁, A₂, Btg₁ e Btg₂, com aumento significativo nos teores de argila do horizonte A

para o B. O horizonte A apresenta coloração bruno-acinzentado muito escuro, textura franco-arenosa, estrutura moderada, pequena, granular e em blocos subangulares no A₁ e grande em blocos subangulares no A₂. No horizonte B ocorre predominantemente coloração cinzento-escuro (fundo) e bruno-amarelado (mancha), textura argila, estrutura moderada, grande em blocos angulares. As raízes são muitas no A₁, comuns no A₂, poucas no Btg₁ e raras no Btg₂.

A saturação por alumínio nestes solos é muito baixa, e a saturação por bases é média a alta. A CTC é alta e os teores de matéria orgânica, fósforo e potássio são baixos, enquanto os de cálcio e de magnésio são bastante elevados.

Este solo ocorre em várzeas, sob relevo plano a suave ondulado, com 0 a 6% de declive. O material de origem é o Membro Alemoa da Formação Santa Maria. O perfil é mal drenado, com ausência de pedregosidade e de rochosidade.

Quanto ao potencial de uso urbano, segundo Pedron, et al (2008) são solos impróprios para descarte de resíduos, devido às limitações como proximidade de área urbana, textura e drenagem. Apresentam potencial restrito para construções urbanas, sendo indicados para áreas verdes e recreativas, devido às limitações como risco de inundações, textura e drenagem. Também apresentam potencial restrito para agricultura urbana, sendo indicados para culturas perenes, como a fruticultura, silvicultura ou pastagem natural, devido às limitações como a proximidade de área urbana, drenagem e riscos de inundações. Estes solos foram considerados de fragilidade potencial média.

6. PBACal2 + PBACal3 - Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico abruptico

No terço médio inferior do morro residual, em relevo suave ondulado (PBACal 2) a forte ondulado (PBACal 3), com 3 a 45 % de declividade são encontrados Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico abruptico textura arenosa/média A moderado relevo suave ondulado a forte ondulado - PBACal 2 e PBACal 3. O PBACal 2 possui o Membro Alemoa da Formação Santa Maria como material originário, com perfil imperfeitamente drenado, não rochoso e ligeiramente pedregoso. O PBACal 3 ocorre em porções mais altas na paisagem e pode ser desenvolvido a partir de arenitos da Formação Caturrita ou Botucatu. Recobrem 10,6% da área de estudo.

Estes solos são medianamente profundos a profundos, apresentando sequência de horizontes Ap, A, Bt₁, Bt₂, Bt₃, BC e C, com incremento de argila do horizonte A para o B. O horizonte A possui coloração bruno-acinzentado-escuro e bruno-amarelado-escuro, textura franco-siltosa, estrutura fraca a moderada,

pequena a média, em blocos angulares e subangulares. No horizonte B predomina a coloração bruno-acinzentado-escuro, com presença de mosqueados predominantemente vermelho, textura franca a franco-argilosa, estrutura forte, predominantemente pequena a grande, prismática e em blocos angulares, com presença de cerosidade fraca e comum. Presença de muitas raízes no Ap e A, comuns no Bt₁ e Bt₂, raras no Bt₃ e no BC. Há ocorrência de variação de espessura e de sequência de horizontes ao longo da paisagem do mesmo perfil.

São solos ácidos, com saturação por alumínio alta, saturação por base muito baixa e CTC alta. Os teores de cálcio, magnésio e potássio são altos e os de matéria orgânica e fósforo são baixos.

Os solos PBACal 2 apresentam potencial restrito de utilização para descarte de resíduos, sendo indicado o descarte com resíduos orgânicos atóxicos, devido às limitações como profundidade do perfil e drenagem. Apresentam potencial restrito de uso para construções urbanas, não sendo indicado o uso com construções industriais, devido às limitações de profundidade do solo e drenagem. Também apresentam potencial restrito para agricultura urbana, recomendando-se o uso para culturas perenes. Já os PBACal 3 não apresentam potencial de utilização para descarte de resíduos, devido às limitações como material de origem do tipo aquífero, profundidade do perfil e drenagem. Apresentam potencial restrito de uso para construções urbanas, sendo indicado o seu uso com áreas verdes e recreativas, devido às limitações como profundidade do solo, drenagem e material geológico. Também apresentam potencial restrito para agricultura urbana, sendo indicada para silvicultura ou pastagem natural, devido às limitações de proximidade de área urbana e, principalmente, declividade.

7. PVAvd1 - Argissolo Vermelho-Amarelo Ta Distrófico abruptico

Nas áreas mais baixas, colinas da Formação Santa Maria, sul da Barragem, são encontrados Argissolo Vermelho-Amarelo Ta Distrófico abruptico textura arenosa/argilosa, relevo suave ondulado - PVAvd 1, ocupando 3,70% da área.

São solos profundos, com sequência de horizontes Ap, A, E, BE, Bt1, Bt2, C e Cr, com incremento significativo de argila do horizonte A-E para o B. O horizonte A apresenta coloração bruno-escuro, textura areia-franca a franco-arenosa, estrutura fraca a moderada, predominantemente muito pequena a pequena em blocos subangulares. O horizonte E apresenta coloração bruno, com textura franco-arenosa, estrutura fraca a moderada, muito pequena a média em blocos

subangulares. A coloração do horizonte B é vermelho-amarelado, textura argila, estrutura forte, média, prismática, pequena a média, blocos angulares a subangulares, com cerosidade fraca e ocorrência de concreções.

Solos ácidos, com alta saturação por alumínio e muito baixa saturação por bases. Os teores de cálcio e magnésio são baixos, de fósforo muito baixo, e de potássio médio. A CTC é média e os teores de matéria orgânica baixos.

Estes solos são bem drenados, ocorrendo no terço médio da coxilha, em relevo suave ondulado com 6% de declive. Possuem como material de origem o Membro Passo das Tropas da Formação Santa Maria, com ausência de pedregosidade e de rochosidade no perfil.

São solos que não apresentam potencial para descarte de resíduos, devido às limitações como material de origem do tipo aquífero, profundidade do perfil e drenagem. Apresentam potencial restrito para construções urbanas, sendo indicado para áreas verdes e recreativas, devido às limitações como profundidade do solo, drenagem e material geológico.

8. PVe - Argissolo Vermelho Eutrófico Espessarênico

No topo das colinas da Depressão Periférica Sul-Rio-grandense, cobrindo 1,60% da área, com relevo suave ondulado e declividade de 6 a 12%, com ausência de pedregosidade e de rochosidade, tendo como material originário o Membro Passo das Tropas da Formação Santa Maria são encontrados Argissolo Vermelho Eutrófico Espessarênico textura arenosa/argilosa a moderada, relevo suave ondulado – PVe.

Estes solos são profundos, com sequência de horizontes Ap, A, E, Bt₁ e Bt₂, apresentando incremento de argila dos horizontes A e E para o B. O horizonte A apresenta coloração bruno escuro, textura areia-franca, estrutura moderada, pequena a média em blocos angulares e subangulares. O horizonte E apresenta coloração bruno a bruno-escuro, textura areia-franca, estrutura fraca, pequena a média em blocos angulares e subangulares. No horizonte B a coloração predominante é o bruno-avermelhado-escuro a vermelho-escuro, textura franco-argilosa a argila com o aumento da profundidade, estrutura moderada a forte, pequena a média, blocos angulares e subangulares, presença de até 5% de concreções, de 1,5 cm, duras. As raízes são muitas no Ap, comuns no A e E, raras no Bt₁, e ausentes no Bt₂.

Estes solos apresentam saturação por alumínio baixa, saturação por bases alta no horizonte B. A CTC é baixa a média. Os teores de cálcio são baixos a médios e de magnésio médios a altos com o aumento da profundidade, sendo baixos para potássio, fósforo e matéria orgânica.

São solos que não apresentam potencial para descarte de resíduos, devido às limitações como material de origem do tipo aquífero, textura, proximidade de área urbana e CTC. Apresentam potencial restrito para construções urbanas, sendo indicado o uso com áreas verdes e recreativas, devido às limitações como material geológico e textura do solo. Também apresentam potencial restrito para agricultura urbana, sendo indicados para culturas perenes, como a fruticultura, silvicultura ou pastagem natural, devido às limitações como proximidade de área urbana, fertilidade e suscetibilidade a erosão.

9. RRe1 - Neossolo Regolítico Eutrófico léptico

Ocupando uma pequena porção ao sul da área de estudo, no topo do morro residual denominado de Cerrito, são encontrados os Neossolo Regolítico Eutrófico léptico textura média A chernozêmico relevo ondulado - RRe 1

São solos pouco profundos, com sequência de horizontes Oh, A, Cr/A e Cr, com ausência de horizonte B. O horizonte A apresenta coloração bruno-acinzentado muito escuro, textura franco-siltosa, estrutura moderada, média, granular. As raízes são muitas no A, comuns no Cr/A, e poucas no Cr.

Esses solos apresentam pH médio, valores de saturação por bases e CTC altos. Os teores de cálcio, magnésio, potássio e matéria orgânica são altos, enquanto o fósforo é médio.

Estes solos são bem drenados, ocorrendo em relevo suave ondulado a ondulado, com 6 a 20 % de declividade, muito pouco pedregoso e pouco rochoso. Possuem como material de origem o Basalto da Formação Serra Geral.

Apresentam variações na espessura e sequência dos horizontes. Podem aparecer variações como Neossolos Litólicos e inclusões como Cambissolos e Chernossolos.

São solos que não apresentam potencial para descarte de resíduos, devido às limitações como declividade, textura, profundidade do perfil e proximidade de área urbana. Apresentam potencial restrito para construções urbanas, sendo indicado o uso com áreas verdes e recreativas, devido às limitações como declividade, profundidade do perfil e textura do solo. Também apresentam potencial

restrito para agricultura urbana, sendo indicada para culturas perenes, como a fruticultura, silvicultura ou pastagem natural, devido às limitações como proximidade de área urbana, suscetibilidade a erosão e declividade.

5.1.8 A Carta de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

A vegetação exerce papel fundamental na preservação dos ambientes naturais à medida que uma grande parte da água da chuva fica retida nas copas e folhas das árvores, evitando que a água caia diretamente no solo, possibilitando uma infiltração mais lenta nas camadas subsuperficiais, reduzindo o risco do escoamento concentrado na superfície. É preciso também levar em consideração que mesmo em solos com vegetação preservada pode ocorrer erosão, só que em menor proporção.

As florestas também restringem o efeito das amplitudes térmicas e da umidade. A ausência da vegetação densa faz com que os solos sofram contrações e dilatações, abrindo fendas no terreno. Estas fendas favorecem a infiltração e percolação das águas diminuindo a resistência e coesão do material subsuperficial inconsolidado, assim favorecendo a erosão.

Na R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria nota-se a presença de florestas, principalmente nativas (45%) consideradas pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA) do Município de Santa Maria como área de influência da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Essas são áreas de restrito acesso para ocupação humana, como no topo de morros e áreas com maior declividade, na porção nordeste da área de estudo e junto ao morro Cechela, oeste do reservatório do DNOS (Tabela 8, Mapa 10) e nos morros residuais.

As florestas correspondem às florestas subcaducifólias subtropical, mantida pelas condições climáticas nesta unidade de relevo, com alta umidade do ar, chuvas abundantes e nevoeiros. Atualmente, encontra-se muito devastada pelas atividades agrícolas e pela ocupação humana através da expansão urbana, que ocorre sem nenhuma orientação ou planejamento.

A fotografia 2, tirada a partir do mirante 3 da estrada do Perau, em trabalho de campo do dia 29 de julho de 2009, nas coordenadas geográficas de 29°39'42"S e 53°46'39"W, em torno dos 280 m de altitude é um exemplo de vegetação de floresta ainda mantida na R. A. Nordeste, devido aos grandes desníveis altimétricos em que estão localizadas.

Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Área (km²)	Área (%)
Água	0,50	2,60
Urbana	5,50	29,10
Uso agrícola	0,30	1,60
Vegetação campestre	4,10	21,70
Floresta	8,50	45,00
Total	19,00	100,00

Tabela 8 - Medida das classes de uso da terra e cobertura vegetal da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

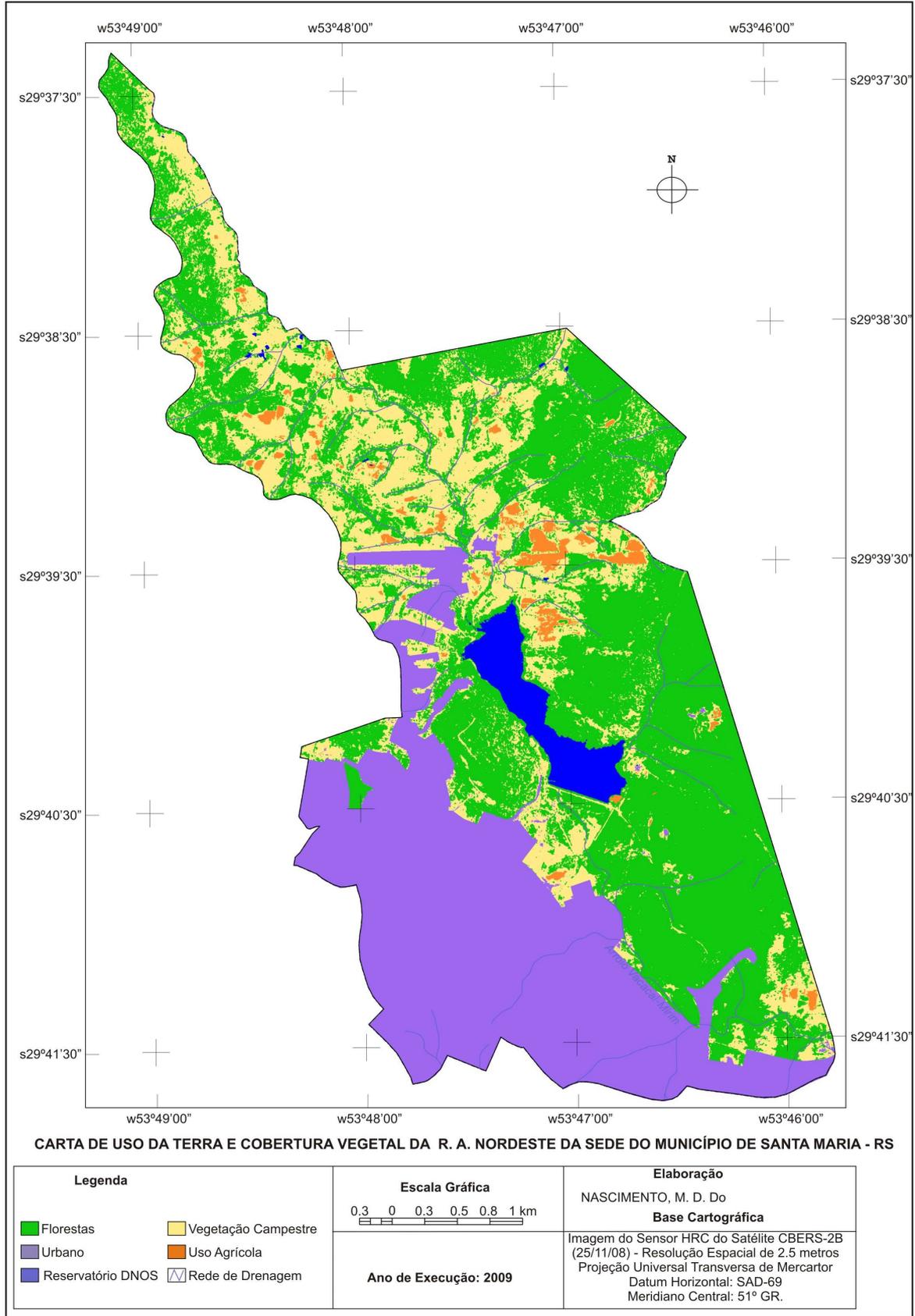


Fotografia 2 – Vegetação de floresta em relevo de morros na R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Fonte: Trabalho de Campo, agosto/ 2009.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

Segundo Ross (2005), as florestas naturais exercem grau de proteção muito forte sobre o ambiente, mantendo o equilíbrio dinâmico deste.



Mapa 10 – Carta de Uso do Solo e Cobertura Vegetal da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Fonte: imagem dos sensores HRC e CCD do satélite CBERS-2B de 25/11/2008.
 Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

A área urbana ocupa 29,1% da área e é encontrada praticamente na unidade morfoescultural da Depressão Periférica Sul-rio-grandense, sul e sudeste da área de estudo, que se constitui a base na qual a cidade está assentada, sob morfologias suavemente onduladas de colinas, denominadas regionalmente de coxilhas baixas e alongadas e por tabuleiros areníticos, cujas cotas raramente ultrapassam os 150 m. Esta morfologia caracteriza-se pela pequena amplitude altimétrica, constituída por colinas suaves, com interflúvios alongados e vertentes bem definidas, cujas declividades variam entre 6% e 12%.

Na fotografia 3 é possível verificar a urbanização a partir do trevo da Av. Nossa Senhora das Dores, nas coordenadas geográficas de 29°41'22"S e 53°47'35"W, do bairro Nossa Senhora das Dores, um dos mais urbanizados da área de estudo. Nota-se a presença de vegetação no quintal das residências e na avenida principal. Pode-se observar, também, que vem ocorrendo, além do crescimento urbano horizontal, um crescimento urbano vertical.



Fotografia 3 – Área urbana na R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria – RS – Bairro Nossa Senhora das Dores.

Fonte: Google Earth 29.07.2009.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

Segundo Dal'Asta, et al (2005) no morro Cechela as vertentes íngremes apresentam rochas expostas, onde a ação da água nas fraturas das rochas pode desencadear tombamentos e quedas de blocos e nas porções mais baixas da vertente ocorrem depósitos de colúvio e depósitos de rejeito sujeitos à escorregamentos. Na vertente oeste também se encontra uma pedreira de extração de basalto, hoje desativada. O abandono da lavra, quando da proibição, na década de 70, de pedreiras em áreas urbanas, fez com que as áreas próximas à extração, com substrato composto por material de rejeito da pedreira fossem ocupadas irregularmente por famílias de baixa renda.

De maneira geral, a ocupação é mais densa na base do morro, mas estende-se até, aproximadamente, 240 metros, na meia encosta. A porção situada mais próxima do topo ainda não está ocupada e encontra-se com cobertura vegetal de médio e grande porte (Fotografia 4).



Fotografia 4 – Ocupação na vertente oeste do Morro Cechela na R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Fonte: Trabalho de Campo, agosto/ 2009.
Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

A imagem 2, do Google Earth de julho de 2009 é outro exemplo de expansão urbana que vem ocorrendo na cidade de Santa Maria, na vila Bilíbio, no bairro Km3, entre as coordenadas 29°41'19"S e 53°46'24"W a 29°41'08"S e 53°46'11"W, numa

amplitude altimétrica em torno dos 98 m, sendo que a cota mais baixa é de 120 m e a mais alta é de 218 m, em declividades entre 12 e 30%. Esse local foi definido no presente trabalho como de forte a muito forte fragilidade ambiental potencial, em função de suas características físicas, como declividades acentuadas, presença de depósitos de colúvios e relevo em formas de morros, com predomínio de vertentes retilíneas.

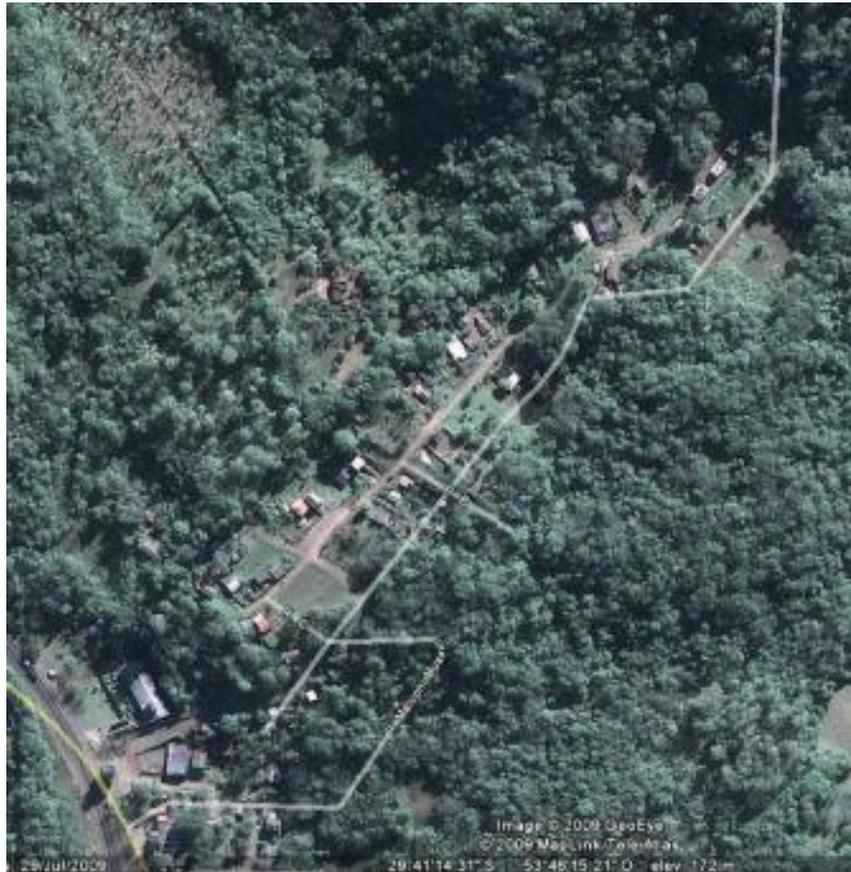


Imagem 2 – Expansão urbana na vila Bilibio, bairro Km3 da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Fonte: Google Earth 29.07.2009.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

Em contraposição às áreas com florestas, para Ross (2005) as áreas urbanas são as que apresentam o menor grau de proteção, tornando o ambiente extremamente frágil.

A área considerada agrícola corresponde a 1,6% do total da área mapeada e corresponde a uma área de 0,3 Km² a norte do reservatório do DNOS. Nessa área constatou-se, através de trabalho de campo, em agosto de 2009, que a principal

cultura desenvolvida é a plantação de cana, que serve de alimento para o gado e de pastagens, em pequenas propriedades (Fotografia 5).



Fotografia 5 – Exemplo de propriedade rural a norte do reservatório DNOS na R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Fonte: Trabalho de Campo, agosto/ 2009.
Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

A constituição vegetal formada por campos é encontrada em 21,7% da área de estudo, em relevo plano a suave ondulado de colinas. Há também, a presença de matas ciliares ao longo de arroios e riachos e capões de mato.

A partir da imagem 3 do satélite Ikonos do ano de 2004 é possível ter uma visão panorâmica do uso e ocupação da terra e da cobertura vegetal desta. Verifica-se que a urbanização concentra-se a sul/sudoeste da área de estudo com tendências a expandir-se em direção norte/noroeste. O relevo de morros e a vegetação de florestas se encontram na porção leste e norte da área, com exceção dos morros residuais a oeste. Ao norte/nordeste do reservatório do DNOS são encontradas agriculturas e/ou pastagens (1,6% da área), motivo este de se verificar solo exposto nesse local.

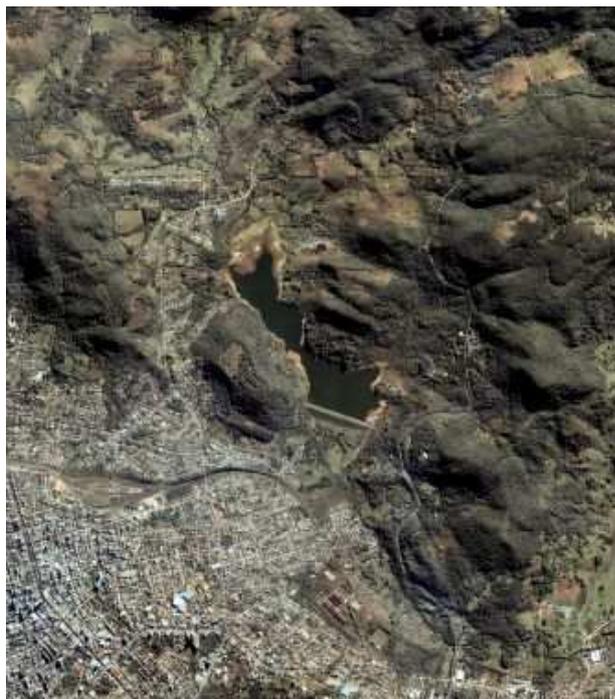


Imagem 3 – Visão panorâmica da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Fonte: Ikonos, 2004.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

A fotografia 6, tirada a partir do mirante 3 da estrada do Perau é uma amostra parcial de como se comporta o crescimento urbano, a vegetação e as áreas agrícolas da R. A. Nordeste de Santa Maria.



Fotografia 6– Visão panorâmica parcial do norte do reservatório DNOS na R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Fonte: Trabalho de Campo, agosto/ 2009.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

5.2 Apresentação e discussão da Carta de Fragilidade Ambiental Potencial

As delimitações das unidades espaciais que compõem a Carta de Fragilidade Ambiental Potencial (Mapa 11) expressam o equilíbrio dinâmico natural na R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria-RS, sem considerar a influência das atividades antrópicas e da cobertura vegetal, ou seja, as Unidades Ecodinâmicas Estáveis – Instabilidade Ambiental Potencial e as suas variações de instabilidade.

O mapeamento das classes com diferentes graus de fragilidade ambiental potencial é o resultado da ponderação das classes de fragilidade das cartas morfológica, pedológica, clinográfica, hipsométrica, geológica e geotécnica.

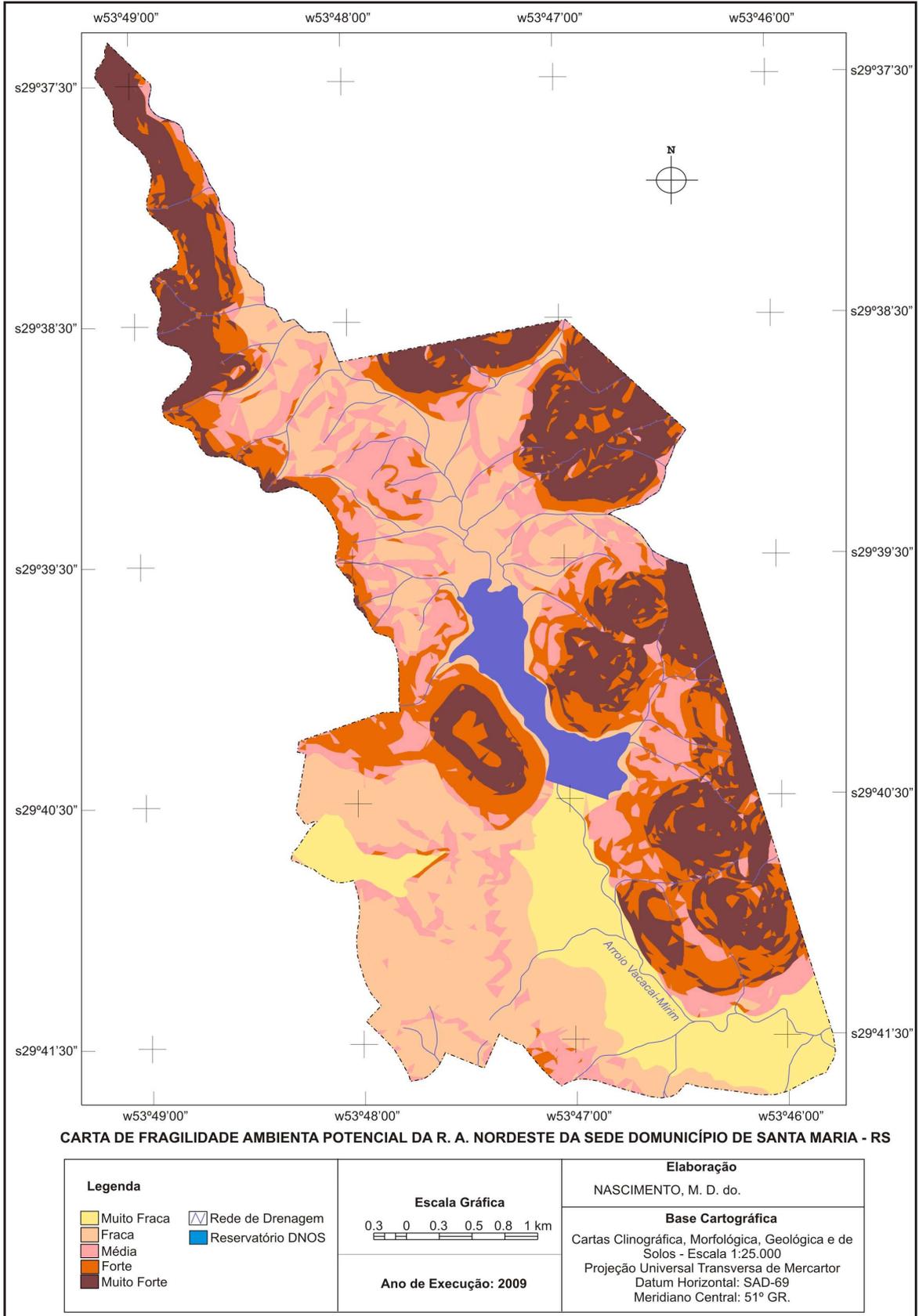
As classes de fragilidade potencial obtidas foram: muito fraca, fraca, média, forte e muito forte (Tabela 9).

Fragilidade Ambiental Potencial	Área (km²)	Área (%)
Muito Fraca	1,70	9,00
Fraca	6,00	31,70
Média	3,10	16,40
Forte	3,20	17,00
Muito Forte	4,90	25,90
Total	18,90	100

Tabela 9 - Medida das classes de fragilidade ambiental potencial da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

As áreas de fragilidade ambiental potencial considerada muito fraca correspondem a 9,0% da área mapeada, em uma extensão de 1,7 Km² localizadas, principalmente na margem direita do Vacacaí Mirim, a jusante da barragem do DNOS. São áreas com altitudes entre 110 e 130 m, declividades inferiores a 6%, compostas por Planossolos e de relevo plano, formada pela planície do rio Vacacaí-Mirim. Os Planossolo Háplico Eutrófico gleissólico são solos profundos, com susceptibilidade à erosão moderada a ligeira, devido a textura média argilosa. Pode ocorrer desmoronamento nos canais de drenagem. O relevo plano é formado, basicamente, por topos planos ou suavemente onduladas, típicos de vales.



Mapa 11 – Carta de Fragilidade Ambiental Potencial da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Fonte: Sobreposição de PIs das cartas Clinográfica, Morfológica, Geológica e de Solos.
 Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

A classe de fragilidade ambiental potencial considerada fraca abrange 31,7% da área de estudo, correspondente a 6 Km². São áreas com declividades entre 0 e 12%; altitudes entre 130 e 200 m; solos da classe dos Argissolos, sobre a Formação Caturrita, em relevo de colinas suave onduladas a onduladas e com predomínio de vertentes retilíneas a convexas. Observa-se que as áreas de depósitos fluviais, ao longo da rede de drenagem, também foram ponderadas como de fraca fragilidade.

A classe de fragilidade ambiental potencial intermediária abrange 16,4% da área mapeada, estendendo-se por uma área de 3,1 Km². São áreas que apresentam entre 12 e 20% de declividades, relevo de colinas onduladas a forte onduladas, com predomínio de vertentes convexas, mas praticamente com o mesmo tipo de solos da classe dos Argissolos, principalmente do Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico típico, originários da Formação Caturrita que em declividades abruptas são mais susceptíveis à erosão, devido à ausência de pedregosidade e rochosidade.

A classe de fragilidade ambiental potencial forte abrange 17% da área de estudo. São áreas com declividades entre 12 e 30% localizadas nas encostas dos morros, com vertentes convexas, aguçadas e em forma de escarpas. Os solos predominantes são os Neossolos, de pouca profundidade, originários da Formação Caturrita e Serra Geral.

As áreas onde ocorrem as classes de fragilidade ambiental potencial muito forte estão nas porções mais elevadas da área mapeada onde o relevo tem maior declividade, geralmente com inclinações superiores a 30% e correspondem a 25,9% da área de estudo, numa proporção de 4,9 Km². Localizam-se, principalmente, na região de transição do rebordo do Planalto, na porção leste e ao norte da área, nas maiores elevações, acima dos 200 metros, nos cumes e terço superior das vertentes sob morfologia de morros.

Nessa unidade predominam as combinações de Neossolo Regolítico Eutrófico léptico textura arenosa a média e Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário textura arenosa, originários dos basaltos da Formação Serra Geral e da Formação Caturrita, altamente susceptíveis à erosão, por serem pouco desenvolvidos e pouco profundos, textura franco-arenosa, estrutura fraca a moderada, muito pedregoso e pouco rochoso.

Em alguns locais da área de forte fragilidade potencial são encontrados depósitos de colúvio (observável na carta geológica da área - mapa 6). O colúvio corresponde ao material depositado ao pé das encostas. É bastante instável devido

sua heterogeneidade, uma vez que as partículas constituintes possuem diferentes resistências e características estruturais.

O resumo das características ambientais, em cada classe de fragilidade ambiental potencial identificada na área mapeada pode ser visualizado no quadro comparativo das classes de fragilidade potencial (Quadro 9).

Fragilidade Potencial	Clinografia (%)	Hipsometria (m)	Morfologia	Geologia	Solos
1 – Muito Fraca	< 6	110 – 130	Vale	F. Santa Maria	Planossolos
2 – Fraca	6 – 12	130 – 200	Vale/ Colinas	F. Caturrita	Argissolos
3 – Média	12 – 20	130 – 200	Colinas/	F. Caturrita	Argissolos
4 – Forte	20 – 30	200 – 270	Morros	F. Caturrita F. Botucatu	Neossolos
5 – Muito Forte	> 30	270 – 380	Morros	F. Caturrita F. Botucatu F. Serra Geral	Neossolos

Quadro 9 – Resumo das características ambientais das classes de fragilidade ambiental potencial.

Org. NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

Analisando o quadro 9 observa-se que as classes de fragilidade forte a muito forte, que somam 42,9% da área, estão em declividades acima dos 20%, em altitudes superiores a 200 m, em morfologia de encostas de morros, recobertos por solos rasos da classe dos neossolos, originários das Formações Caturrita, Botucatu e Serra Geral.

Nesse sentido, considerando os aspectos físico-ambientais, pode-se afirmar que estes locais não são apropriados para a expansão urbana e para o desenvolvimento de atividades humanas de natureza agrícola.

São áreas, que em função de suas características físicas, são susceptíveis às ações humanas, que poderão causar desequilíbrio no dinamismo da natureza e na sua evolução estável. No momento que esse equilíbrio é alterado o ambiente torna-se vulnerável ao desencadeamento de processos superficiais e sub-superficiais que podem causar riscos à população diretamente envolvida.

5.3 Apresentação e discussão da Carta de Fragilidade Ambiental Emergente

A fragilidade emergente, além de considerar os elementos naturais constantes na fragilidade potencial como tipos de solo, declividades, morfologia e geologia, acrescentam o elemento humano, que se caracteriza pelas suas intervenções no meio. Em relação ao uso da terra a R. A. Nordeste possui duas utilizações distintas: o uso agrícola (1,6% da área) e o uso urbano, 29,1% da área. Em relação à cobertura vegetal, também se pode afirmar que a R. A. Nordeste é coberta por dois tipos distintos de substrato que são: vegetação densa (floresta), 45% da área e vegetação mais esparsa de campos (rasteira, matos e capões) 21,7% da área de estudo.

O uso da terra e a cobertura vegetal conferem o grau de proteção dos ambientes naturais, desde muito fraco a muito forte, sendo que o muito fraco e fraco são definidos pelo uso excessivo da terra, quer com elementos urbanos, quer com a exposição direta do solo com atividades agropecuárias. O grau forte e muito forte de proteção é atribuído à cobertura vegetal que exerce papel fundamental na preservação dos ambientes naturais à medida que favorece a infiltração das águas da chuva e reduz o risco do escoamento concentrado na superfície.

De acordo com a análise da tabela 10 as classes de fragilidade ambiental emergente encontradas na área de estudo foram: muito fraca (0,6%), fraca (20,2%), média (28,4%), forte (48,6%) e muito forte (2,2%), as quais foram produtos da fragilidade potencial e do grau de proteção dado ao solo pela vegetação atual, sendo que cada tipo de vegetação protege de maneira diferente o solo.

Quanto mais desenvolvida e mais densa essa vegetação, melhor a proteção do solo. Assim, as florestas apresentaram o grau de proteção 1 (muito forte), enquanto a vegetação campestre apresentou o grau de proteção 2 (forte).

Na R. A. Nordeste a vegetação, por apresentar alto grau de proteção, amenizou a fragilidade potencial. Ao comparar a tabela 9 (fragilidade potencial) com a tabela 10 (fragilidade emergente) observa-se que a classe muito forte (5) de fragilidade potencial, que ocupava 25,9% da área, foi reduzida, na fragilidade emergente, para 2,2%. O alto grau de proteção dado pela cobertura vegetal reduziu a fragilidade potencial muito forte (5) para fragilidade emergente forte (4) e média (3) de acordo com o tipo de vegetação. As florestas reduziram para classe emergente

média (3), enquanto que a vegetação de campos reduziu para classe emergente forte (4).

Fragilidade Ambiental Emergente	Área (km²)	Área (%)
Muito Fraca	0,10	0,60
Fraca	3,70	20,20
Média	5,20	28,40
Forte	8,90	48,60
Muito Forte	0,40	2,20
Total	18,30	100,00

Tabela 10 - Medida das classes de fragilidade ambiental emergente da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

O aumento da classe forte (4), de 17% na área na fragilidade ambiental potencial para 48,6% na fragilidade ambiental emergente, deve-se à redução da classe de fragilidade ambiental potencial muito forte (5), conforme descrito acima e o aumento da classe de fragilidade ambiental potencial fraco de 20,2% para 31,7% na fragilidade ambiental emergente. Essa redução da fragilidade ambiental potencial fraca e o conseqüente aumento da fragilidade ambiental emergente forte são atribuídos, principalmente, à intensa urbanização nos setores sul e sudoeste da R. A. Nordeste. As alterações causadas no espaço natural pelas cidades proporcionam um grau maior de fragilidade ambiental, devido às alterações no ambiente físico-natural como a retirada da cobertura vegetal e a substituição por áreas construídas que introduz novas formas no relevo. A concentração de edificações (verticalização da topografia urbana), que em conjunto aumentam a rugosidade urbana, concentração de equipamentos e pessoas que através das atividades diárias liberam calor antropogênico na atmosfera aumentando a temperatura do ar, a impermeabilização do solo e a canalização do escoamento superficial também são elementos que contribuem para o aumento da fragilidade ambiental.

Portanto, ainda de acordo com as tabelas 9 e 10, verifica-se que as classes de fragilidade ambiental emergente muito fraca e fraca foram reduzidas, em relação às classes de fragilidade ambiental potencial desses mesmos graus, enquanto que as classes de fragilidade ambiental emergente média e forte foram ampliadas, em

relação a essas mesmas classes na fragilidade ambiental potencial. A classe de fragilidade ambiental emergente muito forte reduziu, significativamente, devido a proteção atribuída à cobertura vegetal, gerando, portanto, classes de fragilidade emergente de menor intensidade.

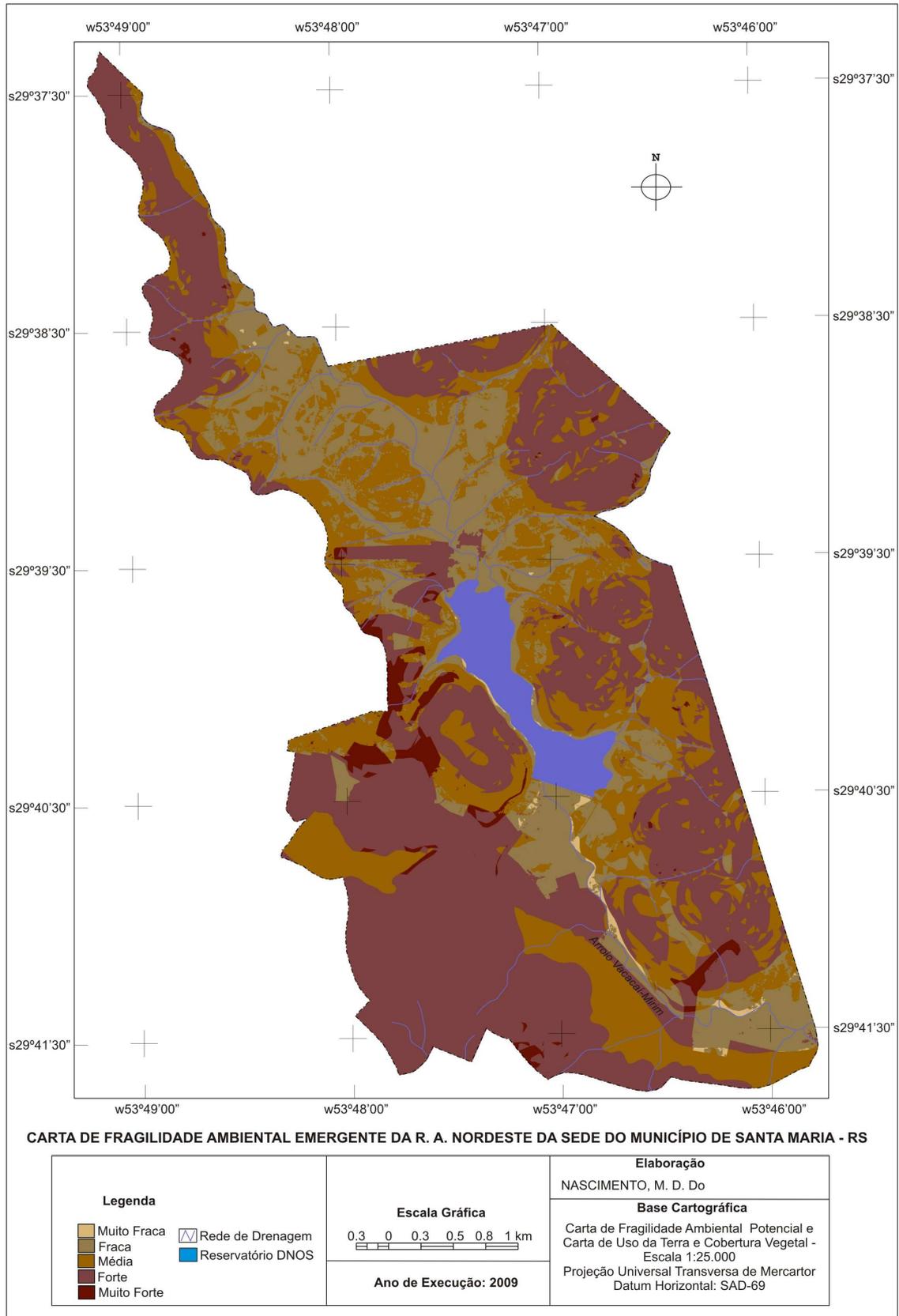
A partir da análise da Carta de Fragilidade Ambiental Emergente da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria – RS (Mapa 12) observa-se que a classe de fragilidade ambiental emergente mais representativa é a classe forte (4), que ocorre em 48,6% da área total, o que corresponde a uma extensão territorial de 8,9 km², podendo se observar também, que essa classe ocorre distribuída por todos os setores da área de estudo, sendo mais presente, porém no setor sudoeste, onde se localiza grande parte da mancha urbana e nos locais mais íngremes, com declividades acima dos 20%, que embora apresente cobertura vegetal, esta não impede que possa se desencadear processos superficiais de movimentos de massa, como rastejo e deslizamentos de encostas.

Outra classe de fragilidade ambiental emergente representativa na R. A. Nordeste é a fragilidade média que ocorre em 28,4% da área total, representando uma extensão territorial de 5,2 km².

Esta classe desenvolve-se predominantemente no médio curso do arroio Vacacaí Mirim, sul da barragem, em sua margem direita, local de deposição fluvial.

Ao norte da área de estudo, a fragilidade ambiental emergente, classificada como média, está ligada de maneira geral àquelas áreas que apresentam a categoria de uso do solo como sendo de uso agrícola: solo exposto, agricultura alternado com pastagens. Nesse sentido, mesmo os setores que apresentam declividades de até 6% e solos profundos como o Planossolo Háplico Eutrófico gleissólico e morfologia de planícies, classificadas como áreas de fragilidade potencial muito fraca, quando comparadas com o tipo de uso apresentam fragilidade emergente média.

A fragilidade média também se apresenta em locais com declividades menos acentuada, entre 6 e 12%, no sopé dos morros, em relevos suave ondulados, cobertos por vegetação rasteira e arbustiva.



Mapa 12 – Carta de Fragilidade Ambiental Emergente da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

Fonte: Carta de Fragilidade Ambiental Potencial e Carta de Uso da Terra e Cobertura Vegetal.
Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

A classe definida como sendo de fraca fragilidade ambiental emergente corresponde a 20,2%, representando uma extensão de 3,7 Km² de área. Ocorre em áreas de relevo suavemente ondulado a plano, em declividades inferiores a 6% ou até, no máximo 12%, em solos profundos e bem drenados como os Planossolos Háplico Eutrófico gleissólico e em solos onde ocorrem depósitos fluviais de várzeas como os Neossolos Flúvico Psamítico típicos. Embora, algumas áreas estejam em solos mediamente profundos e pouco drenados como os Argissolos Bruno-Acinzentado Alíticos típicos, a fragilidade emergente mantém-se fraca tendo em vista que estas áreas são cobertas por vegetação de campos, não urbanizadas e ainda preservadas das ações antrópicas agressivas ao meio.

A classe de fragilidade ambiental emergente considerada como muito fraca representa uma pequena porção da área, ou seja, apenas 0,6% e está associada, basicamente, à presença de matas galerias preservada no entorno do reservatório do DNOS e no médio curso de água do Vacacaí Mirim, ao sul da barragem. Neste sentido, apesar de estar ligada de forma expressiva à presença das matas, a fragilidade emergente muito fraca também ocorre a partir da existência de solos que apresentam boa profundidade e boa drenagem, como é o caso do Planossolo Háplico Eutrófico gleissólico, solos estes onde a fragilidade emergente muito baixa está mais presente.

A classe de fragilidade emergente muito forte está presente em 2,2% da área, o que representa em extensão territorial 0,4 km² (Tabela 10). Essa classe condiz com as áreas de ruptura de declive, cujo relevo é caracterizado por escarpas abruptas e vertentes retilíneas, com grande presença de solo exposto e ausência de vegetação arbórea densa, devido à presença de rocha exposta, principalmente, das formações Botucatu e Serra Geral. Nesses locais é comum a presença de depósitos de colúvios e são áreas extremamente suscetíveis a movimentos de massa, onde a presença do homem, embora já existente, em locais já urbanizados, como o setor oeste do morro Cechela, não é aconselhada. As declividades são sempre acima dos 30% e os solos encontrados são, geralmente, os Neossolo Regolítico Eutrófico léptico combinados com os Neossolo Litólico Eutrófico fragmentários, que são solos rasos e mal desenvolvidos.

O quadro 10 corresponde à síntese da fragilidade ambiental emergente caracterizada na R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria. É possível perceber que as classes de fragilidade potencial sofreram alterações em função do

grau de proteção atribuído com o uso da terra e da cobertura vegetal, conforme já explicados anteriormente.

A cobertura vegetal mais densa, de florestas contribuiu para a fragilidade emergente muito fraca e fraca, enquanto que o uso urbano contribuiu para a passagem da posição de fragilidade ambiental potencial fraca e média para uma fragilidade ambiental emergente forte a muito forte, sendo que ocupações antrópicas em locais com depósitos de colúvio, nas encostas dos morros com declividades acentuadas, extremamente susceptíveis ao desencadeamento de processos superficiais como erosão e movimentos de massa, transformou uma fragilidade ambiental potencial forte para uma fragilidade ambiental emergente muito forte.

Fragilidade Emergente	Fragilidade Potencial	Uso da terra e cobertura vegetal
1 – Muito Fraca	Muito Fraca	Vegetação densa – floresta
2 – Fraca	Muito Fraca Fraca	Vegetação rasteira – campo
3 – Média	Muito Fraca Fraca Média	Uso agrícola
4 – Forte	Fraca Média Forte	Urbanização
5 – Muito Forte	Forte Muito Forte	Urbanização em morfologia de morros, com depósitos de colúvios e declividades acentuadas

Quadro 10 – Resumo das características ambientais das classes de fragilidade ambiental emergente.

Org. NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

6 DISCUSSÃO E SÍNTESE DOS RESULTADOS FINAIS

A fragilidade ambiental se relaciona tanto com a dinâmica dos elementos naturais, como com o modo que o homem se utiliza desses elementos. Ao se realizar uma pesquisa com a finalidade de diagnosticar os diversos níveis de fragilidade ambiental natural ou modificada pelas ações antrópicas é invariavelmente necessário o estudo tanto dos elementos da natureza como dos elementos inseridos pelo homem, os quais compõem o ambiente, bem como o entendimento dos processos e da dinâmica dos mesmos, de forma integral e sistêmica. Da mesma maneira é preciso considerar a dinâmica de ocupação do local, considerando que esta é, em muitos casos, determinante para o equilíbrio ou desequilíbrio ambiental.

A partir dos resultados obtidos e apresentados nos capítulos anteriores cabem aqui algumas discussões e considerações sobre os mesmos, no intuito de contribuir para o aprofundamento das discussões ambientais da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria - RS.

A presente pesquisa teve como resultado síntese a construção de duas cartas de fragilidade ambiental. A primeira, de fragilidade ambiental potencial, obtida a partir da ponderação das classes de fragilidade ambiental das cartas clinográfica, morfológica, geológica e de solos e a análise das cartas de altimetria e geotecnia, que não foram ponderadas nas combinações das informações e a segunda, de fragilidade ambiental emergente, resultado da ponderação das cartas de fragilidade ambiental potencial e de uso da terra e cobertura vegetal.

Considerando a fragilidade ambiental potencial na R. A. Nordeste as classes compreendidas entre muita fraca e fraca representam 40,7% da área total da carta. Esta porcentagem ocorre em função de declividades pouco acentuadas nesse local da área de estudo, abaixo dos 12%, em morfologias de planícies aluviais e de colinas suavemente onduladas.

As classes de fragilidade ambiental potencial definidas como sendo média, forte e muito forte representam, juntas, 59,3% do total da área de estudo. Estas classes estão ligadas a relevos mais inclinados, acima de 12% de declividades e associados a solos com menor profundidade e menor capacidade de drenagem. Sendo que, desses 59,3%, 42,9% encontram-se em declividades superiores a 20%.

Em um contexto geral, a partir dos resultados obtidos, pode-se dizer que em relação à fragilidade ambiental potencial, a R. A. Nordeste é estável, porém

apresenta instabilidade potencial de forte a muito forte na maioria de sua área, visto que as declividades são acentuadas e há a presença de solos pouco ou mediamente profundos, com potencial restrito de uso para construções urbanas, devido às limitações de profundidade e de drenagem.

Considerando a fragilidade emergente, resultado da sobreposição de Planos de Informações das cartas de fragilidade ambiental potencial e de uso da terra e cobertura vegetal ocorre algumas mudanças no comportamento ambiental da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria, tendo em vista que o uso da terra é predominantemente urbano, presentes, sobretudo a sul e sudoeste da área e a cobertura vegetal é de florestas, presentes, essencialmente no topo dos morros, sudeste, leste e norte da área de estudo.

Levando em consideração, então, a fragilidade ambiental emergente do local de estudo nota-se que a área compreendida entre as classes média e muito forte correspondem a 79,2% da extensão total da área mapeada. Este resultado indica que a maior parte da área é formada por unidades ecodinâmicas instáveis, onde o equilíbrio natural pode ser afetado tendo em vista as modificações antrópicas na paisagem, o que leva a algumas considerações.

Nas áreas com predomínio de uso agrícola, fragilidade emergente média, setor norte da R. A. Nordeste, na entressafra, principalmente na estação do inverno, em função das baixas temperaturas, essas áreas ficam com solos expostos (Mapa 13). A falta de cobertura vegetal desses solos torna-os mais suscetíveis à erosão. Além dessa vulnerabilidade à erosão, os solos que não apresentam cobertura vegetal possuem uma capacidade menor de absorção da água da chuva, o que contribui para um maior escoamento superficial nesses locais aumentando, assim, a erosão laminar.

Nas áreas de urbanização consolidada, como é o exemplo do bairro Nossa Senhora das Dores (Mapa 13), destinada, basicamente ao uso residencial e comercial, com elevada densidade populacional o solo já se encontra totalmente impermeabilizado, com a presença de vegetação restrita aos quintais das casas e na alameda da Avenida Nossa Senhora das Dores. Por este motivo é atribuído a esses locais o grau de fragilidade emergente forte.

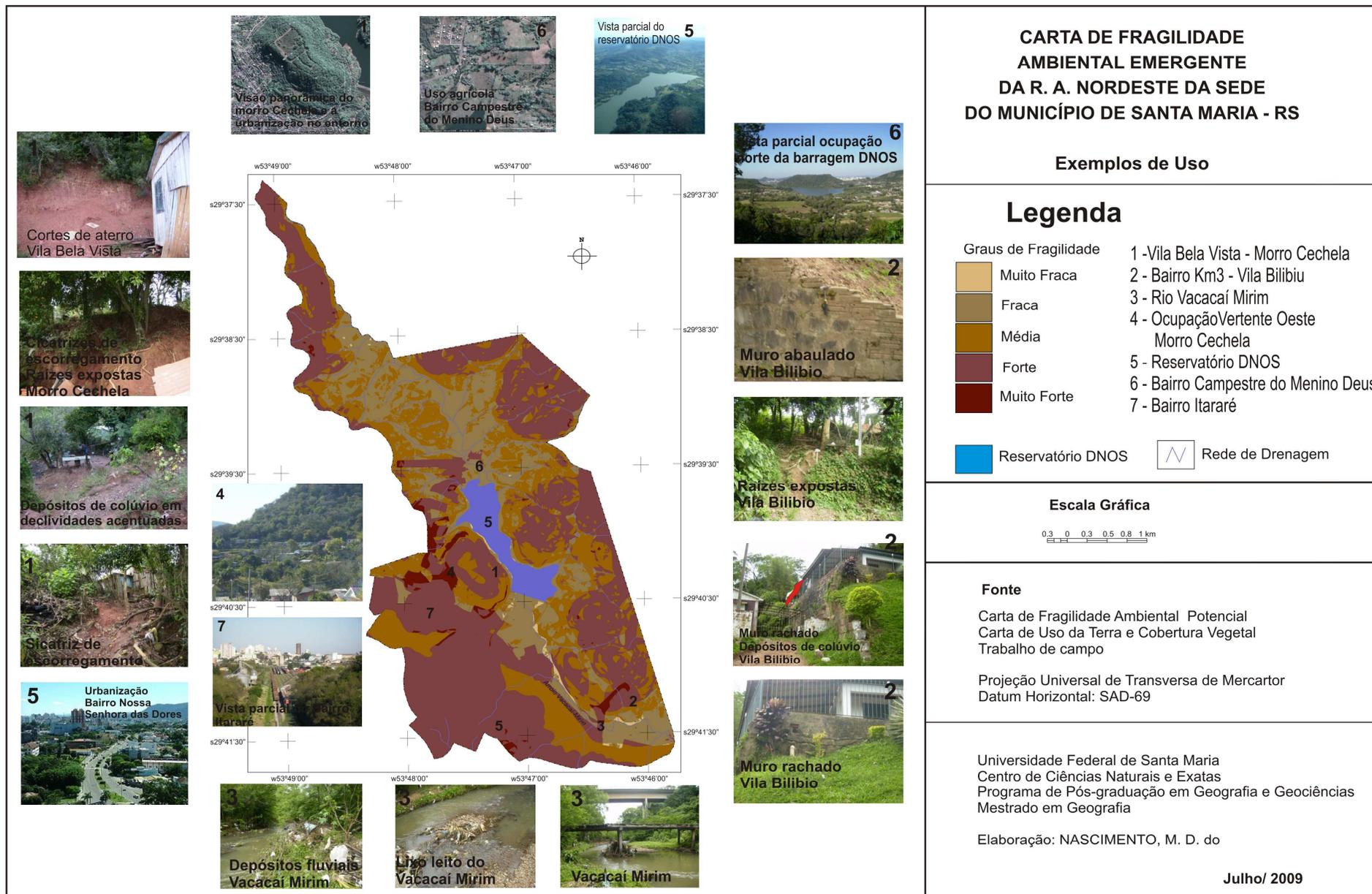
A expansão urbana em locais inadequados, como próximo ao leito do arroio Vacacaí Mirim, contribuem para uma fragilidade emergente forte nesse local, uma vez que são responsáveis pela poluição e assoreamento do arroio, em função dos

depósitos de lixo em suas margens e o despejo de esgoto a céu aberto, que são transportados, em ocorrência de chuvas, diretamente para o leito do arroio (Mapa 13).

Com relação ao assoreamento fica visível em vários locais do rio principal esse problema, onde se observa o pouco volume de água que alguns pontos apresentam. Este processo de assoreamento também é percebido, mesmo que de maneira empírica, pelos moradores mais antigos do local. Em trabalho de campo realizado no Km3, na ocupação próxima ao arroio, os moradores mais antigos comentaram que há 20 anos o rio não era dessa maneira, podia-se até tomar banho em seu leito. Os mesmos informaram que o volume de água do rio era bem maior em relação à quantidade que hoje se observa (Mapa 13). No entanto, o assoreamento do Vacacaí mirim, a montante do reservatório do DNOS, deve-se também ao fato da construção da barragem a sua jusante.

As ocupações em locais com declividades acentuadas, acima dos 20%, como em torno do morro Cechela, vila Bela Vista, no bairro Itararé e na vila Bilibio, no bairro Km3 é, também, um fator muito preocupante, pois essa urbanização desordenada e não planejada contribui para elevar a fragilidade ambiental emergente da área para forte e muito forte, causando desequilíbrio ambiental. Em trabalho de campo realizado nesses locais foi possível constatar cortes de aterro, sem proteção alguma, para construção de moradias de baixo padrão, bem como muros abaulados e rachados, nas residências, sinais de movimentos no relevo (Mapa 13). Também foram identificadas árvores com raízes expostas, sinais de perda de solo por erosão laminar e árvores inclinadas, sinais de movimentos de rastejos no local. Além desses fatores há o agravante da grande quantidade de lixo e esgoto a céu aberto presentes, principalmente na ocupação do morro Cechela, onde tanto o esgoto cloacal quanto a água servida e o lixo são lançados diretamente nas águas da barragem, ocasionando contaminação da água que abastece parte da cidade. Como esses locais estão em porções mais elevadas do relevo, por ocasião da chuva o lixo e o esgoto são transportados diretamente para o leito do arroio Vacacaí Mirim, promovendo a contaminação e assoreamento do mesmo.

Nos locais de fragilidade ambiental emergente fraca e muito fraca, embora não apresentem problemas ambientais imediatos, medidas de controle e proteção são indispensáveis as mesmas, para que estas não passem, futuramente para uma fragilidade ambiental emergente forte ou muito forte.



Mapa 13 – Carta de Fragilidade Ambiental Emergente da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria – RS com exemplos de uso.

Fonte: Carta de Fragilidade Ambiental Potencial, Carta de Uso da Terra e Cobertura Vegetal e fotografias adquiridas em trabalho de campo.

Elaboração: NASCIMENTO, M. D. do, 2009.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Diante dos resultados obtidos na presente pesquisa e com a finalidade de um melhor ordenamento do espaço municipal urbano, de modo a redistribuir os benefícios gerados pelo processo de urbanização e, ao mesmo tempo, preservar a qualidade do meio ambiente, confere-se as seguintes manifestações, como recomendações e diretrizes de ações para a R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria – RS:

- Consolidação e regularização das áreas já ocupadas, promovendo seu adensamento com maior aproveitamento da infra-estrutura instalada, evitando o espraiamento da expansão urbana.
- Regulamentação do uso e ocupação do solo urbano de acordo com a capacidade da infra-estrutura instalada e a diferenciação das áreas.
- Condicionamento da expansão da cidade à capacidade de oferta de infra-estrutura e à preservação ambiental.
- Restrição do adensamento da área da bacia hidrográfica do arroio Vacacaí Mirim.
- Formação de novas centralidades complementares ao uso residencial em locais de baixa fragilidade potencial.
- Controle da instalação de empreendimentos e atividades urbanas que possam causar impacto sobre o ambiente do local estudado.
- Articulação com órgãos estaduais e federais para controle e monitoramento das atividades humanas desenvolvidas na R. A. Nordeste que possam gerar impactos ambientais negativos.
- Conter a ocupação urbana na direção norte e nordeste da R. A. Nordeste.
- Definir indicadores ambientais e urbanos para monitorar a expansão e a ocupação urbana.
- Estabelecer critérios específicos para a ocupação em áreas de fragilidade ambiental potencial fraca e muito fraca.
- Conter a expansão urbana e a ocupação do homem em locais considerados de fragilidade ambiental potencial forte a muito forte.
- Definir critérios de adensamento, uso e ocupação diferenciados, de acordo com as distinções de fragilidade de cada área.

No que diz respeito à metodologia do mapeamento das fragilidades ambientais da paisagem em Unidades Ecodinâmicas Instáveis e Unidades Ecodinâmicas Estáveis propostas por Ross (1994), empregada no presente trabalho de pesquisa, os resultados obtidos demonstraram que essa metodologia apresentou-se satisfatória, pois foi possível mapear e analisar os diversos graus de fragilidade ambiental potencial e emergente encontrados na R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria, considerando tanto os aspectos físicos como as ações antrópicas.

Como a finalidade deste trabalho era fazer uma avaliação da paisagem da R. A. Nordeste da sede do município de Santa Maria, delimitando áreas com diferentes classes de fragilidade ambiental potencial e emergente e, a partir dessa delimitação verificar a viabilidade da expansão urbana, através de correlações do meio físico e humano, utilizando um método que considere as interdependências entre os elementos e fenômenos do espaço geográfico, afirma-se que os objetivos da pesquisa foram atingidos em sua totalidade.

O estudo e mapeamento da fragilidade ambiental da R. A. Nordeste tem o intuito de contribuir para o conhecimento da realidade ambiental da área e, neste sentido, auxiliar na implantação de políticas públicas mais consistentes com a sua realidade, na medida em que apresenta os locais de menor e maior grau de fragilidade ambiental dessa região.

A classificação em graus de fragilidade do ambiente natural contribui para subsidiar os responsáveis pelas políticas de ocupação territorial e exploração dos recursos naturais, no planejamento urbano adequado.

Através do uso dos SIGs, no estudo da fragilidade ambiental, consegue-se processar o grande volume de informações, que se encontram dispersas, fornecendo recursos para análise espacial de forma integral e sistêmica. Isto demonstra o grande potencial dos SIG's para os estudos integrados e a realização de cartas de fragilidade ambiental, com a finalidade de planejamento ambiental/urbano.

Entretanto é evidente que esta pesquisa não deve ser usada como único referencial para as ações de controle ambiental a serem utilizadas para o correto manejo ambiental da R. A. Nordeste, tendo em vista que este gerenciamento implica em análises muito mais complexas e elaboradas. Nesse sentido, cabe salientar que além dos dados produzidos por essa pesquisa são necessárias outras pesquisas

complementares que englobem outros focos de atuação na linha ambiental como, por exemplo, pesquisas que considerem os aspectos socioeconômicos, culturais e educacionais, visto que, estes apresentam relação com a intensidade de consumo, maior ou menor grau de consciência ambiental e mesmo a forma de intervenção no ambiente natural.

Considerando o que foi exposto e com a implementação de uma política de gerenciamento mais abrangente, onde além da administração pública, sejam envolvidas entidades de classe, grupos organizados, além da população diretamente envolvida, o controle e preservação dos recursos naturais podem conviver com o uso racional deste, ou seja, onde o uso que se faça da terra seja compatível com o grau de fragilidade dos aspectos físicos como declividades do terreno, tipo de solos e modelado do relevo.

Enfim, recomenda-se que seja realizado o diagnóstico das fragilidades ambientais, potencial e emergente, em todo o município de Santa Maria, como subsídio ao planejamento urbano/ambiental deste.

8. BIBLIOGRAFIA

ABREU, A. A. A Teoria Geomorfológica e sua edificação: análise crítica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 4, N. 2, 2003, p. 51-67.

AB'SABER, A. N. **Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário**. Geomorfologia, 18. São Paulo: IGEOG USP, 1969, 23p.

ALMEIDA P. S. G. de; DALMOLIN R. S. D.; KLAMT E. **Características, classificação e relação solo - superfície - material de origem dos solos do campus da UFSM**. Departamento de Solos, CCR, UFSM. Disponível em <<http://www.ufsm.br/ccr/solos>>. Acesso em 30 Agosto 2004.

AMORIM, J. M. de. Geografia sócioambiental ou Geografia do meio ambiente. **Geoambiente On-line**, Ver Eletrônica CAJ/UFG, p. 1-13, 2005.

ARCHELA, R. S. **Análise da Cartografia brasileira**: bibliografia da Cartografia na geografia no período de 1935-1997. São Paulo, 2000. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo.

ARCHELA, R. S., ARCHELA, E., BARROS, O. N. F., BENADUCE, G. M. C. Abordagem metodológica para a Cartografia ambiental. **Geografia**: Revista do Departamento de Geociências, Londrina, v. 11, n. 1, p. 57-65, 2002.

ARONOFF, S. **Geographic information systems**: a management perspective. Ottawa: WDL Publications, 1995.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 3 ed. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1991.

BARBOSA, R. P. **Revista Brasileira de Geografia**. V. 29, N. 4, Out/dez 1967.

BELÉM, J. **História do Município de Santa Maria, 1797 - 1933**. Santa Maria: Edições UFSM, 1989.

BERTALANFFY, L. von. **Teoria Geral dos Sistemas**. Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973.

BERTIN, J. **Sémiologie Graphique**: Les Diagrames, Les Réseaux, Les Cartes. Mouton e Gauthier – Villars. Paris, 1967 (432 p.).

BEZZI, M. L.; MARAFON, G. **Manual didático sobre a evolução do pensamento geográfico**. Santa Maria: UFSM, CCNE, Departamento de Geociências, Curso de Geografia, 1992.

BORTOLUZZI, C.A. **Contribuição à geologia da região de Santa Maria**. Porto Alegre, 1974.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação de solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BRAGA, R. Os Desafios do Estatuto da Cidade. In: **Boletim Território & Cidadania**. Ano III- N.2- jul/dez. LPM. Unesp. Rio Claro. 2003.

BRESSAN, S. J. Homem e natureza: elementos para uma abordagem dialética. **Ciência & Ambiente**. Universidade Federal de Santa Maria. CCR. Coordenação do Curso de Engenharia Florestal. Ano 2, N. 2, Janeiro/Junho 1991.

BRITO J. L. S. Elaboração de um mapa de fragilidade emergente e potencial da Bacia do Ribeirão Bom Jardim, Triângulo Mineiro, utilizando Geoprocessamento; **Anais do I Simposio Regional de Geografia**; 2002; p. 155 – 162. Uberlândia; Brasil; Português. Meio digital.

BRITO, J. L. S.; ROSA, R. Elaboração do mapa de solos da Bacia do Rio Araguari na escala de 1:500.000. In: **II Simpósio Regional de Geografia**, 2003, Uberlândia. CD-ROM do II Simpósio Regional de Geografia, 2003. p. 1-7.

BRUM A. F. **Geomorfologia e ambiente**, contributo metodológico. Estudos de Geografia Física e Ambiente, C.E.G., Linha de Ação de Geografia Física, 1993, Rel. N. 32.

CÂMARA, G.; Casanova, M.A.; Hemerly, A.S.; Medeiros, C.M.B. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. Campinas: UNICAMP, 1997. 197p

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Livro on-line. 2004 disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em 22 de setembro de 2008.

CARLOS, A. F. A. **Espaço e Indústria**. 3º ed. São Paulo: Contexto, 1990.

CASSETI, V. **Elementos de Geomorfologia**. Goiânia: Ed. UFG, 2001.

CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P. do. Riscos geológicos.. In: Oliveira, A. M. dos S.; Brito, S. N .A. de. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE. 1998, p. 301-310.

CHRISTFOLETTI, A. Impactos no meio ambiente ocasionados pela urbanização no mundo tropical. In: **Natureza e sociedade de hoje**: uma leitura geográfica. 2. ed. São Paulo: Hucitec-Anpur, 1994.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA e CUNHA (Org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2º Ed. 1995, p. 415-442.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, Ed. Da USP, 1974.

CORRÊA, R. L. **O Espaço Urbano**. 4. ed., São Paulo: Ática, 1999.

CUNHA, J.A. A gestão municipal através de tecnologia de geoprocessamento e cadastro urbano: Gerenciamento de dados físicos e sócio-econômicos do município de Serra Negra do Norte-RN. **Dissertação de Mestrado** - PPGEO, UFRN, 2001101p.

CUNHA, S. B. da e GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: GUERRA e CUNHA (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-379.

DAL'ASTA, A. P., RECKZIEGEL, B. W; ROBAINA, L. E. de S. Análise de áreas de risco geomorfológico em Santa Maria-RS: o caso do morro Cechela. **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada** – 05 a 09 de setembro de 2005 – USP.

DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. de A.; KLAMT, E. Relação solo-paisagem no Rebordo do Planalto do RS. In: **XVI Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**, 2006, Aracajú - SE. Anais da Reunião, 2006.

DE BIASI, M. **A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção**. Revista do Departamento de Geografia. v. 6. São Paulo: USP, 1992.

DIVISÃO SERVIÇOS GEOGRÁFICOS - DSG. **Carta topográfica de Santa Maria NE**. Folha SH.22-V-C-IV/1-NE

DIVISÃO SERVIÇOS GEOGRÁFICOS - DSG. **Carta topográfica de Santa Maria SE**, Folha SH. 22 – V – C – IV/1 – SE

EMBRAPA. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília. EMBRAPA, 1995, 116 p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro. EMBRAPA, 1997, 221 p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. 306p.

FABRIS, L.C. Composição florística e fitossociológica de uma faixa de floresta arenosa litorânea do Parque Estadual de Setiba, Município de Guarapari, ES. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995.

FITZ, P. R.. **Cartografia Básica**. Canoas: La Salle, 2000.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na Geografia Aplicada: Difusão e Acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, 17 (2005), p. 24-29.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. Oficina de Textos, INPE. São Paulo, 2002.

FUNDAÇÃO ECONOMIA E ESTATÍSTICA. FEE. Disponível em: <<http://www.fee.tche.br>>. Acesso em 15 de setembro de 2008.

GRANELL-PÉREZ, M. del C. **Trabalhando Geografia com as Cartas Topográficas**. Ijuí: ed. da Unijuí, 2001.

GREGORY, K. J. **A natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Projeto Radambrasil** – Levantamento de recursos naturais. v. 33. Rio de Janeiro: IBGE, 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E PESQUISA - IBGE. **Censo Demográfico 2000**. 2000. Disponível em <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 28 outubro 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E PESQUISA – IBGE - SIDRA. **Pesquisa Municipal**. 2009. Disponível em <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 de Agosto 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. SPRING: **Manual do usuário**. São José dos Campos: INPE, 1993.

INSTITUTO NACIONAL PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Sistemas de informação geográfica**. São José dos Campos. INPE, 1990.

JOHNSTON. R. J. **Geografia e Geógrafos**: a geografia humana anglo-americana desde 1945. Tradução de Oswaldo Bueno Amorim filho. São Paulo: Difel, 1986.

JOLY, F. A. **A Cartografia**. Tradução de Tânica Pelegrini. Campinas: Papirus, 1990.

JUSTUS, J. de O. Hidrografia. In: IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: 1990. p. 190-218.

KAUL, P. F. T. Geologia. In: IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: 1990. p. 29-54.

KLAMT, E.; DALMOLIN, R. S. D.; CABRAL, D. da R.. **Solos do município de São João do Polêsime**: características, classificação, distribuição geográfica e aptidão de uso. Santa Maria: UFSM, Departamento de Solos, 1997, 93p.

KLAMT, E.; DALMOLIN, R. S. D.; GONÇALVES, C. N. et al. **Proposta de normas e critérios para execução de levantamentos semi-detalhados de solos e para avaliação das terras**. Pelotas. NRS-SBCS, 2000, 44p (Boletim Técnico).

LIBAULT, A. **Os quatro níveis da pesquisa geográfica**. Métodos em Questão. 1 IGEOG-USP. São Paulo, 1971.

MACIEL FILHO, C.L. **Carta Geológica de Santa Maria (1:25.000)**. Santa Maria: UFSM, 1990. 21 p.

MACIEL FILHO, C.L. **Carta Geotécnica de Santa Maria (1:25.000)**. Santa Maria: UFSM, 1990. 21 p.

MACIEL FILHO, C.L.; SARTORI, P. L. P.; VEIGA, P.; GASPARETTO, N. V. L. **Mapa Geológico da Folha de Camobi - RS**. Texto explicativo. Santa Maria: FINEP/ UFSM, 1988. 10 p.

MARCONDES, M. J. de A. **Cidade e Natureza – proteção dos mananciais e exclusão social**. São Paulo: Studio Nobel. 1999.

MARQUES, J. S. Ciência Geomorfológica. In: GUERRA e CUNHA (Org). **Geomorfologia**: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 25-56.

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

MARTINELLI, M. **Curso de Cartografia Temática**. Campinas: Papyrus, 1991.

MELO, I. M. **Plano Municipal de Saúde 2004-2006**. Prefeitura Municipal de Santa Maria – RS, Secretaria de Município da Saúde. 2004

MENDONÇA F. de A. Geografia Sócioambiental. In: MENDONÇA, F.; KOZEL, S. (Orgs.). **Elementos de Epistemologia da Geografia contemporânea**. Curitiba: UFPR, 2002, p. 121-144.

MENDONÇA F. de A. **Geografia Socioambiental**. Terra Livre, vol 16, 2002, pp. 113-133

MENDONÇA, F. de A. **Geografia e Meio Ambiente**. São Paulo, Editora Contexto, 1993, 80p.

MENDONÇA, F. de A. **Geografia Física: ciência humana?** São Paulo, Editora Contexto, 1989, 78p.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Planejamento Territorial Urbano e Política Fundiária**. Cadernos do Ministério das Cidades 3. Brasília. 2004

MONTEIRO, C. A. F. **A questão Ambiental no Brasil**. São Paulo, Editora IG-USP, 1981, 135p

MONTEIRO, C. A. F. **Qualidade ambiental no Estado de São Paulo: Folha de Ribeirão Preto**. Escala 1:250.000. Laboratório de Climatologia, INSTITUTO DE GEOGRAFIA, USP, 1982.

MORAES, A. C. R. **Geografia: Pequena História Crítica**. São Paulo: Hucitec, 17º Ed. 1999.

MOREIRA, C. V. R.; PIRES NETO, A. G. Clima e Relevô. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

MOREIRA, R. **O que é Geografia**. São Paulo: Brasiliense, 1994.

MORIN, E. **O Método: A Natureza da Natureza**. Tradução de Maria Gabriela de Bragança. Mira-Sintra/Europa-América Ltda., 1997.

NASCIMENTO, M. D. do. Análise geomorfológica da carta topográfica de Santa Maria – RS. 2007. **Trabalho de Graduação** (Graduação em Geografia Bacharelado), Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 2ª. Ed. 3ª reimpressão. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1998.

OLIVEIRA, E. L. de A. Áreas de Risco Geomorfológico na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria/RS: Zoneamento e Hierarquização. 2004. 141 f. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

ORELLANA, M. M. P. **Fundamentos de Geomorfologia**. 3 ed., Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

ORELLANA, M. M. P. **Geografia e Planejamento**. A Geomorfologia no Contexto Social. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo. 1981.

PEDRON, F. Classificação do potencial de uso das terras do perímetro urbano de Santa Maria-RS. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria. 2005.

PEDRON, F. de A.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C. **Solos do Perímetro Urbano de Santa Maria**: características, classificação e potencial de uso. 1. ed. Santa Maria: Orium, 2008. v. 1. 143 p.

PINHEIRO, A. do C.. Levantamento e análise do processo de ocupação irregular do solo urbano nos últimos 30 anos (1970-2000) em Santa Maria-RS. **Trabalho de Graduação**. Santa Maria: UFSM/Curso de Geografia, março de 2002.

PORTO, C. G. Intemperismo em Regiões Tropicais. In: GUERRA e CUNHA (Org). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1996. p. 25-58.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA. **Lei complementar municipal nº 033 de 29 de dezembro de 2005**: institui a Lei de Uso e Ocupação do Solo, Parcelamento, Perímetro Urbano e Sistema Viário do Município de Santa Maria. Disponível em: <http://www.santamaria.rs.gov.br/_secretarias/pdf/ArqSec33.pdf> Acesso em: 18 jul. 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA. **Lei complementar municipal nº 034 de 29 de dezembro de 2005**: dispõe sobre a Política de Desenvolvimento Urbano Ambiental do Município de Santa Maria. Disponível em: <http://www.santamaria.rs.gov.br/_secretarias/pdf/ArqSec44.pdf> Acesso em: 12 dez. 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA. **Lei complementar municipal nº 042 de 29 de dezembro de 2006**: cria unidades urbanas, altera a divisão urbana de Santa Maria, dá nova denominação aos bairros e revoga a Lei Municipal nº 2770/86, de 02-07-86, Artigos 2º a 25 e dá outras providências. Disponível em: <http://www.santamaria.rs.gov.br/_secretarias/pdf/ArqSec60.pdf> Acesso em: 20 jun.2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA. **Mapa Informativo de Santa Maria**. 41ª Edição, Escala 1:25.000, 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA) de Santa Maria – RS**. 2006. Disponível em <www.santamaria.rs.gov.br/>. Acesso em 28 de junho 2007.

QUEIROZ, E. R. D. **Atlas Geoambiental de Maringá - da Análise a Síntese**: ocupação do espaço. Maringá: Clichetec, 2003.

RAISZ, E. **Cartografia General**. Ediciones Omega S/A. Barcelona, 1952 (435 p).

RAMBO, S. J. B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Selbach, 1956. 456 p.

RAMIREZ, M. R. Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados para Geoprocessamento. Rio de Janeiro: **Dissertação de Mestrado**, COPPE/UFRJ. 1994. 120p.

RECKZIEGEL, B. W. e ROBAINA, L. E. de S. Riscos geológico-geomorfológicos: revisão conceitual. **Ciência e Natura**. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas. Santa Maria:UFSM, 27 (2). 2005, p. 65 – 83.

ROBAINA, L. E. de S.; BERGER, M.; CRISTO, S. S. V. de; DE PAULA, P. M. Análise dos Ambientes Urbanos de Risco do Município de Santa Maria-RS. **Ciência e Natura**. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas. Santa Maria: UFSM, v. 23, dez. 2001, p. 139-152.

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

RODRIGUES, S. C. Análise empírico-experimental da fragilidade relevo-solo no cristalino do planalto paulistano: sub-bacia do reservatório Billings. São Paulo: 1998. **Tese de Doutorado** (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 264 p.

ROSA, R.. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Rd. UFUB, EDUFU, 2ª. Ed. 1992, 109p.

ROSA, R.. Metodologia para zoneamento de bacias hidrograficas utilizando produtos de sensoriamento remoto e integrados por sistema de informacao geografica. In: CD-ROM do **VIII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 1996, Salvador. São José dos Campos: INPE, 1996.

ROSS, J. L. S. & FIERZ, M. de S. Algumas Técnicas de Pesquisa em Geomorfologia. In VENTURA, L. A. B. (Org). **Praticando Geografia**: técnicas de campo e laboratório. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p. 69-84.

ROSS, J. L. S. (Org.). **Geografia do Brasil**. 4 ed., São Paulo: Edusp, 2003.

ROSS, J. L. S. Análise e síntese na abordagem geográfica do planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.9, p. 65-76. Jan./dez. 1995.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. In: **Revista do Departamento de Geografia**; n.8, p. 63 - 74. São Paulo, USP, 1994.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIAs-RIMAs. In: GUERRA, A.J.T., CUNHA, S.B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. Cap. 7, p. 291-336.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 8. ed. São Paulo: Contexto, 2005. 85 p. (Repensando a Geografia).

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

ROSS, J. L. S. Relevo Brasileiro, as superfícies de aplainamento e os níveis morfológicos. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo. 1991, n. 5, p. 7-27.

RUHOFF, A. L.; PORTO, V. A.; PEREIRA R. S. Mapeamentos de uso da terra e ocupação do espaço geográfico em Santa Maria, RS. R. **RA'E GA**, Curitiba, n. 7, p. 87-94, 2003. Editora UFPR

SANCHEZ, 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.. **Por Uma Geografia Nova**. São Paulo: Hucitec, 4ª edição, 1996.

SARTORI, M. G. B. Clima e Percepção. 2000. **Tese de Doutorado** (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia/FFLCH/USP, São Paulo, 2000.

SARTORI, M. G. B. O clima de Santa Maria, RS: do regional ao urbano. **Dissertação de Mestrado**. Depto de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP, São Paulo, 1979.

SAYDELLES, A. P. Estudo do campo térmico e das ilhas de calor urbano em Santa Maria-RS. 2005. **Dissertação de mestrado**. PPGGEO – Universidade Federal de Santa Maria, 2005..

SCARLATO, F. C. População e Urbanização Brasileira. In: ROSS. J. L. S (Org.). **Geografia do Brasil**. 4. ed. São Paulo: EDUSP, 2003. p. 381-463.

SEABRA, G.. **Fundamentos e Perspectivas da Geografia**. 2ª Edição. João Pessoa: Editora Universitária/ UFPB, 1999.

SECRETARIA DE ESTADO DA CULTURA - RIO GRANDE DO SUL. **Memória Cidadã**: Vila Belga. Porto Alegre: Sedac/CHO. 2002. 189 p.

SILVA, A.B. **Sistemas de Informações Geo-Referenciadas**: Conceitos e Fundamentos. Campinas-SP, Editora da UNICAMP, 1999. 236p.

SOUZA, B. S. P. e. A qualidade da água de Santa Maria/ RS: uma análise ambiental das sub-Bacias hidrográficas dos rios Ibicuí Mirim e Vacacaí mirim. 2001. 234 f. **Tese de Doutorado** (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, 2001.

SPÓSITO, E. S.. A propósito dos paradigmas de orientações teórico-metodológicas na Geografia contemporânea. **Terra Livre**. São Paulo. N. 16. 2001, p. 99-112.

SUERTEGARAY, D. M. A. e NUNES, J. O. R.. A natureza da Geografia Física na Geografia. **Terra Livre**. São Paulo n. 17. 2001, p. 11-24.

TRICART, J. **Ecodinâmica**, Rio de Janeiro: SUPREN, 1977, 97 p.

TRICART, J. **Principes et méthodes de la geomorphologie**. Paris: Masson et Cie. 1965.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem Sistêmica e Geografia. **Geografia**. Rio Claro: v. 28, n. 3, p. 345-362, set./dez., 2003.

ANEXOS

Pesos aplicados no LEGAL do SPRING 4.3 para a Carta de Fragilidade Ambiental Potencial

```

{
// Pesos a ser aplicados
// MapaDeclividade = 0.250
// MapaGeologiaB = 0.250
// MapaGeomorfologico = 0.250
// MapaSolos = 0.250
// Razao de consistência
// CR = 1.000 = 100%
// Programa em LEGAL
// Este programa deve ser completado
// pelo usuario para incluir os dados
// apresentados entre os sinais de <>
// Definicao dos dados de entrada
Tematico var1 ("MapaDeclividade");
Tematico var2 ("MapaGeologia");
Tematico var3 ("MapaGeomorfologico");
Tematico var4 ("MapaSolos");
Tabela tab1 (Ponderacao);
tab1 = Novo (CategorialNi = "MapaDeclividade" ,
            "0e6":0.1,
            "6e12":0.3,
            "12e20":0.5,
            "20e30":0.7,
            "maior30":1.0);
Tabela tab2 (Ponderacao);
tab2 = Novo (CategorialNi = "MapaGeologia" ,
            "Santa_Maria":0.3,
            "Caturrita":0.5,
            "Botucatu":0.7,
            "Serra_Geral":1.0,
            "Santa_Maria_DF":1.0,
            "Caturrita_DC":1.0,
            "Botucatu_DC":1.0,
            "Caturrita_DF":1.0,

```

```

        "Serra_Geral_DC":1.0,
        "Santa_Maria_DC":1.0);
Tabela tab3 (Ponderacao);
tab3 = Novo (CategorialNi = "MapaGeomorfologico" ,
        "Vale":0.5,
        "Colinas":0.7,
        "Morros":1.0);
Tabela tab4 (Ponderacao);
tab4 = Novo (CategorialNi = "MapaSolos" ,
        "RRe2":1.0,
        "RUq":1.0,
        "PBa_CAI":0.7,
        "RRe2_RLe":1.0,
        "SXe":0.5,
        "PBa_CAI2_PBa_CAI3":0.7,
        "PVAvd1":0.5,
        "PVe":0.5,
        "RRe1":1.0,
        "agua":0.0);
// Definicao do dado de saida
Numerico var5 ("MapaFragilidadePotencial");
// Recuperacao dos dados de entrada
var1 = Recupere (Nome="Declividade");
var2 = Recupere (Nome="Geologia");
var3 = Recupere (Nome="Geomorfologia");
var4 = Recupere (Nome="Solos");
// Criacao do dado de saida
var5 = Novo (Nome="FragilidadePotencial2", ResX=2.5, ResY=2.5,
Escala=10000,
        Min=0, Max=1);
// Geracao da media ponderada
var5 = 0.250*(Pondere(var1, tab1)) + 0.250*(Pondere(var2, tab2))+
0.250*(Pondere(var3, tab3))+ 0.250*(Pondere(var4, tab4));
}

```

Pesos aplicados no LEGAL do SPRING 4.3 para a Carta de Fragilidade Ambiental Emergente

```

{
// Pesos a ser aplicados
// MapaFragilidadePotencial = 0.500
// MapaUsoCobertura = 0.500
// Razao de consistência
// CR = 1.000
// Programa em LEGAL
// Este programa deve ser completado
// pelo usuario para incluir os dados
// apresentados entre os sinais de <>
// Definicao dos dados de entrada
Tematico var1 ("MapaFragilidadePotencial");
Tematico var2 ("MapaUsoCobertura");
Tabela tab1 (Ponderacao);
tab1 = Novo (CategorialNi = "MapaFragilidadePotencial" ,
            "Muito_Fraca":0.1,
            "Fraca":0.3,
            "Media":0.5,
            "Forte":0.7,
            "Muito_Forte":1.0);
Tabela tab2 (Ponderacao);
tab2 = Novo (CategorialNi = "MapaUsoCobertura" ,
            "agua":0,
            "urbana":1.0,
            "campo":0.5,
            "floresta":0.3,
            "solo":0.7);
// Definicao do dado de saida
Numerico var3 ("MapaFragilidadeEmergente");
// Recuperacao dos dados de entrada
var1 = Recupere (Nome="FragilidadePotencial");
var2 = Recupere (Nome="UsoSolo");
// Criacao do dado de saida

```

```
var3 = Novo (Nome="FragilidadeEmergente", ResX=2.5, ResY=2.5,  
Escala=10000,  
Min=0, Max=1);  
// Geracao da media ponderada  
var3 = 0.500*(Pondere(var1, tab1)) + 0.500*(Pondere(var2, tab2));  
}
```