



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



## Avaliação da Fragilidade Ambiental na Microbacia do Ribeirão de Imaruí/SC: uma análise comparativa entre o modelo da Fragilidade Empírica dos Ambientes e o Método da Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE)

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em  
Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina como  
parte dos requisitos à obtenção do Título de Mestre.  
Área de concentração: Utilização e Conservação dos  
Recursos Naturais

**Kleber Nunes Pereira**

**Orientadora: Profa. Dra. Maria Lúcia de Paula Herrmann**  
**Co-orientador: Masato Kobiyama**

**Florianópolis**  
**2009.**

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária da  
Universidade Federal de Santa Catarina

P436a Pereira, Kleber Nunes

Avaliação da fragilidade ambiental na microbacia do  
Ribeirão de Imaruí/SC [dissertação] : uma análise  
comparativa entre o modelo de fragilidade empírica  
dos ambientes e o método da Equação Universal de Perda  
de Solo Revisada (RUSLE) Kleber Nunes Pereira ;  
orientadora, Maria Lúcia de Paula Herrmann. -  
Florianópolis, SC, 2009.

132 f.: il., grafs., tabs., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas.  
Programa de Pós-graduação em Geografia.

Inclui referências

1. Geografia. 2. Planejamento. 3. Zoneamento. 4.  
Microbacia. 5. Fragilidade. 6. RUSLE. 7. APA. I. Herrmann,  
Maria Lucia de Paula. II. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III.  
Título.

CDU 91

*“Parte do princípio de que as pessoas precisam, em primeiro lugar, entender o que é cultura para, depois, entender o que é ciência. Assim, cultura é o conjunto de valores do homem, algo que vem sendo conquistado desde a pré-história até a contemporaneidade. A pesquisa agrega conhecimento à cultura, alimenta a ciência e acelera os processos evolutivos das sociedades”*

*Aziz Nacib Ab Saber*

## AGRADECIMENTOS

É difícil mencionar todas as pessoas que de uma forma ou de outra colaboraram para a concretização desta Dissertação, às quais gostaria sinceramente de agradecer.

A meus pais, Claudemir e Miriam, que me apoiaram e me apóiam em todos os momentos de minha vida.

A minha vó Terezinha e minha tia Raquel por todo apoio sempre.

A Professora Dra. Maria Lúcia de Paula Herrmann, pela orientação e estímulo para que se fosse concluído mais esta etapa.

Ao Professor Dr. Masato Kobiyama, pelas sugestões e indicações bibliográficas.

Ao meu amigo Celso Voos por suas sugestões, paciência e ajuda com o Arcgis.

Aos meus amigos Juaci do Amaral e Haline Dias, pelas “trocas de idéias” e ajuda nos trabalhos de campo.

Aos meus amigos e colegas de mestrado, em especial a Leandro, Alessandro, Jubrael, Lucas, Mateus e Nádia.

A todos os professores do Departamento de Geociências e a Marli por sua grande competência frente à Secretaria de Pós-Graduação.

A todos meus amigos de Imaruí, em especial ao meu amigo “Toninho”.

A todo pessoal da CTCOST/MMA, pelo apoio e sugestão, em especial a Luiz Fernando Cybis.

A todos vocês, o meu muito obrigado!

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Justificativa .....	4
1.2. Objetivos .....	6
<b>2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>7</b>
2.1. Ocupação da Microbacia do Ribeirão de Imaruí.....	12
2.2. Geologia.....	16
2.3. Geomorfologia.....	19
2.4. Clima.....	22
2.5. Determinação das Potencialidades da Microbacia do Ribeirão de Imaruí (MRI) para Criação de uma Área de Proteção Ambiental.....	24
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>28</b>
3.1. Análises e Diagnósticos Ambientais .....	28
3.2. Metodologias de Avaliação Integrada da Paisagem para Estudos de Planejamento Ambiental.....	34
3.2.1. Ecodinâmica .....	35
3.2.2. Fragilidade dos Ambientes Naturais .....	35
3.2.3. Vulnerabilidade à perda de solo .....	40
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>50</b>
4.1. Modelo da Fragilidade Emergente Com Apoio nas Classes de Declividade...50	
4.2. Fatores do Modelo RUSLE.....	54
<b>5. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS-OPERACIONAIS.....</b>	<b>63</b>
<b>6. DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS TEMÁTICOS PRIMÁRIOS E GRÁFICOS     GERADOS .....</b>	<b>67</b>
6.1. Mapa Geológico .....	67
6.2. Geomorfologia.....	71
6.2.1. Mapa Hipsométrico.....	79
6.2.2. Mapa Clinográfico .....	81
6.3. Mapa Pedológico.....	83
6.4. Dados Climáticos .....	85
6.5. Mapa de Uso e Cobertura da Terra .....	92

<b>7. ANÁLISE DOS RESULTADOS - ANÁLISE AMBIENTAL DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO DO IMARUI CONSIDERANDO OS MODELOS APLICADOS: DA FRAGILIDADE EMERGENTE E RUSLE.....</b>	<b>97</b>
7.1. Análise das Classes da Fragilidade Emergente.....	97
7.2. Análise do Resultado da Aplicação da RUSLE.....	101
<b>8. CORRELAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS MODELOS DE ANÁLISE DA FRAGILIDADE (FRAGILIDADE EMPÍRICA E RUSLE).....</b>	<b>105</b>
<b>9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>113</b>
<b>10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>117</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Localização da área de estudo.....	09
<b>Figura 2:</b> Hidrografia da Microbacia do Ribeirão de Imaruí.....	10
<b>Figura 3:</b> Vista da área da microbacia.....	11
<b>Figura 4:</b> Mapa Geológico da MRI.....	18
<b>Figura 5:</b> Perfil topográfico da Microbacia do Ribeirão de Imaruí- MRI.....	20
<b>Figura 6:</b> Modelo Digital de Terreno da Microbacia do Ribeirão de Imaruí.....	21
<b>Figura 7:</b> Temperatura média mensal registrada para o município de Laguna para um período de 34 anos.....	22
<b>Figura 8:</b> Precipitação total mensal para o município de Laguna para um período de 34 anos (1951 a 1985).....	23
<b>Figura 9:</b> Áreas de Proteção Permanente na MRI.....	27
<b>Figura 10:</b> Mapa dos índices de erodibilidade do solo.....	55
<b>Figura 11:</b> Distribuição das estações pluviométricas.....	57
<b>Figura 12:</b> Interpolação dos dados de precipitação para cálculo da média pluviométrica do município de Imaruí.....	58
<b>Figura 13:</b> Direção do fluxo em que a célula central (X) é codificada.....	59
<b>Figura 14:</b> Mapa do Fator Topográfico da MRI.....	61
<b>Figura 15:</b> Mapa geológico da Microbacia do Ribeirão de Imaruí.....	69
<b>Figura 16:</b> Localização da Formação Suíte Pedras Grandes.....	70
<b>Figura 17:</b> Unidades de Classificação do Relevo.....	73
<b>Figura 18:</b> Localização de depressão fechada, com formação de pequenos lagos.....	74
<b>Figura 19:</b> Perfil topográfico, transversal a bacia, com as principais formas de relevo da MRI.....	75
<b>Figura 20:</b> Localização do perfil topográfico.....	76
<b>Figura 21:</b> Localização da área de estudo nas unidades morfoesculturais.....	77
<b>Figura 22:</b> Mapa Geomorfológico da MRI.....	78
<b>Figura 23:</b> Mapa Hipsométrico da MRI.....	80
<b>Figura 24:</b> Classes de declividade na MRI.....	82
<b>Figura 25:</b> Mapa Pedológico da MRI.....	84
<b>Figura 26:</b> Precipitação total mensal para o município de Laguna para um período de 34 anos.....	86

<b>Figura 27:</b> Precipitação total mensal para o município de Armazém para um período de 52 anos (1951 a 2003).....	87
<b>Figura 28:</b> Precipitação total mensal para o município de São Martinho para um período de 08 anos (1996 a 2004).....	88
<b>Figura 29:</b> Localização das Estações Meteorológicas e Pluviométrica.....	89
<b>Figura 30:</b> Distribuição das isoietas de precipitação.....	91
<b>Figura 31:</b> Fotos a ,b ,c e d da área da Microbacia.....	94
<b>Figura 32:</b> Áreas das classes de uso da terra e cobertura vegetal.....	95
<b>Figura 33:</b> Distribuição das classes de uso da terra e cobertura vegetal.....	95
<b>Figura 34:</b> Mapa de cobertura vegetal e uso da terra da Microbacia.....	96
<b>Figura 35:</b> Gráfico das áreas das classes de fragilidade.....	98
<b>Figura 36:</b> Mapa da Fragilidade Ambiental Emergente da MRI.....	100
<b>Figura 37:</b> Gráfico das classes de uso da terra e cobertura vegetal.....	102
<b>Figura 38:</b> Mapa de Perda de Solo Anual da MRI.....	104
<b>Figura 39:</b> Distribuição das classes de fragilidade na Cobertura vegetal de Capoeirão.....	108
<b>Figura 40:</b> Distribuição das classes de fragilidade nas áreas de Capoeirão.....	109
<b>Figura 41:</b> Perda de solo nas áreas de capoeirão.....	110
<b>Figura 42:</b> Distribuição da perda de solo na cobertura vegetal de capoeirão.....	111



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Distribuição da População da Freguesia de Imaruí, em 1854 e 1872 .....	14
<b>Tabela 2:</b> Classes de Declividade.....	52
<b>Tabela 3:</b> Potencial de erosividade das chuvas.....	53
<b>Tabela 4:</b> Índice de erodibilidade da MRI (ton.ha.h/há.MJ.mm).....	54
<b>Tabela 5:</b> Valores do Fator C.....	62
<b>Tabela 6:</b> Porcentagens do grau de fragilidade para as duas metodologias utilizadas.....	106

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Censo Populacional de Imaruí.....	15
<b>Quadro 2:</b> Categorias Morfodinâmicas.....	35
<b>Quadro 3:</b> Descrição dos parâmetros para análise da Fragilidade dos Ambientes.....	36
<b>Quadro 4:</b> Classes de Fragilidade dos Solos.....	50
<b>Quadro 5:</b> Grau de proteção ao solo exercido para cada tipo de cobertura vegetal e uso da terra.....	52
<b>Quadro 6:</b> Roteiro metodológico/operacional do projeto de pesquisa.....	63
<b>Quadro 7:</b> Base cartográfica para elaboração de mapas temáticos e mapa de fragilidade.....	64
<b>Quadro 8:</b> Classes de uso para classificação digital na Microbacia do Ribeirão de Imaruí.....	92
<b>Quadro 9:</b> Variáveis utilizadas em cada procedimento técnico-operacional.....	105

## RESUMO

A Microbacia Hidrográfica do Ribeirão de Imaruí, situada no município de Imaruí, Santa Catarina, é uma área utilizada para o abastecimento hídrico do perímetro urbano. Nos últimos 50 anos a microbacia passou por modificações quanto ao uso da terra, o que fez diminuir significativamente a quantidade hídrica da área, apesar dos altos índices pluviométricos. Além disso, encontram-se uma certa variabilidade hipsométrica e clinográfica. Esses fatores pluviométricos, geomorfológicos e mudança no uso da terra, geralmente aumentam consideravelmente a fragilidade do meio e as perdas de solo. Muitos modelos de análises ambientais aplicados não refletem, muitas vezes, na realidade do local. Para este estudo foram comparados dois modelos, um proposto por Jurandyr Ross (1994), denominado de Fragilidade Empírica dos Ambientes, e outro por K. Renard et al (1991), denominado de Equação Universal de Perda do Solo Revisada. O objetivo foi comparar os dois modelos e assim obter um zoneamento adequado da microbacia, afim de propor a implantação de Área de Proteção Ambiental. A área foi caracterizada por seus diversos atributos: rochas, relevo, solo, cobertura vegetal/ uso da terra e pluviosidade. Estes dois modelos apresentam diferenças na operacionalização dos métodos, e também, nas variáveis analisadas. Destas divergências resultam dois mapeamentos diferenciados. Apesar dos diferentes resultados apresentados pelos dois modelos de análise, seus objetivos são os mesmos, servir como subsídio ao planejamento estratégico ambiental.

**Palavras-chave:** Microbacia; Planejamento; Fragilidade; RUSLE; Zoneamento; APA.

## ABSTRACT

The watershed of the Ribeirão Imaruí, located in the municipality of Imaruí, Santa Catarina, is an area used for water supply of the urban perimeter. In the last 50 years the watershed has undergone changes regarding the land use, which did significantly reduce the amount of water in the area, despite the high rainfall. Moreover, there is some hypsometric and clinographic variability. The factors rainfall, geomorphology and change in land use, usually increase considerably the fragility of the environment and the soil loss. Many types of environmental analysis applied not reflect, often, in fact the site. For this study I compared two models, one proposed by Jurandyr Ross (1994), called Fragility Empirical of Environments, and another by K. Renard et al (1991), called the Revised Universal Soil Loss Equation. The objective was to compare the two models and thereby obtain an appropriate zoning of the watershed, to propose the establishment of the Environmental Protection Area. The area was characterized by various itens: rocks, relief, soil, vegetation cover / land use and rainfall. These two models differ in operation methods, and also in the variables. These differences result from two different mappings. Despite the different results produced by the two models of analysis, their goals are the same, to serve as a subsidy to the strategic planning environmental.

**Keyword:** Watershed; Planning; Fragility; RUSLE; Zoning; Environmental Protection Area.

## 1. INTRODUÇÃO

Programas e projetos governamentais têm sido implementados no Brasil nas últimas décadas com a finalidade de buscar modelos que otimizem uma relação custo benefício favorável aos lucros em curto prazo. Subestimam ou simplesmente não consideram os efeitos prejudiciais, a longo e médio prazo, ao ambiente e à sociedade. Em geral, a má distribuição de renda, o êxodo rural, a degradação ambiental, as crises econômicas, sociais e políticas são as principais conseqüências resultantes, indicando que o Estado, a cada dia que passa, vem perdendo o poder de superar os problemas advindos da não implementação de modelos de gestão do território que visam o desenvolvimento sustentável.

Transgressões à natureza e à sociedade assistidas em praticamente todo o país são as conseqüências decorrentes dos modelos de desenvolvimento implantados. Isto demonstra que não é mais suportável para a sociedade, nem para a natureza, modelos de desenvolvimento que não respeitem seus limites, suas capacidades de absorver impactos e auto-regenerar-se, sob pena de desaparecimento de ambas.

Conforme descrevem Guerra & Marçal (2006, p. 21):

A complexidade ambiental em que vivemos nos conduz, na maioria das vezes, a trabalhar com ou a partir dos processos de degradação já em desenvolvimento, levando-nos a desafios ainda maiores para buscar soluções que apontem mecanismos que relacionem as possíveis causas e, ao mesmo tempo, entender os processos que levam a acentuar os problemas ambientais. Neste cenário, torna-se também relevante a busca de adequar metodologias e ferramentas para trabalhar o planejamento de unidades ambientais que apontem perspectivas mais coerentes e duradouras para a proteção, preservação e conservação das diversidades de paisagem e unidades de paisagem, sobre a superfície terrestre.

Entre as propostas metodológicas que podem auxiliar o ordenamento territorial, merece destaque a análise da fragilidade à perda de solo. Esta análise não é uma abordagem nova, haja vista que ela utiliza os princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977) e assemelha-se à análise da fragilidade dos ambientes proposta por Ross (1994), que vem sendo utilizado nos últimos anos, tanto em pesquisas acadêmicas como em trabalhos de consultoria, contudo, a

eficácia de aplicação de um modelo que possa avaliar a fragilidade ambiental ainda é incipiente, a qual nos leva a interagir outros modelos de forma a garantir resultados próximos à realidade.

Para isso, será utilizado na Microbacia do Ribeirão de Imaruí, Imaruí/SC, o modelo proposto por Ross (1994) e o modelo de Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE) (RENARD et al, 1991), com a finalidade de comparar os dois modelos e promover a discussão sobre suas eficácias como meios a contribuir no ordenamento e planejamento territorial.

A erosão acelerada de solos é um problema mundial causador de impactos ambientais e econômicos relevantes e que tem origem tanto em causas naturais quanto em pressões antrópicas. Planos de conservação de solos em áreas de alta erosão necessitam de mapas de risco da ocorrência do fenômeno, que são criados a partir de modelos de erosão. Os principais modelos existentes levam em consideração os fatores envolvidos no processo de erosão, incluindo características climáticas, propriedades dos solos, topografia, declividade e prática de uso dos solos.

A retirada da cobertura vegetal e a constante mudança do uso da terra, com conseqüente exposição do solo, é um dos principais problemas nas áreas próximas aos mananciais. O solo descoberto sofre o efeito erosivo das fortes chuvas, causando uma série de problemas, iniciando com o carreamento de partículas de solo e restos vegetais para os cursos d'água. O material depositado nos leitos dos cursos d'água provoca o assoreamento e a diminuição da capacidade de vazão dos rios, aumentando o risco de inundações. Nas áreas próximas aos mananciais do município de Imaruí, localizado a sudeste de Santa Catarina, o desmatamento desordenado para a implantação de lavouras e pastagens e a exploração indiscriminada de madeira e lenha afetaram e estão afetando significativamente a cobertura florestal, pondo em risco o abastecimento hídrico deste município catarinense.

Dada a completa inter-relação dos componentes da natureza (relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos), qualquer interferência num destes

elementos reflete-se sobre os demais componentes do sistema, afetando o seu estado o seu estado de equilíbrio dinâmico.

Ab' Saber (1994) apud Santos e Vitte (1998), afirma serem necessários estudos aprofundados sobre os fatores impactantes e os sistemas potencialmente impactáveis. "É preciso ter em vista o cenário preexistente de ocupação espacial e qualidade ambiental, assim como os possíveis cenários a serem criados em diferentes profundidades em tempos futuros".

Sob estes enfoques é que se baseia esta pesquisa, que engloba a Microbacia Hidrográfica do Ribeirão de Imaruí, localizada no Município de Imaruí.

A fim de averiguar a fragilidade ambiental e estimar a distribuição espacial de classes de potencial à erosão na área de estudo, pretende-se analisar e correlacionar os aspectos físicos, como: o uso da terra, geologia, vegetação, relevo, solo e pluviosidade, propondo-se a confecção de um mapa síntese identificando as fragilidades ambientais.

## 1.1. Justificativa

Este estudo propõe realizar uma análise ambiental numa abordagem sistêmica visando à compreensão integrada do ambiente físico e dos processos antrópicos atuantes na área.

A fim de avaliar e analisar as fragilidades ambientais da MRI, através de uma análise comparativa entre a Fragilidade Empírica dos Ambientes, proposto por Ross, (1994), e o modelo da Equação Universal de Perda dos Solos Revisada (Universal Soil Loss Equation Revised RUSLE) (RENARD et al, 1991), o presente estudo é de extrema importância ao Planejamento Ambiental, tendo como principal preocupação o desenvolvimento sustentável, onde a conservação e a recuperação ambiental tendem a estar lado a lado com o desenvolvimento econômico e social.

Os motivos que levaram a escolha da área de estudo, devem-se ao fato desta microbacia abastecer a sede do município; ter sofrido transformações ao longo dos anos quanto ao uso da terra; e o interesse em transformá-la, pelas autoridades locais, em uma Área de Proteção Ambiental (APA).

A MRI vem sofrendo uma série de danos ambientais devido à má utilização dos recursos naturais e pela forma como se dá a ocupação e uso da terra.

Os problemas ambientais da Microbacia agravados pelo desmatamento (provocado pelas atividades agropastoris e pelo reflorestamento recente do eucalipto e pinus), ocupação de áreas de proteção permanente, contaminação dos recursos hídricos pela carcinicultura, têm causado impactos atuais na sociedade. Dentre esses impactos ambientais podemos citar: a diminuição dos recursos hídricos, necessários ao abastecimento local, e processos erosivos devido à má utilização do uso da terra.

O mapeamento da fragilidade do ambiente constitui, portanto, numa importante ferramenta que auxilia no ordenamento adequado do meio, indicando as áreas mais favoráveis e menos favoráveis à sua ocupação. Além disso, esse mapeamento é importante, pois possibilita identificar a diversidade de ocupação,

problemas ambientais e pela presença de pontos de captação de águas destinadas ao abastecimento público.

A aplicação do modelo RUSLE, como forma de identificar na Microbacia, as áreas com maior suscetibilidade à perda de solos por erosão hídrica, visa quantificar e avaliar a fragilidade ambiental. Este modelo leva em conta seis fatores: erosividade, erodibilidade, fator topográfico, fator cobertura e uso do solo e fator prática conservacionista.

A proposta de se avaliar e comparar estes dois modelos, Fragilidade Empírica dos Ambientes e a Equação Universal de Perda do Solo, deve-se ao fato das limitações encontradas em ambos os métodos, e pela busca de um modelo que melhor condiz com a realidade.

A identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas (pelos órgãos governamentais, públicos) no espaço físico-territorial. O mapeamento das fragilidades ambientais identifica e analisa os ambientes em função de seus diferentes níveis de fragilidade. Com estas informações pode-se apontar as áreas onde os graus de fragilidade são mais baixos favorecendo, então, determinados tipos de inserção; e também, aquelas áreas mais frágeis onde são exigidas ações tecnicamente mais adequadas a essas condições.



## **1.2. Objetivos**

### **Objetivo Geral**

Aplicar, na Microbacia Hidrográfica do Ribeirão de Imaruí, o modelo de Fragilidade Empírica dos Ambientes, proposto por Ross (1994), e o modelo da Equação Universal de Perda dos Solos Revisada (RUSLE) (RENARD et al, 1991), com intuito de avaliar e comparar os resultados obtidos entre os dois modelos.

### **Objetivos Específicos**

- Gerar mapas temáticos (clinográfico, pedológico, e de cobertura vegetal e uso da terra), na escala 1:25.000, para estimativa da Fragilidade Ambiental Emergente;
- Estimar os Fatores da equação universal de perda do solo revisada (RUSLE), que influenciam na erosão hídrica para situação real de uso da terra na microbacia;
- Gerar Mapa de Fragilidade Ambiental ;
- Gerar Mapa de Perda de Solo Anual resultante da análise do potencial à erosão do modelo RUSLE;

## 2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de Imaruí está localizado no sudeste do Estado de Santa Catarina, na microrregião de Laguna, abrangendo uma superfície de 542,24 km<sup>2</sup> e situado, aproximadamente, entre as latitudes 28° 04' 18" a 28° 21' 35" Sul e longitude 48° 43' 50" a 48° 57' 37" Oeste. A cidade fica à margem da Lagoa do Imaruí a 93 km de Florianópolis. Limita-se a norte com o Município de Paulo Lopes, a leste com Imbituba, a sul com Laguna, a oeste com São Martinho e Armazém, a sudoeste com Gravatal.

A Microbacia do Ribeirão de Imaruí (MRI) localiza-se a sudoeste do Município de Imaruí, Santa Catarina, abrangendo uma superfície de aproximadamente 1.078 ha e situa-se entre os paralelos 28° 20' 02" a 28° 20' 23" Sul e 48° 50' 10" a 48° 49' 35" Oeste (Figura 1).

A MRI tem como divisor de águas, a oeste, o Morro do Ribeirão; a leste, o Morro Grande; e, a nordeste, Morro do Ângulo. Neste último nasce o principal curso do rio, a 510 m de altitude e onde também é realizada a captação de água que abastece a cidade e algumas comunidades do interior. Trata-se de uma microbacia de terceira ordem, com rios de formato dendrítico (Figura 2).

O seu curso principal, de norte para sul, está sobre rochas do Pré-Cambriano, passa posteriormente sobre uma planície flúvio-lagunar e deságua na Lagoa do Imaruí, percorrendo uma extensão de aproximadamente 5 km. Com exceção desta planície flúvio-lagunar, onde ocorre solo do tipo glei húmico, profundo e arenoso, com acumulação de matéria orgânica, todo o restante da Microbacia é constituída por solos cambissolos vermelho-amarelo, com baixa fertilidade natural e bem drenados, com alto risco de erosão (AMARAL, 2002).

A forma de ocupação desordenada das encostas é igualmente responsável pela deterioração da água da Lagoa de Imaruí, não só pelo assoreamento, mas também pelos agrotóxicos usados na agricultura, esgotos domésticos e rejeitos das feculárias. O mesmo processo de deterioração acontece nas formas de ocupação da planície flúvio-lagunar, principalmente no que se refere às áreas de carcinicultura.

O clima da área é caracterizado por apresentar verões quentes com temperaturas máximas nos meses de janeiro e fevereiro, a qual fica em média, em torno de 24 °C. O inverno, pouco rigoroso, apresenta temperatura média em torno de 16 °C nos meses de junho a agosto. As chuvas provocadas por frentes frias e por linhas de instabilidade são mais abundantes nos meses de janeiro a março, chegam a atingir a média mensal de 200 mm; os meses de maio a junho são os menos chuvosos, com uma média de precipitação mensal de 55 mm (MONTEIRO e FURTADO, 1995).

O município é influenciado também por chuvas orográficas, causadas pela presença da Serra da Santa Albertina, que funciona como obstáculo às nuvens que vêm do Atlântico, que deixam nas vertentes orientais boa parte de sua umidade, facilitando o desenvolvimento e manutenção da Mata Ombrófila Densa. As chuvas são um dos principais fatores responsáveis pelos intensos processos erosivos verificados nas encostas desmatadas.

As atividades agropastoris, juntamente com a atual monocultura do eucalipto e do pinus se apresentam em boa parte da área da MRI. Nas planícies flúvio-lagunares encontram-se as pastagens naturais, em menores proporções, recobrando pântanos e setores inundados periodicamente pelas marés, que hoje deram lugar aos tanques para cultivo de camarão (carcinicultura).

Nas áreas de solos do tipo cambissolo vermelho-amarelo, destaca-se em grandes proporções a grama brachiara (*Brachiara brizantha*) introduzida no município na década de 60 (Amaral, 2002). A introdução desta espécie de grama fez com que ocorresse um desmatamento desordenado na MRI, acentuado hoje pela introdução do reflorestamento de eucalipto e pinus.

A área não apresenta mais núcleos significativos de vegetação primária, dessa forma, apresenta núcleos de capoeira e capoeirão, formando os estágios iniciais da vegetação secundária. Na figura 3 tem-se uma imagem que possibilita visão geral da área da bacia.

# LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

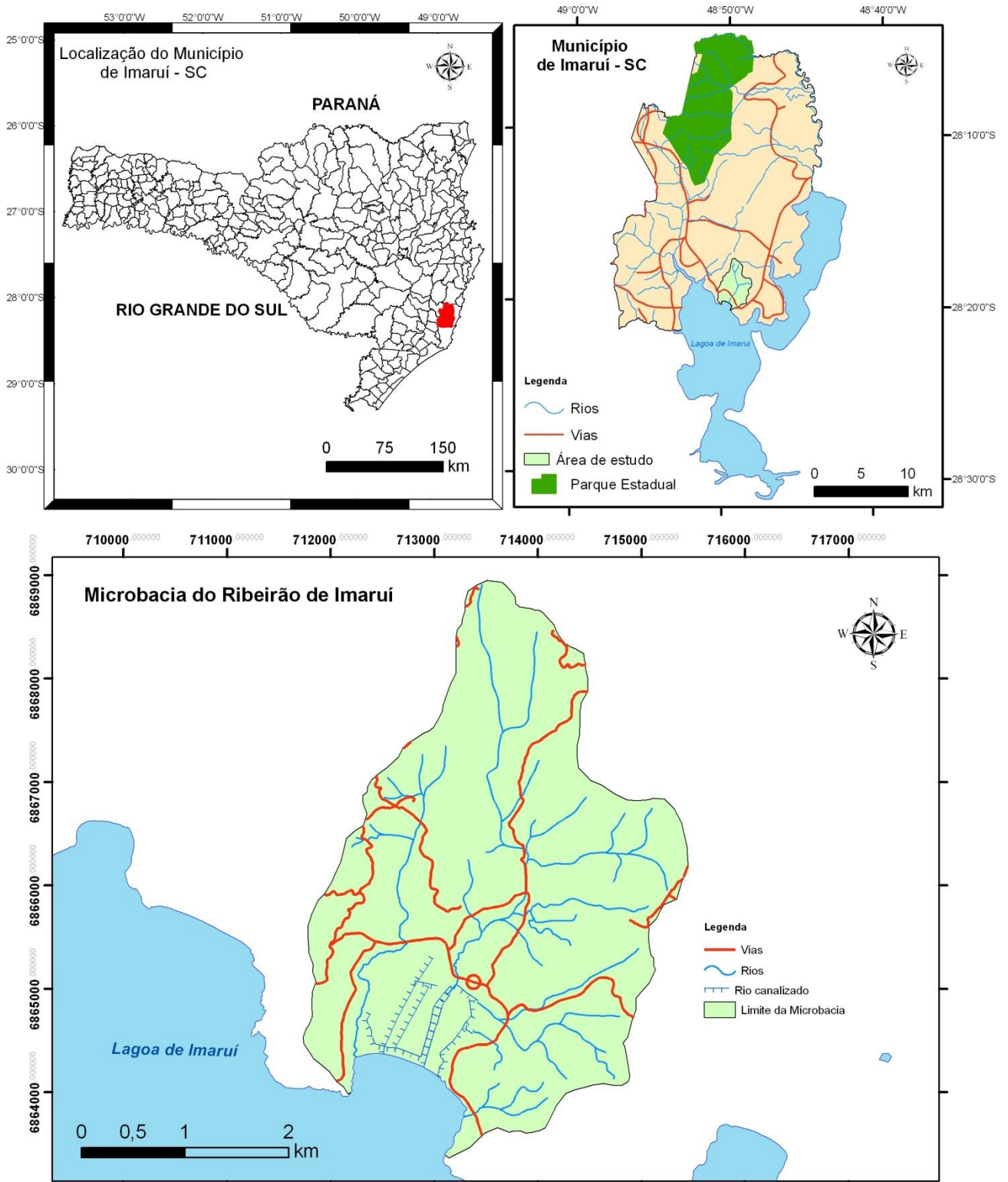


Figura 1: Localização da área de estudo

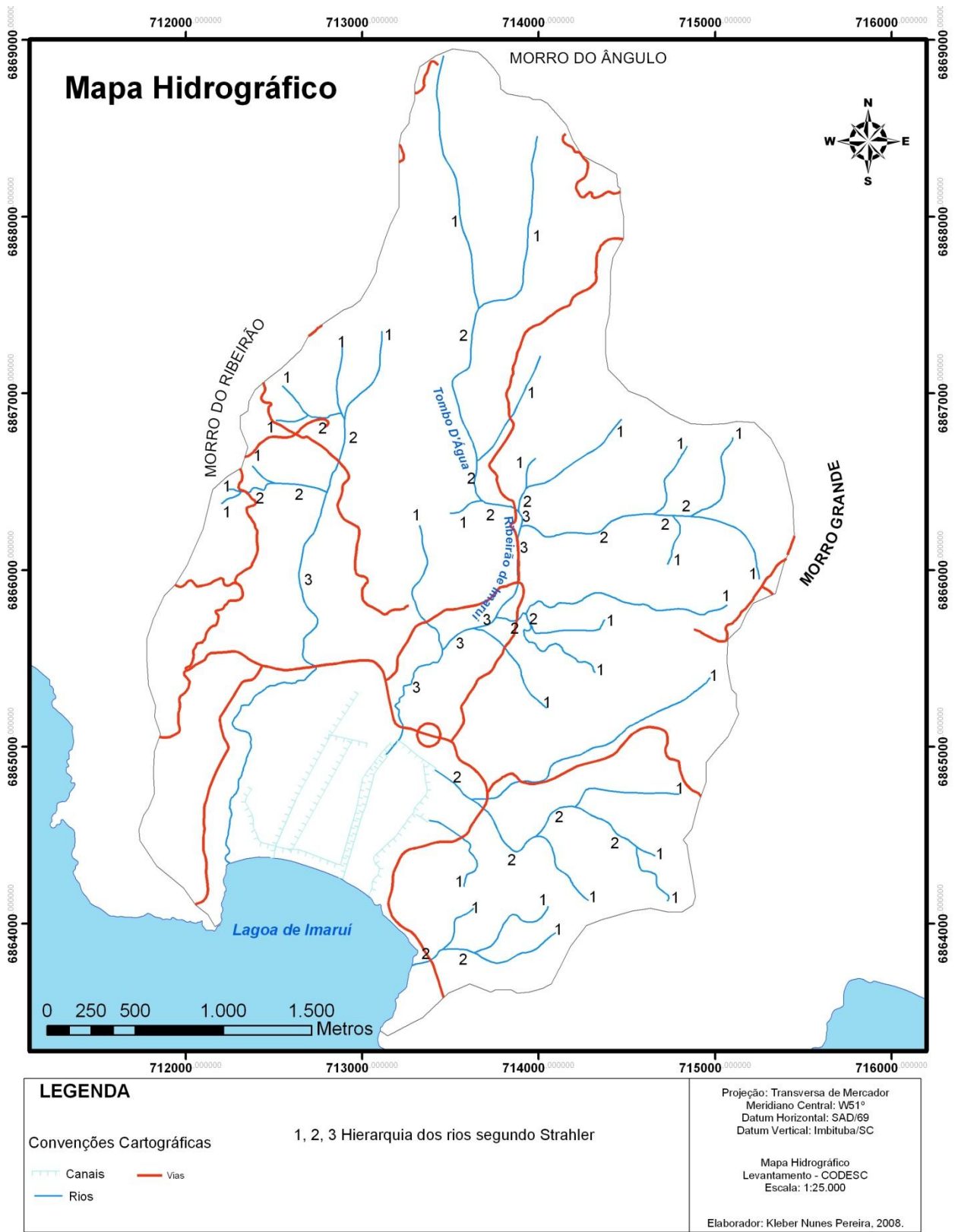


Figura 2: Hidrografia da Microbacia do Ribeirão de Imaruí



**Figura 3:** Vista da área da microbacia. Imagem extraída do Google Earth (2003).

## **2.1. Ocupação da Microbacia do Ribeirão de Imaruí**

A microbacia do Ribeirão de Imaruí, constituída pela comunidade de Ribeirão de Imaruí, foi uma das primeiras áreas a ser ocupada. Está distante da sede do município de Imaruí a cinco quilômetros.

Poucas informações se têm sobre a história da ocupação de Imaruí. Uma das poucas referências é de Cabral (1968) que assim se refere: “Os primeiros moradores da região, que fica no pitoresco fundo da Lagoa que deu nome à cidade, foram lagunenses que ali se estabeleceram com as suas pescarias, anteriormente ao início do século XIX”.

No ano de 1833 foi criada a Freguesia de São João Batista do Imaruí, a qual se tornou distrito de Laguna. Sua ligação com Laguna se dava por fortes laços históricos, econômicos, culturais e religiosos. A Freguesia fornecia produtos pisci-agro-pastoris para o comércio de Laguna (CABRAL, 1968).

Lago (1968), ao fazer algumas conclusões sobre os tipos de comunidades pesqueiras, quanto ao estágio de desenvolvimento, referiu-se a Imaruí como uma das comunidades pertencentes ao nível C o qual apresentaria, a seu ver, as seguintes características essenciais: melhorias pouco sensíveis na capacidade de captura; comercialização crescente, mas afluxo de renda reduzido aos pescadores não detentores de grandes redes e embarcações; comercialização fortemente controlada por intermediários; acentuada evasão de recursos humanos com resultados econômicos válidos, mas geradores de problemas sociais e educacionais.

Na localidade do Imaruí, segundo Amaral (2002) a primeira informação sobre a ocupação das terras, de que se tem notícia, data de 28 de fevereiro de 1774, quando Maria do Espírito Santo, filha de casal açoriano de Vila Nova e viúva de Bartolomeu Roiz Pereira, requereu por sesmaria 400 braças em quadra no local.

Ainda de acordo com Amaral (op. cit.) na localidade de Ponta Grossa, comunidade próxima ao Ribeirão de Imaruí, foi requerido um terreno por José Cardoso Delgado em 1789, também morador de Laguna.

No final do século XVIII, o local onde hoje se localiza a sede do Município de Imaruí se tornou um centro de comércio para agricultores que se fixaram no vale do Rio D’Una, do Aratingaúba e nas margens das lagoas.

O pequeno povoado comercializava seus produtos principalmente através do comércio de Laguna. Dall’ Alba (1973), diz que este povoado mantinha intercâmbio comercial com os tropeiros que desciam a Serra Geral, pelo Morro da Igreja, vindos da região de Lages, todo mês com seus produtos, especialmente o charque. Os “serranos”, assim como eram conhecidos, desciam aquela serra e, depois, margeando o Rio Laranjeiras, cruzavam em direção à atual cidade de Braço do Norte e de Gravatal e, de lá, seguiam pela margem direita do Rio Capivari até a atual localidade de Bom Jesus, em São Martinho, e depois seguiam pela estrada do Tapado (São Tomás), em direção à localidade de Aratingaúba. Passavam por Imaruí, Vila Nova e iam até Laguna, onde vendiam os seus últimos produtos. A estrada era conhecida como a estrada dos tropeiros ou do Imaruí.

Amaral cita que na década de 1880 algumas vias foram abertas, facilitando a comunicação e desenvolvimento das localidades do interior. Nesse período foi realizada a abertura da estrada, com pontes, ligando o centro da freguesia passando pela Serra de São Luiz até, à colônia alemã de São Martinho<sup>1</sup>. A comunicação com os colonos alemães movimentou o comércio da freguesia e facilitou o acesso à Laguna, assim como a presença mais freqüente dos tropeiros que comercializavam os seus produtos nas comunidades e no centro da Freguesia de Imaruí.

Os produtos cultivados pelos moradores da freguesia eram levados de barcos para a Vila de Laguna. Na agricultura começava ser introduzida uma nova cultura, a do café; com o aumento no preço desse produto, na década de 1870, a Freguesia de Imaruí apostou no seu cultivo e na década seguinte já abastecia o comércio de Laguna, e representava um dos produtos de maior exportação (AMARAL, op. cit.).

---

<sup>1</sup>Relatório do Presidente da Província de Santa Catarina, Francisco José da Rocha, em 20 de maio de 1888.



O cultivo do café, na freguesia, na segunda metade do século XIX, impulsionou a entrada da população escrava em Imaruí (Tabela 1), pois entre 1854 a 1872, o aumento da população branca não atingiu 12%, enquanto que a de escravos foi de 234%.

**Tabela 1:** Distribuição da População da Freguesia de Imaruí, em 1854 e 1872

Ano	Livres	Escravos	Total
1854	3.807	185	3.992
1872	4.279	618	4.897

Fonte: Amaral (2002).

Durante o período regencial, ocorreram no Brasil revoltas provinciais, entre elas, no Rio Grande do Sul, a Revolução Farroupilha, que se estendeu até o território catarinense na região de Laguna, onde foi proclamada a República Juliana. A guerra que se seguiu à instalação da República Juliana fez com que muitas famílias deixassem Laguna para morar em Imaruí, por volta de 1839. “Tal fato irritou o então feito general pela própria Laguna, Canabarro, que determinou o ataque à pequena freguesia conhecido como Saque do Imaruí” (VISBISKI, 2003).

Somente em 27 de agosto de 1890, através do Decreto estadual de número 22, Imaruí foi desmembrada de Laguna, passando à categoria de Município. A origem de seu nome, de acordo com registros, vem do mosquito “maruim”, comum na região e foi dado por índios que habitavam o local.

No município de Imaruí, nos últimos 30 anos, vem ocorrendo um déficit populacional, tendo como principal causa o desemprego e a diminuição de pescados na laguna, conforme nos mostra o Quadro 1.

**Quadro 1:** Censo Populacional de Imaruí

Censo Populacional	Total	Sexo		Localidade	
		Homens	Mulheres	Urbana	Rural
1970	21.041	10.536	10.505	2.981	18.060
1980	18.973	9.653	9.320	3.659	15.314
1991	15.431	7.956	7.475	4.221	11.210
1996	13.825	7.085	6.740	3.923	9.902
2000	13.404	6.850	6.554	3.909	9.495

Fonte: IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Percebe-se que há uma diminuição na população rural e um crescimento da área urbana. De acordo com o último censo (IBGE, 2007), Imaruí possui hoje um total populacional de 11.675 habitantes, sendo 3.524 habitantes residentes no perímetro urbano, e 8.151 habitantes na área rural.

A ocupação da comunidade de Ribeirão de Imaruí, também colonizada por açorianos, deu-se principalmente em função da pesca e pela implantação de engenhos de farinha.

O nome da comunidade Ribeirão de Imaruí foi dado graças a existência de vários córregos e cachoeiras que desembocam no rio e este no mar. Este rio hoje é apenas uma pálida lembrança do que foi no passado. Os moradores mais antigos atestam que o rio tinha grande vazão, tanto que barcos de grande porte adentravam rio acima (Projeto Microbacias 2, 2005).

Atualmente, a Bacia do Ribeirão de Imaruí é composta por 115 famílias, sendo que apenas 15 famílias ocupam-se de atividades pesqueiras e as demais de atividades silvopastoril (Projeto Microbacias 2, 2005).

## 2.2. Geologia

A geologia da MRI insere-se dentro das Suítes Intrusivas e Vulcânicas. De acordo com o mapeamento geológico da folha Criciúma (ver Figura 4), realizado pela CPRM Serviço Geológico do Brasil (2000), esta denominação refere-se aos corpos graníticos neoproterozóicos intrusivos no Complexo Granito-Gnáissico do Escudo Catarinense e reunido na suítes Pedras Grandes. Estes corpos graníticos apresentam dimensões variadas, conformando desde *stocks* até massas batolíticas, e suas principais características estão relacionadas a contatos nítidos, relevo proeminente, metamorfismo térmico impresso nas encaixantes e ausência de deformação penetrativa.

A área próxima a Laguna de Imaruí, constitui-se de sedimentos Cenozóicos abrangendo depósitos transicional flúvio-lagunar.

O Granito Imaruí-Capivari constitui a unidade de maior expressão da MRI, cobrindo quase toda a extensão da microbacia. As melhores exposições desta unidade, favorecidas pelo relevo acidentado, estão ao longo da estrada estadual que atravessa a microbacia e das estradas que levam até a represa de abastecimento.

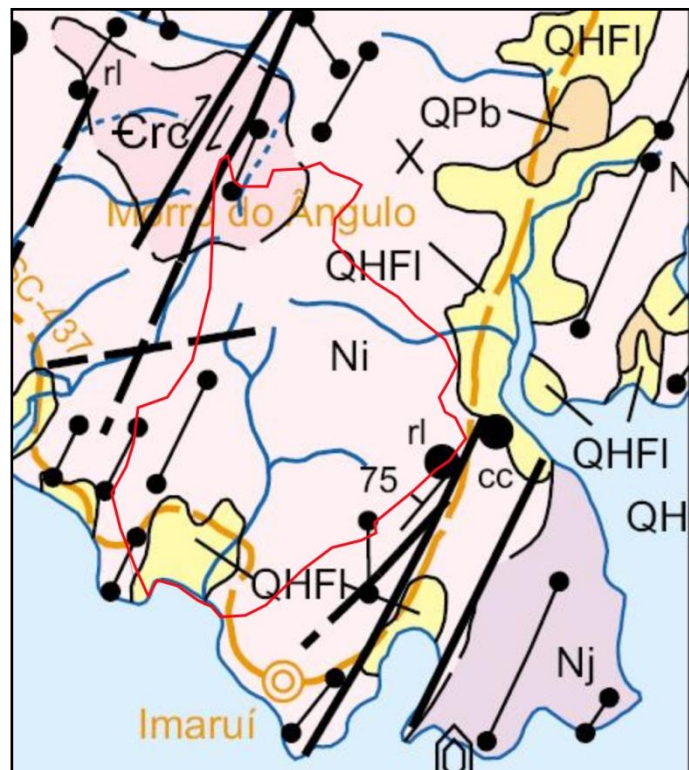
Ao longo da borda norte da MRI encontramos, segundo o mapeamento da CPRM (2000), o Granito Chicão. A denominação Rio Chicão foi originalmente introduzida por Castro e Castro (1969) para descrever um corpo granítico aflorante nas cabeceiras do rio homônimo, afluente do Rio D' Una.

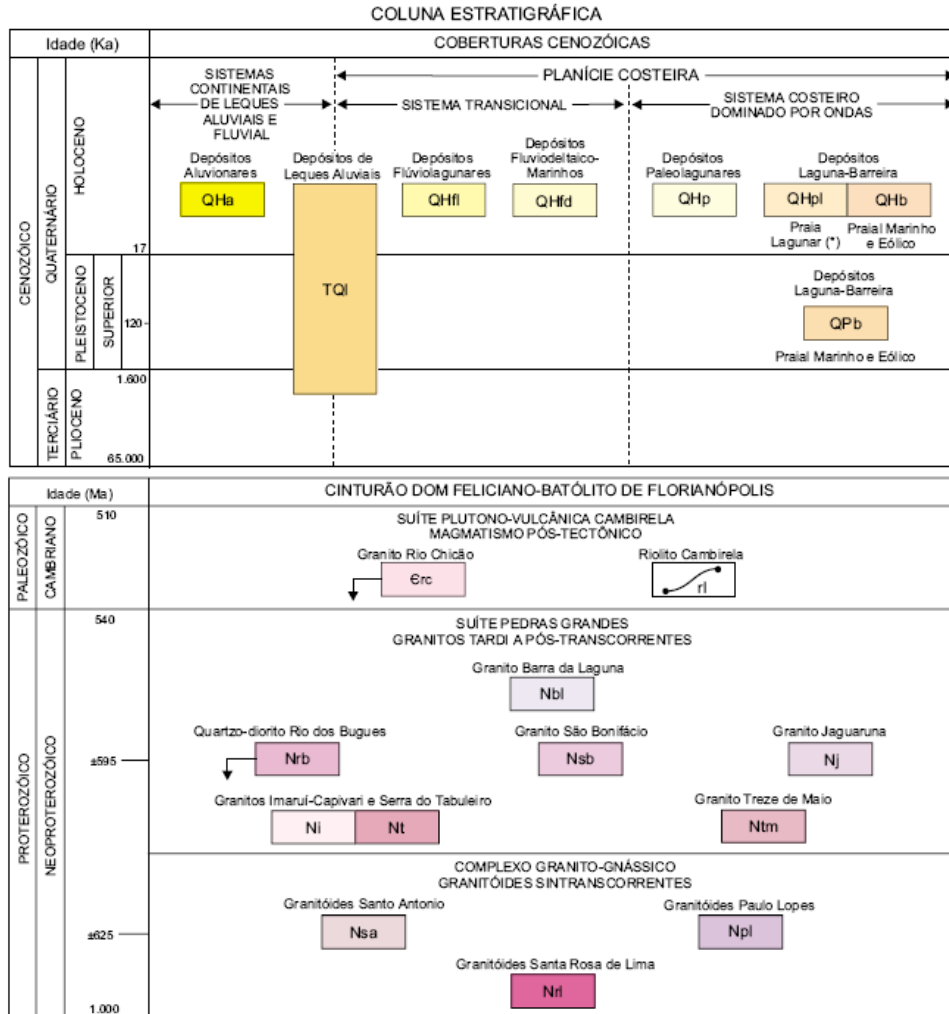
Eles encaixam-se integralmente ao longo da borda norte da MRI, destacando-se também por suas formas arredondadas de relevo proeminente e que apresentam contatos nítidos, por vezes transicionais com as encaixantes (CPRM, 2000).

Quanto aos depósitos Cenozóicos que ocorrem na MRI, estes tem origem flúvio-lagunar. Os depósitos flúvio-lagunares ocorrem em regiões na qual o sistema fluvial recorta áreas que eram extensão de antigas lagoas costeiras, e que atualmente apresentam-se parcialmente colmatadas, resultando numa sedimentação areno-argilosa com restos orgânicos vegetais (CPRM, 2000).

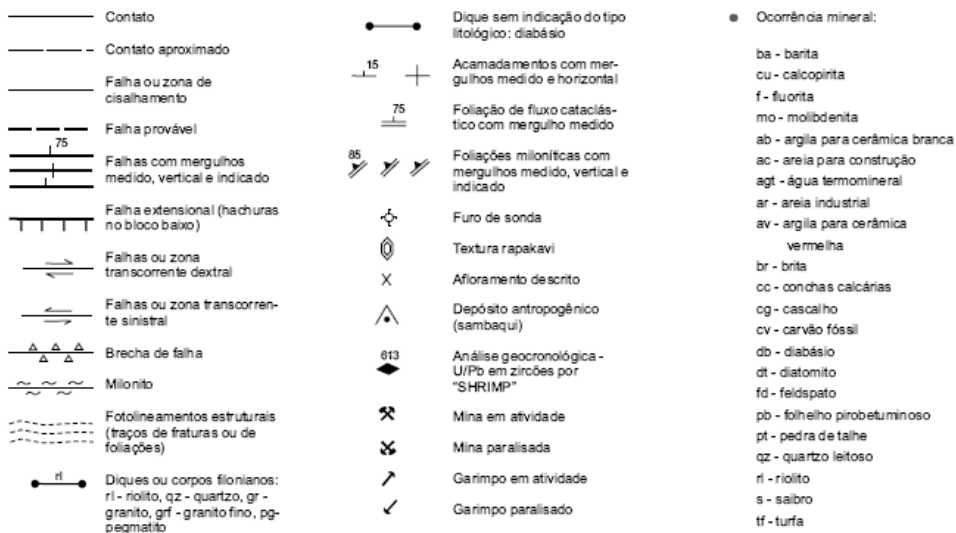
A gênese desses depósitos corresponde ao evento transgressivo marinho holocênico, que há 5.100 anos alcançou 3,5m acima do nível atual, inundando boa parte do que hoje constitui a planície costeira, e originando corpos aquosos lagunares que tinham dimensões maiores (CPRM op. cit).

Com a posterior fase regressiva, o nível de base abaixou gradativamente e o perímetro lagunar diminuiu ao mesmo tempo em que o sistema fluvial avançava e recortava o outrora ambiente lagunar.





(\*) depósitos arenosos de margens lagunares que gradam para sedimentos areno-lamosos de fundo lagunar atual  
possibilidade de variação da idade radiométrica e/ou da posição estratigráfica



**Figura 4:** Mapa Geológico da MRI (CPRM, 2000). A linha em vermelho delimita a área de pesquisa

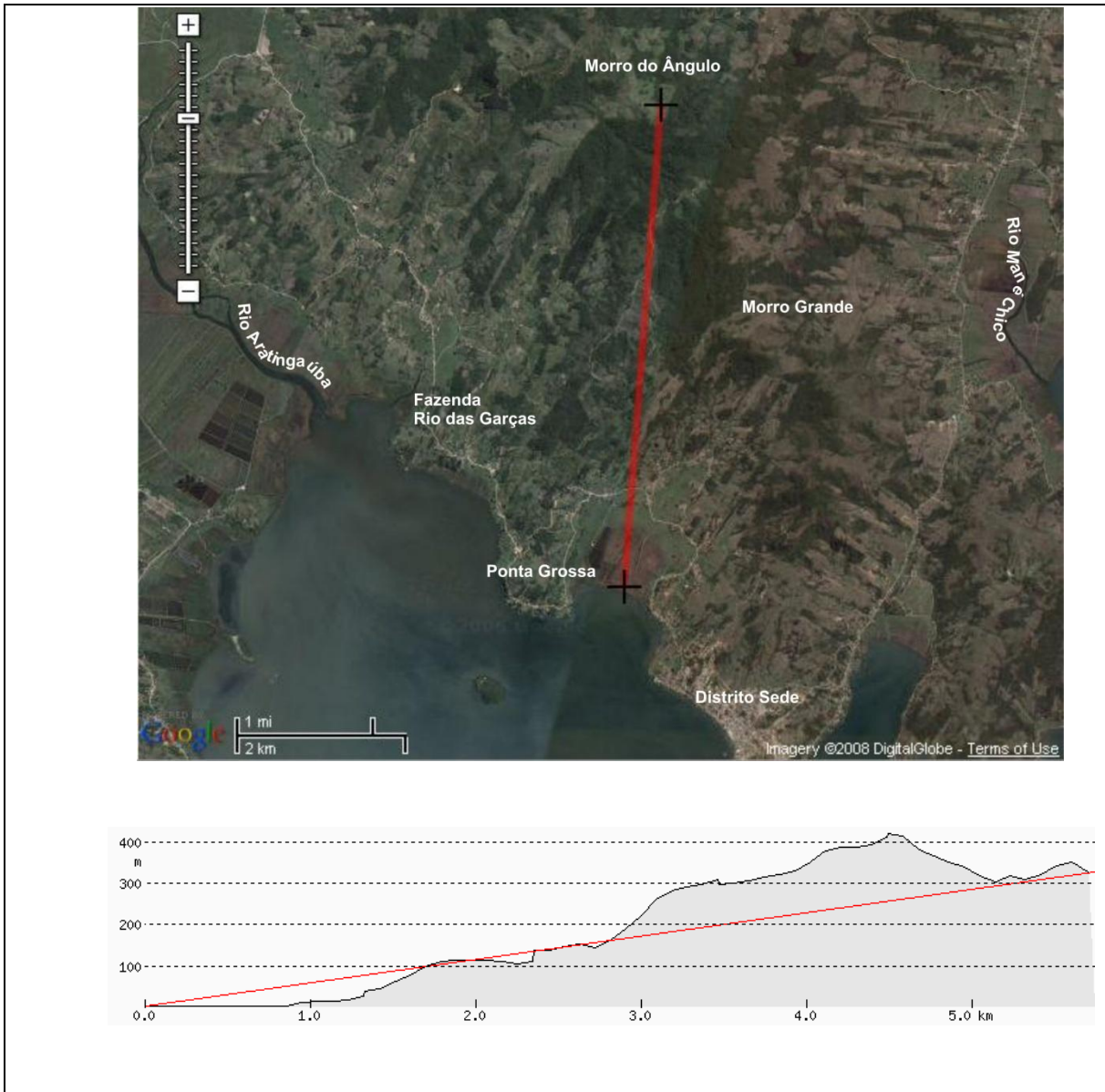
### 2.3. Geomorfologia

A paisagem do município, na qual está inserida a MRI, é caracterizada pela unidade geomorfológica Serras do Leste Catarinense, correspondendo ao Domínio Morfoestrutural - Embasamento em Estilo Complexo; o relevo se caracteriza pela seqüência de serras e morros condicionados de forma subparalelos, com predominância nos sentidos N-S e NE-SW (ATLAS DE SANTA CATARINA, 1986).

A área caracteriza-se por apresentar um relevo dissecado com distintas variações altimétricas (ver Figura 5). A maior altitude ocorre no Morro do Ângulo, onde alcança 510 metros, e domina com sua forma arredondada e topo convexo. Em direção a região costeira, próximo a laguna, as cotas são gradativamente menores e os morros apresentam formas alongadas ou arredondadas, com encostas pouco declivosas. No modelo digital de terreno podemos observar o relevo da área de estudo (Figura 6). A declividade acentuada das vertentes determina a ocorrência de movimentos de massas na forma de colúvios cujos depósitos em cotas mais baixas dão ao perfil da encosta um modelado convexo.

Na microbacia, a dissecção foi controlada pelo rio do Ribeirão, que drena suas águas no sentido norte-sul, em direção a Laguna de Imaruí.

Outra unidade geomorfológica presente na área de estudo é a Planície Costeira, onde encontramos os depósitos flúvio-lagunar. Esses depósitos foram formados com a transgressão marinha holocênica.



**Figura 5:** Perfil topográfico da Microbacia do Ribeirão de Imaruá- MRI (produzido no Google maps).

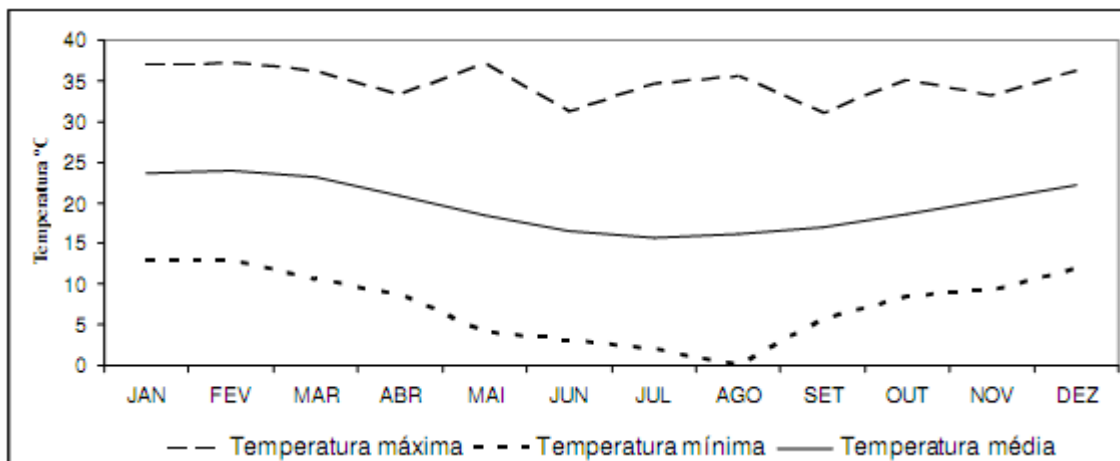


**Figura 6:** Modelo Digital de Terreno da Microbacia do Ribeirão de Imaruí



## 2.4. Clima

A figura 7 indica as temperaturas máximas, mínimas e médias mensais medidas em 34 anos (período entre 1951 a 1985) na estação meteorológica localizada no município de Laguna.

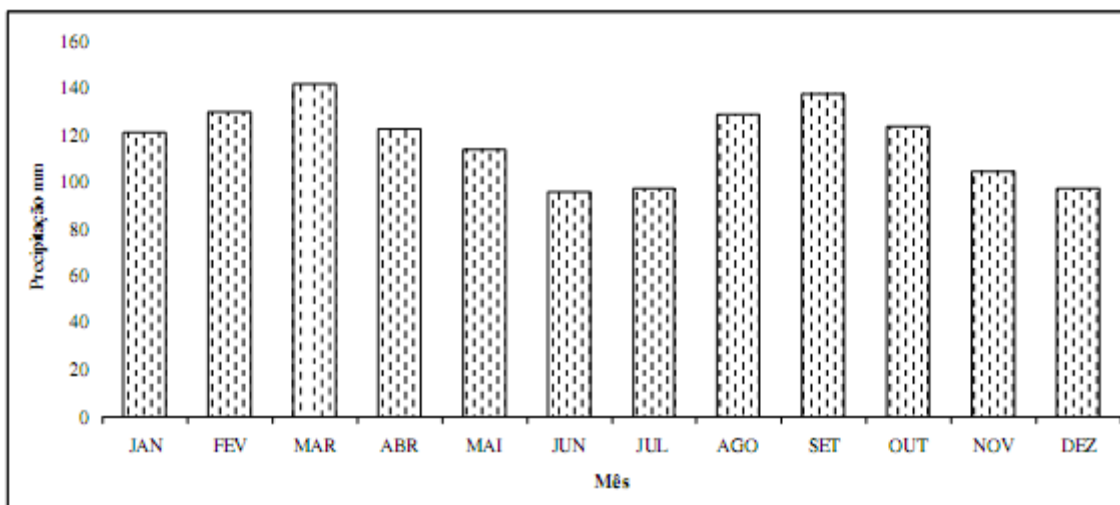


**Figura 7:** Temperatura média mensal registrada para o município de Laguna para um período de 34 anos. Adaptado: SDM/ DIMA – GEHID, 2002.

Os resultados apresentados pela média histórica de temperatura indicam que os meses mais quentes, com temperaturas acima de 23 °C foram dezembro, janeiro e fevereiro. Por outro lado, tem-se em julho o mês mais frio, com a média de temperatura de 15,7° C.

As temperaturas máximas, acima de 30° C, aparecem em todos os meses, registradas em algum desses 34 anos. Já a mínimas, menores que 4° C, são encontradas entre os meses de maio e agosto.

A figura 8 apresenta uma média mensal de dados agrupados em 34 anos (1951 a 1985), referentes à precipitação medida na estação de Laguna.



**Figura 8:** Precipitação total mensal para o município de Laguna para um período de 34 anos (1951 a 1985). Adaptado: SDM/DIMA-GEHID, 2002.

Os valores de precipitação apontam que as chuvas são relativamente bem distribuídas ao longo do ano e que, na maioria dos meses, a média apresentou-se acima de 100 mm, com exceção de junho, julho e dezembro. O relevo da região e sua localização determinam o clima úmido mesotérmico, com distribuição das chuvas por todo o ano.

Esses índices das diferenças de temperatura e pluviosidade referem-se às dinâmicas a que a região fica submetida durante todo o ano em decorrência das massas de ar. O comportamento dinâmico das massas de ar provenientes dos anticiclones modifica-se ao longo das estações do ano. Durante os meses de primavera-verão, dada uma maior insolação no hemisfério sul, o Anticiclone do Atlântico fortalece-se e desloca-se para posições mais meridionais. O Anticiclone Móvel Polar, por sua vez, retrai-se e não apresenta o mesmo poder de penetração. Em conseqüência, durante estes meses, o tempo do litoral sul é, normalmente quente e ventoso, com ventos provenientes principalmente de nordeste e leste, da borda do Anticiclone do Atlântico. Durante o outono-inverno, devido à menor insolação, o Anticiclone do Atlântico enfraquece e desloca-se para posições mais ao norte. O Anticiclone Móvel Polar passa então a penetrar mais e o clima da região do Complexo Lagunar fica dominado pelas frentes frias que se

deslocam do rumo sudoeste para nordeste (SW-NE), muitas vezes com grande regularidade (BERRETA, 2007).

Para a caracterização pluviométrica do município de Imaruí e aquisição dos valores de erosividade, foram agrupados dados de três estações pluviométricas localizadas nos municípios de São Martinho, Laguna e Armazém, conforme veremos adiante.

## **2.5. Determinação das Potencialidades da Microbacia do Ribeirão de Imaruí (MRI) para Criação de uma Área de Proteção Ambiental**

Um dos principais objetivos que estudo visa atender é a aplicação dos resultados para criação de uma Área de Proteção Ambiental (APA).

A MRI, como dito anteriormente, é responsável atualmente pelo abastecimento hídrico da área sede do município de Imaruí. Ultimamente, entre período de 1970 a 2007, no perímetro urbano do município, houve um aumento populacional, passando de 2981 a 3524 habitantes, necessitando, assim, de uma melhor adequação do sistema de abastecimento e da preservação dos recursos hídricos próximos a esta área.

A crescente demanda do setor madeireiro vem utilizando áreas da MRI para a cultura de eucalipto e *pinus*, comprometendo o abastecimento municipal. Outros usos anteriores ao citado, também são encontrados na MRI, como: criação de bovinos próximo a área de abastecimento e a extração de lenha.

O interesse das autoridades públicas locais em criar na MRI uma APA, está ligado essencialmente a proteção dos recursos hídricos e das áreas de vegetação nativa. Além do mais, a área em estudo é rica em belezas naturais, com morros, vegetação nativa, cascatas, e grande parte da área é constituída por Áreas de Preservação Permanente (APP), conforme o mapa das APP's (Figura 9). Porém não existe um estudo adequado com dados precisos em forma digital e analógica até o momento.

A confecção cartográfica dos mapas temáticos e dos modelos empregados neste trabalho servirá como apoio ao zoneamento e à criação da APA.

De acordo com o CONAMA (CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE, 2008) e Silva (1992), entende-se como Área de Proteção Ambiental uma unidade de conservação que visa a proteção da vida silvestre, a manutenção de bancos genéticos e espécies raras da biota regional, bem como dos demais recursos naturais, através da adequação e orientação das atividades humanas na área e promovendo a melhoria da qualidade de vida da população.

Criada pela Lei 6.902 de 27 de abril de 1981, a Área de Proteção Ambiental (APA) é uma nova Unidade de Conservação que foi proposta pela Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), e que poderá ser decretada não só ao nível Federal como também Estadual e Municipal.

Em 18 de julho do ano 2000, foi sancionada a lei nº 9.985 que cria o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Esta lei estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação.

O Artigo 15 desta lei, define a Área de Proteção Ambiental:

*“A Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.”*

Segundo seus parágrafos:

§ 1º A Área de Proteção Ambiental é constituída por terras públicas ou privadas.

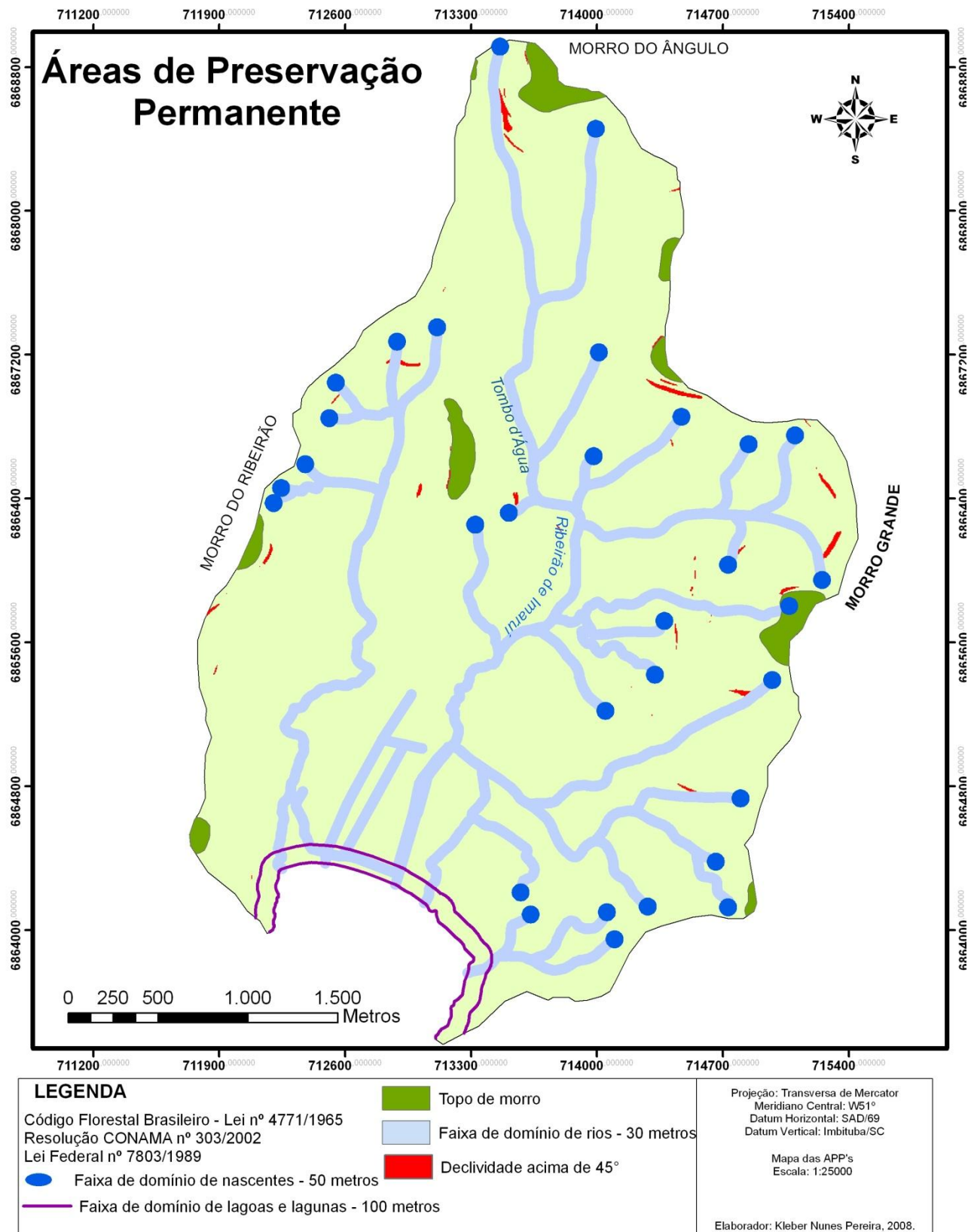
§ 2º Respeitados os limites constitucionais, podem ser estabelecidas normas e restrições para a utilização de uma propriedade privada localizada em uma Área de Proteção Ambiental.

§ 3º As condições para a realização de pesquisa científica e visitação pública nas áreas sob domínio público serão estabelecidas pelo órgão gestor da unidade.

§ 4º Nas áreas sob propriedade privada, cabe ao proprietário estabelecer as condições para pesquisa e visitação pelo público, observadas as exigências e restrições legais.

§ 5º A Área de Proteção Ambiental disporá de um Conselho presidido pelo órgão responsável por sua administração e constituído por representantes dos órgãos públicos, de organizações da sociedade civil e da população residente, conforme se dispuser no regulamento desta Lei.

Sendo assim, os levantamentos realizados neste trabalho, serão os primeiros passos para a implantação da Área de Proteção Ambiental na Microbacia do Ribeirão de Imaruí.



**Figura 9:** Áreas de Proteção Permanente na MRI.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Análises e Diagnósticos Ambientais

As metodologias utilizadas nos diagnósticos ambientais, geralmente fornecem a idéia de um processo classificatório ou organizacional, segundo critérios “ecológicos e econômicos”, de uma porção da superfície terrestre.

Uma das mais importantes etapas da análise e dos diagnósticos ambientais é efetuada pela caracterização ambiental, responsável pela indicação das vocações e suscetibilidades naturais dos fatores ambientais em conjunto. A caracterização ambiental proporciona uma visão dos projetos a serem implementados, afinal, tendo em mãos o conhecimento relativo às características do meio ambiente e da atividade a ser implementada, é possível proceder-se a uma análise ambiental de caráter preventivo, que busque determinar a viabilidade ambiental do empreendimento em questão.

De posse dessas informações, segundo Souza (2000), a caracterização do meio ambiente e da atividade a ser implantada, é possível a análise de um aspecto essencial no estudo de viabilidade ambiental: o binômio tipologia-localização. Dessa forma, o planejamento da ocupação do espaço geográfico deve se basear no reconhecimento das potencialidades e fragilidades dos fatores físicos, biológicos e antrópicos que compõem o meio ambiente ante as características e especialidades das atividades a serem acomodadas.

Christofolleti (1999) destaca que o “planejamento sempre envolve a questão da espacialidade, pois incide na implementação de atividades em determinado território, constituindo um processo que repercute nas características, funcionamento e dinâmica das organizações espaciais”. Assim, o autor aponta também que devem ser levados em consideração os aspectos dos sistemas ambientais físicos (geossistemas), bem como os dos sistemas socioeconômicos.

Guerra & Marçal (2006), destacam que o aumento crescente dos problemas ambientais tem levado a comunidade científica a conduzir seus trabalhos na busca de soluções para os impactos ambientais provocados pela sociedade sobre o

espaço ocupado. Por conseguinte, talvez um dos maiores desafios para as ciências, na atualidade seja o de ajustar suas metodologias, ou redirecionar suas ações, na tentativa de apontar mecanismos e possíveis respostas que possam levar a soluções que, no mínimo, orientem a forma adequada de planejar, recuperar ou conservar as diversidades de paisagens da superfície terrestre.

De acordo com Medeiros (1999), os diagnósticos ambientais têm seu enfoque em três procedimentos metodológicos: a) a forma de identificação das áreas; b) a abordagem sistêmica, conseqüência de uma fundamentação teórica-operacional Ecológica-Geográfica; e c) os níveis de aproximação, que trata da questão da escala.

### *Holismo*

Antes de tratar de aspectos relativos à teoria dos sistemas e ao axioma holístico é importante rever alguns aspectos do objeto de estudo deste trabalho, ou seja, o espaço geográfico ou como disse Grygoriev (1969 apud ROSS, 2003), do estrato geográfico da Terra.

O estrato geográfico da Terra compreende: a crosta, a baixa atmosfera (troposfera e parte da estratosfera), a hidrosfera, o regolito (manto de intemperismo), a cobertura vegetal e o reino animal. Os processos que nele atuam são devido às fontes de energia cósmica e terrestre. Os estudos do estrato geográfico da Terra têm mostrado que suas partes são intimamente interconectadas e inter-relacionadas, porém sem limites exatos. Constitui-se de uma estrutura de camadas, cujos componentes se interpenetram e são caracterizados por complexas diferenciações naturais de uma região para outra. Em termos de energia pode ser dividido em duas camadas; a) a externa, onde a maior fonte de calor é a energia solar; b) a interna, onde o calor é gerado pela transferência de radiação e outros processos análogos (GRYGORIEV, 1969 apud ROSS, 2003).



A grande diversidade na composição e estrutura do estrato geográfico, aliada às características particulares dos processos que nele ocorrem, em constante interação, torna possível, do ponto de vista filosófico, considerar o movimento característico do estrato geográfico, uma forma especial de movimento de massa, denominada de forma-específica- geográfica de movimento da matéria (GRYGORIEV, 1969 apud ROSS, 2003 ).Para o referido autor , as subdivisões das ciências físico-geográficas intimamente relacionadas, estudam as leis que governam a estrutura e evolução dos elementos e componentes do estrato geográfico, ou seja, sua funcionalidade e que uma melhor investigação só pode ser realizada quando os efeitos do desenvolvimento social e seus modos de produção também são levados em consideração.

As diferentes associações e interações entre os componentes do estrato geográfico definem ambientes dotados de uma dinâmica própria, e devem ser estudados para que se possa, progressivamente, ter um melhor entendimento desta relação, propiciando uma melhor organização do espaço e minimizando a degradação ambiental.

### *Teoria Geral dos Sistemas*

A Teoria dos Sistemas ou Teoria Geral dos Sistemas foi criada em 1968 pelo biólogo Ludwig Von Bertalanffy com o propósito de constituir-se em um amplo campo teórico e conceitual, levando a uma noção de mundo integradora, a respeito da estrutura, organização, funcionamento e dinâmica dos sistemas (BERTALANFFY, 1977). Para as ciências, em geral, constitui-se na mudança do pensamento reducionista para o pensamento holístico ou sistêmico.

Para a identificação, avaliação e gestão de sistemas complexos como todos não é necessário o estudo detalhado dos dados individualizados – no caso das paisagens, o estudo das informações setorializadas como a geologia, biologia, hidrologia, sociologia, economia, etc, mas a identificação de suas interligações e interfaces com a realidade e suas relações estruturais, que são imperativas para compreensão dos sistemas complexos (TRICART, 1977).

A superfície terrestre é resultante de um balanço que ocorre através do tempo, entre as forças internas e externas que atuam em todo planeta. Quando as forças internas (vulcânicas, sísmicas e tectônicas) agem muito vagarosamente, numa intensidade constante, e contrapõem-se às forças externas (ação do clima e da gravidade), alguns aspectos da superfície da terra aproximam-se rapidamente a um estado de equilíbrio dinâmico com o ambiente. Adquirem uma certa ordem, demonstrando forte interdependência dos seus atributos e por isso podem ser analisados sob a ótica da teoria dos sistemas abertos. Outros aspectos, em função das variações bruscas nesse confronto de forças (por exemplo, erupções vulcânicas, terremotos, furacões, processos erosivos acelerados e outros eventos catastróficos), respondem muito lentamente a essas transformações e permanecem por longos períodos em estado de desequilíbrio, caracterizando uma desordem ou caos (TRICART, 1977).

Ruxton (1968, apud MEDEIROS, 1999) define o termo ordem na Terra como uma distribuição regular ou aleatória de determinados atributos da superfície terrestre, e utiliza o termo desordem na terra para descrever os aspectos de uma área da terra nos quais nenhuma regularidade ou comportamento aleatório pode ser caracterizado.

Esta visão representa a abordagem conceitual utilizada nos estudos de classificação dos sistemas naturais por muitos e muitos anos. O compromisso de entender a ordem de um sistema segundo unicamente seus padrões de regularidade ou aleatoriedade, tem sido o arcabouço teórico mais familiar para tratar com a complexidade dos sistemas que envolvem as paisagens geográficas.

Desde meados de 1970 as disciplinas da física, da biologia e da matemática têm mostrado novas maneiras de perceber a “ordem” nos sistemas. Além da noção mais familiar de ordem como apresentada por Ruxton, permite-se encontrar novas categorias de “ordem”, ordens que estiveram escondidas atrás das noções de regularidade e aleatoriedade (MEDEIROS, 1999).

As novas ferramentas para observar os sistemas considerando estas novas “ordens”, passam a incluir métodos, conceitos e formalismos como a Teoria do Caos, a geometria do caos ou fractais, a teoria de sistemas dinâmicos não-

lineares, os autômatos celulares, os sistemas com auto-organização, entre outros (OPPENSHAW, 1997 apud MEDEIROS, 1999). O arcabouço filosófico e conceitual que dá sustentação à abordagem “holística” tradicional pode ser repensado à luz destas novas possibilidades de entendimento dos sistemas naturais, particularmente um novo olhar sobre o axioma básico do holismo – “o todo é mais que a soma das partes”, buscando redefinir o que é o “todo” e o que são as “partes” e suas interações.

A abordagem integrada vem sendo muito utilizada para enfrentar os problemas ambientais, principalmente em uma bacia de drenagem, já que é considerada a melhor unidade de estudo. A abordagem holística deve envolver, segundo Pires e Santos (1995) aspectos ambientais, sociais, econômicos e políticos, com ênfase no primeiro, pois a capacidade ambiental de dar suporte ao desenvolvimento possui sempre um limite, a partir do qual todos os outros aspectos serão inevitavelmente afetados.

#### *A Questão da Escala nos Estudos Ambientais*

Sob o ponto de vista cartográfico, quando se planeja uma carta torna-se necessário escolher em que escala esta carta será construída. Esta escolha varia em função de dois critérios: a) finalidade, que determina a escala; b) conveniência, onde a escala determina a construção da carta (OLIVEIRA, 1993).

Do ponto de vista geográfico, dada as diferentes grandezas dos fenômenos geográficos, a escolha da escala está relacionada com a representação mais adequada da realidade considerando-se o grau de aprofundamento da análise. Na visão de Lacoste (1989), é preciso classificar essas diferentes categorias de conjuntos espaciais em função de seus diferentes tamanhos e não em função das escalas de representação. Desta forma, pode-se ordenar a descrição e o raciocínio geográfico em diferentes níveis de análise espacial que correspondem as diferentes ordens de grandeza dos objetos geográficos.

No contexto dos diagnósticos ambientais, o geoprocessamento permite utilizar várias possibilidades de representações das diferentes ordens de grandeza

da realidade, que podem ser tanto os diversos níveis de análise espacial e raciocínios geográficos durante a fase de tratamento das informações, quanto os critérios de finalidade e conveniência na escolha da escala, durante a fase de representação das sínteses.

Para a questão escalar, do ponto de vista espacial, Montello (2001), propões três principais significados: cartográfico, análise e fenômeno. Embora possam ser tratadas separadamente, essas escalas se inter-relacionam. Ainda, de acordo com Montello (op. cit.), seus significados são:

- Escala cartográfica: é a proporção entre o tamanho do objeto no terreno e suas dimensões no mapa;
- Escala de análise: representa a unidade de tamanho na qual o fenômeno é analisado, que pode ser local, regional ou global;
- Escala dos fenômenos: representa as dimensões da ocorrência de fenômenos sobre a superfície terrestre.

- 

A relação entre estes três aspectos torna-se de grande importância para delimitação do objeto de estudo e para seleção dos materiais cartográficos a serem utilizados nas fases de projeto, trabalho de campo e de apresentação de dados de uma pesquisa.

### **3.2. Metodologias de Avaliação Integrada da Paisagem para Estudos de Planejamento Ambiental**

A própria evolução dos conceitos da geomorfologia está ligada a análise da dinâmica da paisagem, terrestre conforme consta nos trabalhos de Christofolletti (1974) “Geomorfologia”; Aziz N. Ab’ Saber (1967) “Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil”, João José Bigarella et al (1994) “Estrutura e origem das paisagens Tropicais e subtropicais”. O que há de comum nesses conceitos é que o relevo é governado por duas forças antagônicas: endógenas, oriundas do interior da terra e exógenas, originadas das atuações climáticas atuais e do passado. Em relação às forças exógenas, os processos intempéricos do clima atuam sobre os componentes do relevo, provocando erosão, transporte e deposição de partículas, modelando-a ou criando novas formas de relevo. Quando a paisagem está sob ação antrópica sem planejamento, os processos erosivos são mais acentuados necessitando, portanto, de estudos que buscam o entendimento da sua dinâmica, a fim de avaliar sua capacidade de suporte e escolher a melhor forma de uso dos recursos naturais.

Vários pesquisadores vem utilizando metodologias de avaliação integrada da paisagem para estudos de ordenamento territorial e planejamento ambiental (TRICART, 1977; ROSS, 1996; CREPANI et al., 1998; MEDEIROS, 1999).

Na sequência, se busca descrever a teoria da Ecodinâmica (TRICART, 1977), da fragilidade ambiental (Ross, 1994), a metodologia de análise da vulnerabilidade da paisagem à perda de solo (Renard et al., 1991 apud Checchia, 2005).

### 3.2.1. Ecodinâmica

Tricart (1977) propôs a teoria da Ecodinâmica que avalia o ambiente da superfície terrestre de acordo com seu comportamento morfodinâmico. Assim, as paisagens podem ser divididas em Estáveis, Intermediárias (Intergrades) e Instáveis de acordo com o processo atuante. Nas paisagens Estáveis os processos pedogenéticos (de formação de solo), prevalecem sobre os morfogenéticos (formadores de relevo). Nas paisagens Intermediárias existe um equilíbrio entre os dois processos, ou seja, a velocidade de formação de solo é igual à denudação. Já nas paisagens Instáveis, a morfogênese supera a pedogênese, prevalecendo os processos erosivos formadores do relevo (Quadro 2).

**Quadro 2:** Categorias Morfodinâmicas

<b>Categorias morfodinâmicas</b>	<b>Características</b>
<i>Meios estáveis</i>	a) cobertura vegetal densa; b) dissecação moderada e c) ausência de manifestações vulcânicas.
<i>Meios intergrades</i>	a) balanço entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas
<i>Meios fortemente instáveis</i>	a) Condições bioclimáticas agressivas, com ocorrências de variações fortes e irregulares de ventos e chuvas; b) Relevo com vigorosa dissecação; c) Presença de solos rasos; d) Inexistência de cobertura vegetal densa; e) Planícies e fundos de vales sujeitos a inundação e f) Geodinâmica interna intensa.

Fonte: Tricart (1977) e Crepani et al. (1998).

### 3.2.2. Fragilidade dos Ambientes Naturais

Ross (1994) ao analisar as fragilidades dos ambientes inseriu novos critérios para definir as unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis preconizadas por Tricart (1977). As unidades ecodinâmicas instáveis ou de instabilidade emergente referem-se àquelas cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambientes naturais. As unidades ecodinâmicas estáveis ou de instabilidade potencial são as que estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas

da ação humana, encontrando-se em seu estado natural. Para ambas as unidades foram atribuídas cinco níveis de instabilidade: muito fraca, fraca, média, forte e muito forte.

Esta fragilidade é obtida a partir da análise do relevo, litologia e estrutura, solos, clima e uso e cobertura da terra. Avalia-se então a morfometria do relevo (declividade, dissecação horizontal e vertical pela drenagem); as classes de fragilidade ou erodibilidade dos solos e por último, o grau de proteção pelo uso e cobertura da terra, obtido a partir de imagens de satélite ou fotografias aéreas (Quadro 3).

**Quadro 3:** Descrição dos parâmetros para análise da Fragilidade dos Ambientes.

	<b>RELEVO</b>	<b>SOLO</b>	<b>USO E COBERTURA DA TERRA</b>
<b>Grau de Fragilidade</b>	Declividade Dissecação	Tipos de Solo	Tipos de uso/cobertura
Muito Fraca 1	< 6%	Latossolos: Roxo, Vermelho escuro e Vermelho amarelo de textura argilosa	Florestas, Matas naturais, Florestas cultivadas com biodiversidade.
Fraca 2	6 a 12%	Latossolos: Amarelo e Vermelho amarelo de textura méd./argilosa	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (Mata Secundária, Cerrado Denso, Capoeira Densa), matas homogêneas de Pinus densas, Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo logo como o cacau.
Média 3	12 a 20%	Latossolo Vermelho amarelo, Argissolos	Cultivos de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como: café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com subbosques de nativas.
Forte 4	20 a 30%	Argissolos Vermelho-Amarelo textura méd./arenosa, Cambissolo	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto, arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivos em curvas de nível/terraceamento.
Muito Forte 5	> 30%	Luvisso solo com cascalho, Neossolos	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/grade, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, Terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Fonte: Adaptado de Ross, 1994.

A preparação de pranchas para cada um dos temas e a hierarquização do grau de fragilidade de cada classe temática conforme indicado na Quadro 2, seguida pelo cruzamento destas informações, permite a obtenção de um produto cartográfico síntese, representando as unidades ecodinâmicas.

A análise empírica da fragilidade é realizada a partir de produtos cartográficos temáticos (de geologia, geomorfologia, pedologia, climatologia, vegetação, uso da terra) e seus respectivos relatórios técnicos, obtidos através de levantamentos de campo e serviços de escritório e seguindo-se as seguintes orientações (ROSS, 1994):

- A carta geomorfológica juntamente com a análise genética é um dos produtos intermediários para a construção da carta de fragilidade. Para análise em escalas médias e pequenas (1:50.000, 1:100.000, 1:250.000) utiliza-se como base de informação os padrões de forma de relevo com a rugosidade topográfica ou os índices de dissecação do relevo. Para análise em escalas grandes ou de detalhe (1:2.000 até 1:25.000) utiliza-se as formas das vertentes e as classes de declividade;
- A carta de solos utiliza os critérios de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas, profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais. Tais características estão relacionadas com o relevo, litologia, clima, elementos motores da pedogênese e fatores determinantes das características físico-químicas;
- A carta de vegetação e uso da terra é utilizada para avaliar o grau de proteção dos solos pela cobertura vegetal, onde as áreas de florestas naturais fornecem um grau de proteção muito alto, contrapondo as áreas de solo exposto e de culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas, cuja proteção é baixa ou nula;



- Para o clima, os dados mais importantes referem-se a intensidade e distribuição das chuvas.

Além destas orientações, Ross (1994) sugere que as pesquisas básicas associadas à erosão dos solos, muito utilizadas nas práticas agrícolas conservacionistas, podem ser usadas na determinação da fragilidade como um suporte quantitativo à análise, até então feita de maneira qualitativa.

### *Determinação das Classes de Fragilidade*

De acordo com Santos e Vitte (1998), o termo fragilidade tem sido citado com frequência na geografia física, aliado normalmente como “fragilidade do meio físico”. A fragilidade sempre está ligada a “algo que a torna frágil”, ou a “susceptibilidade à algo”. No caso do meio físico, está ligada às causas dos desequilíbrios, que podem ter origens diversas, mas que freqüentemente relacionam-se com a antropização do meio.

Alheiros (1996), ao conceituar vulnerabilidade ambiental, refere-se ao conjunto de fatores ambientais de mesma natureza que, diante de atividades ocorrentes ou que venham se manifestar, poderá sofrer adversidades e afetar, de forma vital, total ou parcial, a estabilidade ecológica da região em que ocorre.

(...) ainda não existe, para o estudo da vulnerabilidade ambiental, uma metodologia específica ou modelos aplicáveis para os diversos tipos de estudos. Isso requer cálculo das perdas potencialmente envolvidas nas áreas sujeitas à acidentes, e, em termos monetários, demanda informações sobre o valor de áreas ocupadas ou desertas, o que acarreta um problema sério, como determinar o preço da biodiversidade de uma determinada área (ALHEIROS, 1996, p.1 ).

Alguns elementos devem ser considerados para a avaliação do risco, principalmente a susceptibilidade da área e a vulnerabilidade dos sistemas ali existentes.

A suscetibilidade expressa a fragilidade do meio frente aos processos morfodinâmicos enquanto a vulnerabilidade exprime o grau das perdas, materiais e humanas dos sistemas implantados na área estudada.

A Fragilidade Empírica dos Ambientes (ROSS, 1994) baseia-se na ampliação do conceito de Tricart (1977) para aplicação no planejamento ambiental, buscando associar os ambientes instáveis àqueles que estão sob intervenção antrópica, enquanto os estáveis ou de instabilidade emergente associam-se àqueles que se encontram em seu estado natural sem a ação do homem.

Esta fragilidade é obtida a partir da análise do relevo, litologia e estrutura, solos, clima e uso e cobertura da terra. Avalia-se então a morfometria do relevo (declividade, dissecação horizontal e vertical pela drenagem); as classes de fragilidade ou erodibilidade dos solos e por último, o grau de proteção pelo uso e cobertura da terra, obtido a partir de imagens de satélite ou fotografias aéreas. Para a análise da fragilidade, entretanto exige-se que esses conhecimentos setorizados sejam avaliados de forma integrada, a cada sempre no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre seus componentes físicos e bióticos.

Esses estudos devem originar produtos cartográficos temáticos de geomorfologia, geologia, pedologia, climatologia e uso da terra/vegetação. Para análise integrada, Ross (1994) propõe que cada tema seja hierarquizado em cinco classes de fragilidade, sendo:

- 1- Muito Baixa;
- 2- Baixa;
- 3- Média;
- 4- Alta;
- 5- Muita Alta.

Este modelo propõe que cada uma destas variáveis seja hierarquizada em cinco classes de acordo com sua vulnerabilidade. Assim, as variáveis mais estáveis apresentarão valores mais próximos de 1,0, as intermediárias ao redor de

3,0 e as mais vulneráveis estarão próximas de 5,0. Desta forma, a partir da composição das relações destas quatro variáveis, temos:

- Índices de Dissecação do Relevo – categoria hierárquica muito fraca (1) a muito forte (5);
- Solos - classes de fragilidade muito fraca (1) a muito forte (5);
- Cobertura Vegetal - grau de proteção muito alto (1) a muito baixo/nulo (5);
- Pluviosidade - categoria hierárquica muito fraca (1) a muito forte (5).

É então estabelecida uma classificação da fragilidade através da composição entre estes quatro planos de informação composta pelas categorias e algarismos acima mencionados. O primeiro relacionado ao relevo, o segundo ao solo, o terceiro à cobertura vegetal/uso da terra e o quarto a pluviosidade.

Segundo os procedimentos técnico-operacionais deste modelo a variável índice de dissecação do relevo (1º dígito) é que vai determinar o grau de fragilidade de cada área analisada. As demais variáveis irão definir uma hierarquização através de seus coeficientes de fragilidade, sendo que a variável cobertura vegetal irá identificar, através de seus índices as áreas onde o equilíbrio dinâmico foi rompido propiciando situações de riscos e as áreas onde a estabilidade continua reinando (até o momento).

### **3.2.3. Vulnerabilidade à perda de solo**

Os solos das regiões ocupadas pelo homem estão se perdendo rapidamente devido à erosão e, por isso, deveriam ser considerados como um recurso natural não renovável tendo seu uso cercado de toda proteção e cuidado que tal situação exige.

A aceleração dos processos erosivos através da remoção da vegetação, manejo e uso inadequado do solo, realização de obras de engenharia provocam a alteração do ambiente natural. A erosão acelerada ou induzida é o processo de desagregação e transporte acelerado das partículas do solo causado pela água e

pelo vento. É a principal fonte de depauperamento acelerado das terras, através do carreamento das partículas de solo e elementos nutritivos essenciais para a manutenção da vida (CHECCHIA, 2005). A partir desta perspectiva, a erosão e a deposição de sedimentos são processos complementares, pois as partículas do solo são removidas de áreas mais suscetíveis e depositadas em áreas mais planas e com menores declividades. As áreas de deposição de sedimentos também são severamente afetadas, pois estas possuem suas estruturas totalmente modificadas.

De maneira geral, os processos erosivos são desencadeados pelo impacto das gotas da chuva na superfície do solo, que promove a desagregação das suas partículas e, posteriormente, a movimentação desse material, expondo-o às ações hidrodinâmicas do escoamento superficial (GUERRA, 1999).

Castro e Valério Filho (1997) salientam que as atividades de exploração intensiva de recursos naturais são vistas como elementos de alto potencial de impacto ambiental e econômico. As formas de contornar tal tendência centram-se, de imediato, na adequação dos planos de manejo às condições previamente observadas no ambiente, em particular quanto ao grau de fragilidade ou suscetibilidade a determinadas classes de distúrbios.

Em conformidade com o discutido anteriormente, Alves (2000) enfatiza que tais atividades constituem os principais agentes deflagradores dos processos erosivos, quando a erosão normal, causada pelos fatores naturais, dá lugar à erosão acelerada, resultado da interferência antrópica.

Para estudar esse tipo de fenômeno são empregados métodos diretos, baseados na coleta do material erodido, em campos experimentais e/ou em laboratórios ou, ainda, métodos indiretos, por meio de modelagem matemática. Esses modelos podem ser associados às técnicas de geoprocessamento, as quais permitem análises espaciais do fenômeno, visando ao planejamento racional do uso e ocupação da terra e à detecção das áreas que necessitam de adoção de práticas de controle da erosão (ALVES, 2000).

Dos modelos existentes, a Equação Universal de Perdas de Solo-USLE (Universal Soil Loss Equation) proposta por Wischmeier e Smith (1978), quando

especializada por meio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) (RUSLE – Revised Universal Soil Loss Equation, Renard et al, 1991), permite a análise das perdas de solo por erosão laminar, possibilitando contextualizar os resultados obtidos em função do uso e ocupação das terras (CECCHIA, 2005).

### *Equação Universal de Perdas de Solo*

A Equação Universal de Perdas de Solo (USLE), atualmente é muito aplicada em bacias hidrográficas e também utilizada em projetos de planejamento ambiental e gestão de recursos naturais, como o solo e a água.

Os dados de saída da USLE e seus derivados são a estimativa anual de perda de solos em vertentes. O modelo não exige de dados de entrada sofisticados e/ou numerosos. São necessárias informações sobre a erosividade da chuva, erodibilidade do solo, sobre uso do solo e a topografia do local (CECCHIA, 2005). Guerra (1999) define esses fatores como fatores controladores, pois esses determinam as variações nas taxas de erosão, e é por causa da interação desses fatores que certas áreas erodem mais que outras. A intervenção do homem pode alterar esses fatores e, conseqüentemente acelerar ou retardar os processos erosivos.

O modelo apresenta alguns problemas, tais como: é construído para medir as perdas de solo em longo prazo; o fator topográfico foi desenvolvido para comprimentos e inclinação de vertentes relativamente moderadas; não foi projetada para solos tropicais; os dados não incluem o efeito orográfico; representa a quantidade de solo que sai do sistema, mas não prediz a quantidade de material erodido e depositado – o modelo sofreu modificações ao passar dos anos (CECCHIA, 2005).

A RUSLE - Revised Universal Soil Loss Equation (Equação Universal de Perda de Solo Revisada) é uma versão modificada da USLE, com o intuito de prever ao longo do tempo, a perda anual de solo (RENARD et al, 1997 apud CECCHIA, 2005).

A RUSLE, apesar de ser de concepção empírica, é um modelo consideravelmente dependente de sistemas computacionais. Suas vantagens sobre a USLE são: (a) uso de algoritmos para efetuar cálculos; (b) desenvolvimento de um termo de erodibilidade variável sazonalmente; (c) utilização de novos algoritmos para calcular comprimento de vertente e declividade (*LS*) refletindo a erosão laminar e em sulcos; (d) capacidade de calcular o fator topográfico (*LS*) para vertentes de variadas formas; (e) novos valores de práticas conservacionistas (*P*); (f) e definição de subfatores para calcular o termo uso da terra (*C*) contemplando o uso anterior da terra, cobertura e rugosidade do solo (RENARD, 1997 apud CECCHIA, 2005). Neste trabalho de pesquisa utilizaremos a Equação Universal de Perdas de Solo Revisada (RUSLE) associada ao Sistema de Informação Geográfica.

Tanto a USLE quanto a RUSLE empregam equações empíricas de regressão múltipla com incorporação de parâmetros que influenciam na erosão, sem fazer qualquer tentativa de simular o processo real de erosão (MORRIS; FAN, 1997 apud CECCHIA, 2005). Ambas utilizam a mesma equação:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

onde:

*A* = perda de solo em ton/ha.ano;

*R* = fator erosividade<sup>2</sup> da chuva em MJ.mm/ha.h.ano;

*K* = fator erodibilidade<sup>1</sup> do solo em ton.ha.h/ha.MJ.mm;

*L* = fator comprimento de rampa, baseado nos valores em metros do comprimento da rampa (adimensional);

*S* = fator declividade, valores em porcentagem da declividade do terreno (adimensional);

*C* = fator uso e manejo do solo (adimensional);

*P* = fator práticas conservacionistas (adimensional).

A Equação Universal de Perdas de Solo Revisada (RUSLE) tem por objetivo prever a erosão em ton/ha.ano, que poderá ocorrer em determinada

---

<sup>2</sup> A unidade de medida Joule (J) é definida diretamente em termos da massa e da velocidade ao quadrado. Sendo, que de maneira geral, temos a seguinte relação: **1Joule = 1Kg m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>**.

área, visando a adoção de medidas preventivas e/ou mitigadoras para que a magnitude das perdas de solo fique situada dentro de limites toleráveis.

A seguir são detalhados os fatores que compõem a RUSLE, assim como os métodos utilizados neste trabalho para o cálculo dos respectivos índices.

#### *Fator R*

O Fator R é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva em provocar erosão, em uma área sem proteção (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1993). Em trabalhos desenvolvidos nos Estados Unidos, Wicshmeier e Smith (1978 apud BERTONI e LOMBARDI NETO, 1993), concluíram que o índice que possui melhor correlação com a perda de solo é produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos.

Bertoni e Lombardi Neto (1993), propuseram a seguinte equação para determinação de um valor médio do índice de erosividade por meio da relação entre a média mensal e a média anual de precipitação:

$$EI_{30} = 67,355 \left( \frac{r^2}{P} \right)^{0,85}$$

onde:

$EI_{30}$  = média mensal do índice de erosividade, em MJ.mm/(ha.h);

$r$  = média do total mensal de precipitação, em mm;

$P$  = média do total anual de precipitação, em mm,

Para determinação de R, soma-se o resultado dos valores mensais do índice de erosividade em cada estação pluviométrica:

$$R = \sum_{J=1}^{12} EI_{30j}$$

#### *Fator K – Erodibilidade dos Solos*

A erodibilidade do solo é a propriedade do solo que representa a sua susceptibilidade á erosão, podendo ser definida como a quantidade de material que é removido por unidade de área quando os demais fatores determinantes da

erosão permanecem constantes (HENKLAIN e FREIRE, 1983 apud CHECCHIA, 2005).

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1993), as diferenças relacionadas às propriedades do solo permitem que alguns solos sejam mais erodidos que outros ainda que variáveis como chuva, declividade, cobertura vegetal e práticas de manejo sejam as mesmas. Ainda de acordo com esses autores as propriedades do solo que influenciam na erodibilidade são aqueles que afetam a infiltração, a permeabilidade, a capacidade total de armazenamento de água e aquelas que resistem às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pelo escoamento. A erodibilidade do solo tem seu valor quantitativo determinado experimentalmente em parcelas e é expresso como a perda de solo por unidade de índice de erosão da chuva (EI), (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1993).

De acordo com Baptista (1997 apud ALVES, 2000), esse fator pode ser determinado experimentalmente, em condições específicas de declividade e comprimento de rampa, ou de forma indireta por meio de um nomograma desenvolvido por Wischmeier *et al.*, (1971 apud CHECCHIA, 2005), sendo que os resultados obtidos devem ser multiplicados pelo fator de conversão 0,1317, para que possa ser utilizado no Sistema Internacional, pois em sua confecção a permeabilidade foi adotada no sistema em inglês. A aproximação algébrica do nomograma é definida como:

$$K = 0,00273M^{1,14} (0^{-4})^{2-a} + 0,00423 (0^{-2})^{b-2} + 0,00325 (0^{-3})^c$$

onde:

$M = (\text{silte}\% + \text{areia fina}\%)(100 - \text{argila}\%)$ ;

$a = \text{matéria orgânica } (\%)$

$b = \text{código da estrutura do solo: 1-granular muito fina; 2-granular fina; 3-granular média à grossa; 4- em blocos, laminar ou maciça.}$

$c = \text{classe de permeabilidade do perfil: 1-rápida; 2-moderada/rápida; 3-moderada; 4-lenta/moderada; 5-lenta; 6 - muito lenta.}$

Segundo Cecchia (2005), para se obter o valor de K, é necessário dispor de dados relativos às características do solo:



- Textura, ou seja, as porcentagens de limo ou areia muito fina (0,002 a 0,1mm) e porcentagem de areia (0,1 a 2,0 mm);
- Porcentagem de MO;
- Estrutura (classificada em quatro classes: granular muito fina; granular fina; granular grosseira; compacta);
- Permeabilidade (classificada em seis classes: muito lenta; lenta; lenta a moderada; moderada; moderada a rápida; rápida).

Em 2002 foi elaborado um plano integrado de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar, através da Gerência de Gestão de Recursos Hídricos (GEHID, 2002), e dentre as atividades realizadas está o levantamento do Potencial Erosivo. Assim com base no mapa de solos da bacia hidrográfica (EMBRAPA, 2001) foi realizado o agrupamento dos solos que apresentam comportamento erosivo semelhantes. Como em toda a Microbacia do Ribeirão de Imaruí há predominância dos cambissolos vermelho-amarelo, sugeriu-se adotar como índice de erodibilidade o valor 0,054 ton.ha.h/ha.MJ.mm (SDM, 2002).

#### *Declividade e Comprimento de Rampa*

##### *Fator L – Comprimento de Rampa*

O fator comprimento de rampa tem grande importância na perda de solo, uma vez que quanto maior for a sua extensão maior será a velocidade do escoamento. A RUSLE utiliza o comprimento de rampa adimensional, adotando o valor médio em metros.

Em alguns trabalhos esse fator foi obtido por medições diretas em cartas topográficas ou pela razão entre a área da bacia (m<sup>2</sup>) e o somatório de todos os cursos de água da bacia (m), conhecido como método do retângulo equivalente modificado por Vilela e Mattos (1975 apud ALVES, 2000).

##### *Fator S - Declividade*

O volume e a velocidade das enxurradas estão diretamente relacionadas ao grau de declividade do terreno (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1993). A RUSLE utiliza o fator declividade como uma das variáveis topográficas, adimensional baseada nos valores obtidos em porcentagem.

Esses valores podem ser obtidos com ábacos, manualmente sobre as bases cartográficas ou por meio do geoprocessamento, pois a maioria dos softwares possui algoritmos de manipulação que percorrem o modelo numérico de terreno, aplicando a equação para determinação da declividade.

#### *Fator LS – Fator Topográfico*

Em muitos trabalhos que usaram o geoprocessamento na determinação dos fatores da RUSLE, o fator comprimento de rampa e o fator declividade aparecem associados, representados pela variável LS. Dessa forma, para integralização dos fatores L e S será utilizado o método de Bertoni (1959 apud ALVES, 2000), representado pela equação:

$$LS = 0,00984 \times L^{0,63} \times S^{1,18}$$

onde:

LS = fator topográfico;

L = Comprimento de rampa (m);

S = declividade (%).

O fator L e S da RUSLE será gerado no ambiente SIG. Através da carta topográfica será gerado um Modelo Digital de Elevação (MDE) com o objetivo de obter o comprimento das vertentes e as classes de declividade.

#### *Fator Uso e Manejo e Práticas Conservacionistas*

##### *Fator C – Uso e Manejo do Solo*

Fator uso e manejo do solo é a relação esperada entre as perdas de solo em um terreno cultivado e em um terreno desprotegido. A redução da erosão vai depender do tipo de cultura e manejo adotado, da quantidade de chuvas, da fase do ciclo vegetativo entre outras variáveis, cujas combinações apresentam diferentes efeitos na perda de solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1993).

### *Fator P – Práticas Conservacionistas*

Trata-se da relação entre a intensidade esperada de perda de solo com determinada prática conservacionista ou quando a cultura está disposta no sentido do declive. Uma área sem proteção de cobertura vegetal é geralmente mais suscetível á erosão do que um que esteja recoberto por vegetação sendo que o seu efeito dependerá do tipo e fase do crescimento da vegetação associada à seqüência de culturas e ao manejo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1993).

### *Fator CP – Variável antrópica*

De acordo com Stein *et al.*(1987 apud ALVES, 2000), se o que se pretende é adequar as formas de produção agrícola de maneira a minimizar os efeitos negativos causados no meio físico, as variáveis antrópicas da RUSLE devem ser tratadas separadamente. Mas se o objetivo é espacializar fenômenos por meio do geoprocessamento, a obtenção dos dados de C e P podem ser analisados de forma integrada em função do uso e ocupação do solo. Neste caso, adota-se o fator  $P=1$ , como sendo uma constante, por representar a pior situação de perdas de solo em função de práticas conservacionistas.

Para estimar cada uma das variáveis da RUSLE, de forma tradicional, é necessário uma quantidade considerável de experimentos de campo, o que representa quase a inviabilização do estudo para grandes áreas. Por essa razão torna-se necessária à utilização das técnicas de geoprocessamento, como alternativa ferramental para esse tipo de análise em escala regional.

A RUSLE é empregada, com bons resultados, para pequenos talhões compatíveis com o uso agrícola, resultando na quantificação da perda de solos por erosão laminar nessas áreas. Porém, quando adotam-se áreas grandes, de escala regional, não se pode ignorar que ao longo de uma vertente ocorrem, simultaneamente, os processos de erosão e de deposição, além da erosão que se

observa nos canais fluviais, o que, em conjunto, constituem uma limitação para utilização dessa equação para quantificar a erosão (ALVES, 2000). Entretanto, como a mesma apresenta todos, ou praticamente todos, os fatores envolvidos no processo de erosão laminar, ela permite avaliar qualitativamente grandes áreas, determinando os diferentes graus de susceptibilidade à erosão das regiões homogêneas identificadas (HANN & MORGAN, 2006). Segundo Kinnel (2005), a RUSLE, para grandes áreas, não deve ser empregada para a estimativa, ou mesmo para quantificação das perdas de solo por erosão laminar, e sim para uma avaliação qualitativa dessas perdas.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### APLICAÇÃO DOS DOIS MODELOS DE ANÁLISE AMBIENTAL: DA FRAGILIDADE EMERGENTE E RUSLE

#### 4.1. Modelo da Fragilidade Emergente Com Apoio nas Classes de Declividade

Para análise da fragilidade potencial natural é necessário que os conhecimentos setorizados sejam avaliados de forma integrada, e sempre apoiados no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre suas componentes físicas e bióticas.

Para um maior detalhamento dos procedimentos operacionais, indicados em ROSS (1994) para a execução do produto cartográfico síntese que identifique setores de diferentes padrões de fragilidade potencial, serão descritos a seguir os levantamentos básicos efetuados, correspondente ao solo, declividade, uso da terra, cobertura Vegetal e erosividade da chuva.

#### *Solos*

Para os critérios de hierarquização da variável solo, foram considerados os tipos de solos encontrados na área de estudo, comparando-os com as classes de fragilidade dos solos apresentadas no Quadro 4 proposta por Ross (1994).

**Quadro 4:** Classes de Fragilidade dos Solos

<b>Classes de Fragilidade</b>	<b>Tipos de solos</b>
1 – Muito Baixa	Latossolos: Roxo, Vermelho escuro e Vermelho amarelo de textura argilosa.
2 - Baixa	Latossolos: Amarelo e Vermelho amarelo de textura média/argilosa.
3 - Média	Latossolo Vermelho amarelo, Argissolos, <b>Cambissolo</b> .
4 - Forte	Argissolos Vermelho-Amarelo textura méd./arenosa, <b>Gleissolo</b> .
5 – Muito Forte	Luviossolo com cascalho, Neossolos.

**Fonte:** Elaborado com base em ROSS (1994)

**Organização:** Kleber Nunes Pereira

**OBS:** Os tipos de solos em negrito acima são aqueles encontrados na área de estudo

Neste quadro é levada em consideração as características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/ espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais. Assim, os vários tipos de solos são classificados conforme sua fragilidade, de acordo com estes itens citados acima, em cinco categorias hierárquicas.

Desta forma, estabeleceu-se uma relação entre os tipos de solos identificados na área de estudo com as características e com as classes de fragilidade apresentadas neste quadro.

### *Classes de Declividade*

Conforme é discutido por Silveira, Oka-Fiori e Zai (2006a), a análise da declividade das vertentes possibilita evidenciar a distribuição das inclinações de uma superfície do terreno na paisagem, sendo esta uma característica importante na análise do balanço morfogênese/pedogênese, uma vez que a inclinação das vertentes representa um dos fatores importantes que contribuí na instabilidade das encostas, ocasionada pelo fluxo torrencial do escoamento que se dá na superfície, acarretando conseqüentes processos erosivos e movimentos coletivos de materiais.

A carta de declividade foi gerada em ambiente SIG, através da Modelagem Digital de Terreno (MDT), no software 3D Analyst – módulo complementar do Arcgis.

As classes de declividade foram agrupadas de acordo com vários estudos realizados e com a metodologia de Ross (1994), conforme tabela 2.

**Tabela 2:** Classes de Declividade

<b>Categorias hierárquicas</b>	<b>Declividades</b>
<b>Muita Fraca</b>	até 5°
<b>Fraca</b>	de 6° a 15°
<b>Média</b>	de 16° a 30°
<b>Forte</b>	de 31° a 45°
<b>Muito Forte</b>	de 46° a 60°

Adaptado de Ross (1994).

### *Uso da Terra e Cobertura Vegetal*

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

Baseando-se em critérios propostos por Ross (1994) estabeleceu-se uma hierarquização obedecendo à ordem decrescente quanto à capacidade de proteção aos solos, conforme verificado no quadro abaixo (Quadro 5).

**Quadro 5:** Grau de proteção ao solo exercido para cada tipo de cobertura vegetal e uso da terra.

<b>Grau de Proteção</b>	<b>Tipos de Cobertura Vegetal</b>
1 – Muito Alto	Capoeirão (mata nativa)
2 - Alto	Capoeira
3 - Médio	Silvicultura e pastagem
4 - Baixo	Área povoada
5 – Muito Baixo	Carcinicultura, solo exposto e planície de maré

## *Erosividade da Chuva*

Os dados climatológicos, principalmente as chuvas, são de fundamental importância para a análise da fragilidade decorrente da sua ação direta na dinâmica do sistema ambiental. A ação das chuvas, principalmente quando concentradas em pequenos períodos, é um importante elemento modificador por regular e ativar todos os processos morfodinâmicos contribuindo diretamente para acelerar os processos erosivos. Assim o potencial erosivo foi baseado em dados obtidos pelo método da RUSLE. O valor de erosividade da microbacia ficou em 540 Mj/mm/ha/ano. A tabela 3 indica a hierarquização das classes de erosividade, de acordo com Ross (1994).

**Tabela 3:** Potencial de erosividade das chuvas

<b>Classes de Erosividade Mj/mm/ha/ano</b>	<b>Graus de Potencialidade</b>	<b>Peso</b>
<b>&lt; 250</b>	Muito Baixo	1
<b>250 a 500</b>	Baixo	2
<b>500 a 750</b>	Médio	3
<b>750 a 1000</b>	Muito Alto	4
<b>&gt;1000</b>	Alto	5

Fonte: Adaptado de Ross (1994).



## 4.2. Fatores do Modelo RUSLE

Para a obtenção da estimativa de perda de solo, foram multiplicados os mapas com os valores dos diferentes parâmetros da RUSLE, ou seja, erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), fator topográfico (LS) e o fator cobertura do solo (C), usando para isso o Software Arcgis 9.3.

### *Fator K (Erodibilidade do solo)*

Para estimativa da erodibilidade dos solos na área de estudo, foi levado em consideração o mapeamento pedológico de semi-detalhe (1:50.000) realizado pela EMBRAPA (2001) no município.

Após realizar o recorte da microbacia e obter os polígonos das classes de solos, inseriram-se os valores de **K** (Erodibilidade do solo) para cada tipo. Os valores de K foram obtidos através de estudo realizado no município de Imaruí pela Gerência de Gestão de Recursos Hídricos (GEHID), na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar, em 2002. Através do levantamento pedológico realizado pela EMBRAPA (2001), a equipe da GEHID agrupou os solos que apresentam comportamentos erosivos relativamente semelhantes, segundo as classes de erodibilidade relativa apresentadas por Salomão (1992) (Tabela 4). Após esta etapa foi gerado o mapa referente ao índice de erodibilidade dos solos (Figura 10).

**Tabela 4:** Índice de erodibilidade da MRI (ton.ha.h/ha.MJ.mm)

<b>Solo</b>	<b>Fator K</b>	<b>% da Área Total</b>
Cambissolo	0,054	82
Gleissolo	0,025	18

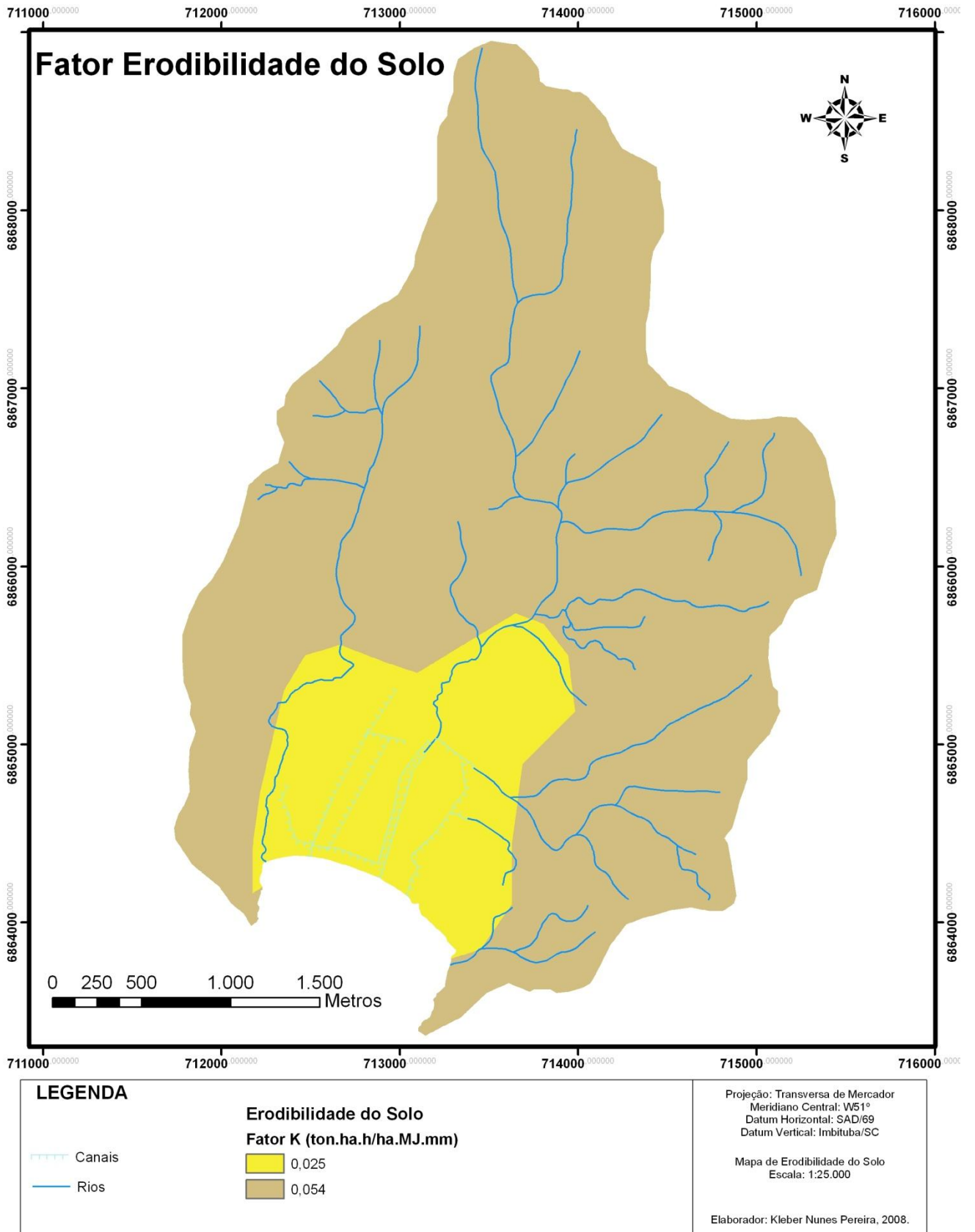


Figura 10: Mapa dos índices de erodibilidade do solo.

### *Fator R (Erosividade da Chuva)*

Diante da ausência de estações pluviométricas no município de Imaruí foi adotada a metodologia proposta por Lombardi Neto (1977) para determinar a erosividade anual das chuvas, utilizando os dados de chuva coletados através de pluviômetro das estações pluviométricas dos municípios de São Martinho, Armazém e Laguna, conforme figura 11. Para determinação da pluviometria do município de Imaruí, considerou-se o período de 1951 a 2004, perfazendo um período de 53 anos.

A partir da aquisição e tratamento dos dados pluviométricos em ambiente de sistema de informação geográfica (SIG), a pluviosidade média anual para o município de Imaruí foi de 1382 mm, conforme a figura 12.

A estação de Laguna iniciou a coleta de dados em 1929 e foi desativada em 1985. Em Armazém foram fornecidos dados pela Termelétrica Jorge Lacerda, do período de 1951 a 2003. E para o município de São Martinho, considerou-se o período de 1996 a 2004, por não haver falhas na coleta de dados.

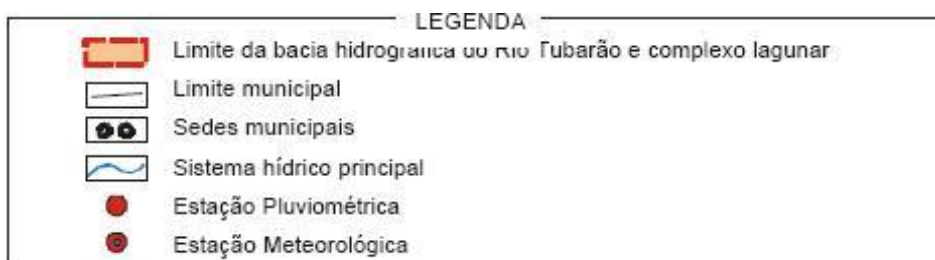
A erosividade média mensal das chuvas foi calculada através da fórmula  $EI = 6,866 * \left(\frac{p^2}{P}\right)^{0,86}$ , onde  $p^2$ = precipitação média mensal e  $P$ = precipitação média anual.

A erosividade média anual das chuvas (fator R) é obtida pela soma das erosividades médias mensais de cada estação.

O fator R foi gerado no software Arcgis, a partir da inserção da tabela (formato dbase) com distribuição espacial das estações (coordenadas UTM das estações) e seus respectivos valores de erosividade.

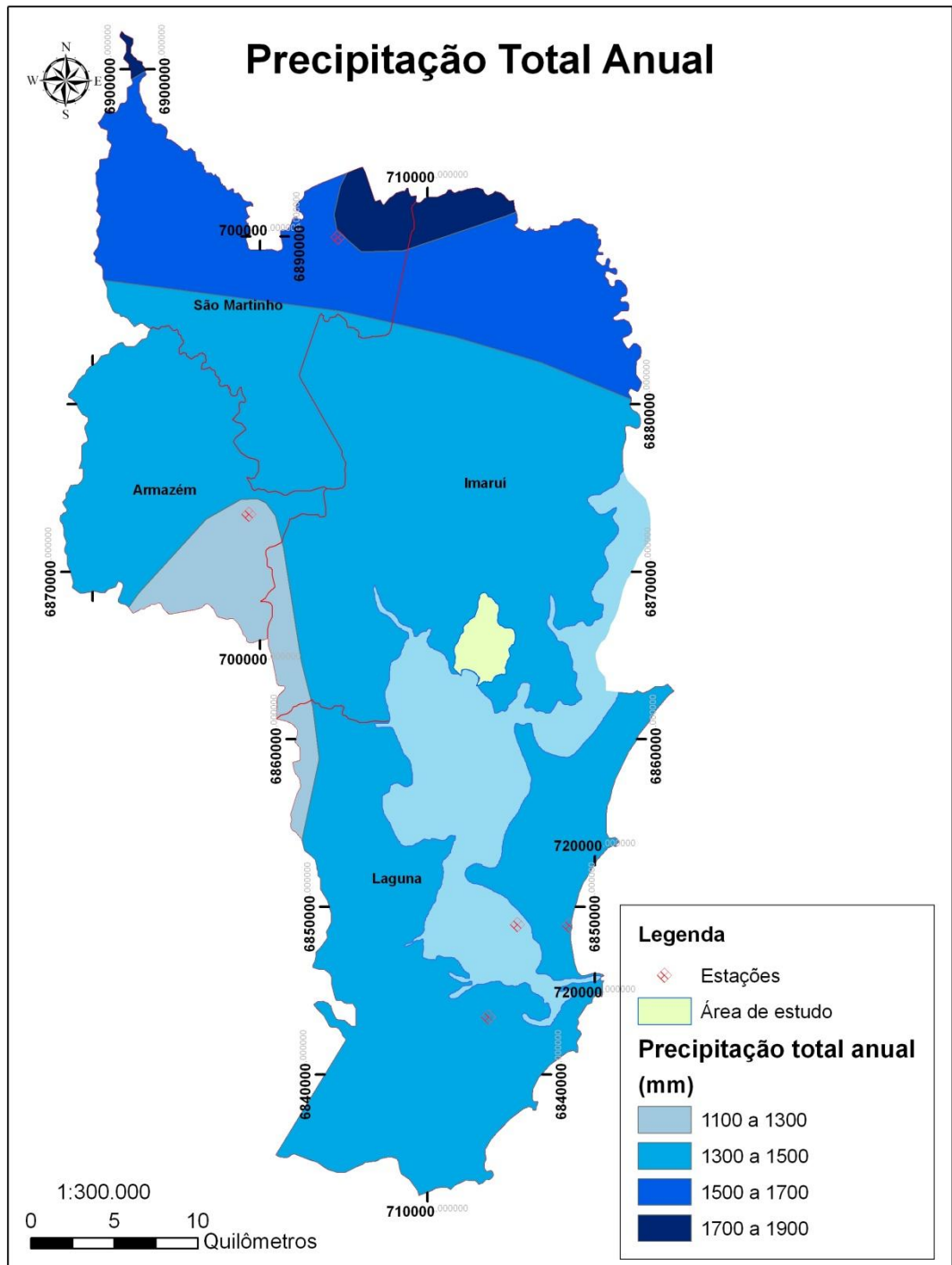
A erosividade média anual para o município teve o valor de 540 MJ.mm/ha.h.mês.

A interpolação dos valores que representam à variação espacial da erosividade foi efetuada através do método de *Spline*. *Spline* é um interpolador de uso geral que ajusta uma superfície de curvatura mínima aos pontos amostrais.



**Figura 11:** Distribuição das estações pluviométricas na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar. Fonte: Comitê da Bacia do Rio Tubarão, 2002. Escala: 1:750.000.

Localização da área de estudo



**Figura 12:** Interpolação dos dados de precipitação para cálculo da média pluviométrica do município de Imaruí.

### Fator LS (Fator Topográfico)

Segundo Mitasova et al (2004), o fator **LS** ( Fator Topográfico) é um dos mais importante da Equação Universal de Perdas de Solo, porque influi mais na variação da erosão bruta do que qualquer um dos outros fatores, exceto o fator manejo do Solo. O comprimento da vertente (**L**) representa a distância entre o ponto onde se origina o escoamento superficial até o ponto onde a declividade decresce o suficiente para que ocorra a deposição de sedimentos, ou onde a água entra no sistema de canais de drenagem naturais ou artificiais. O gradiente de declividade (**S**) refere-se à variação de declividade em intervalos de vertentes, sendo expresso em porcentagem (FORNELOS e NEVES, 2006).

Para geração do fator LS, foi utilizado o software Arcgis 9.3 através da ferramenta *raster calculator*. Primeiramente foi produzido um Modelo Numérico de Terreno (MNT) através das curvas de nível (com equidistância de 10 metros). A partir do MNT foi gerada a declividade, direção de fluxo e fluxo acumulado da área.

Segundo Silva (2003), a direção do fluxo de uma célula central é assim escolhida de oito direções distintas (Figura 13). Por exemplo, se a direção do fluxo é para oeste, ela será codificada como 16, para norte, 64, para sudeste, 2, e assim por diante. A direção se dá para a célula de menor altitude, em relação à célula central. Se vários vizinhos têm os mesmos menores valores, o software define a melhor direção. Uma vez determinada a direção do fluxo, calculou-se o fluxo acumulado nas vertentes. Este define o número de células a montante que contribuem para uma determinada célula a jusante.

32	64	128
16	X	1
8	4	2

**Figura 13:** Direção do fluxo em que a célula central (X) é codificada com um dos valores das oito células circunvizinhas (a direção se dá para a célula de menor altitude em relação à célula central). (Adaptado de Silva, 2003).

Com a direção de fluxo e o fluxo acumulado determinados, aplicou-se a seguinte equação no *raster calculator*, segundo Mitasova et al (2004):

**FlowAccumulation(FlowDirection([elevation]))**

Em seguida foi realizado o seguinte cálculo utilizando a mesma ferramenta:

**Pow([flowacc] \* resolution / 22.1, 0.4) \* Pow(Sin([slope]\* 0.01745) / 0.09, 1.4) \* 1.4**

Onde, **flowacc** é o fluxo acumulado; **resolution**, a resolução do raster que se está trabalhando; slope, o raster de declividade.

Através desta equação tem-se então a aquisição do fator topográfico (LS), que pode ser observado no mapa do Fator Topográfico (Figura 14).

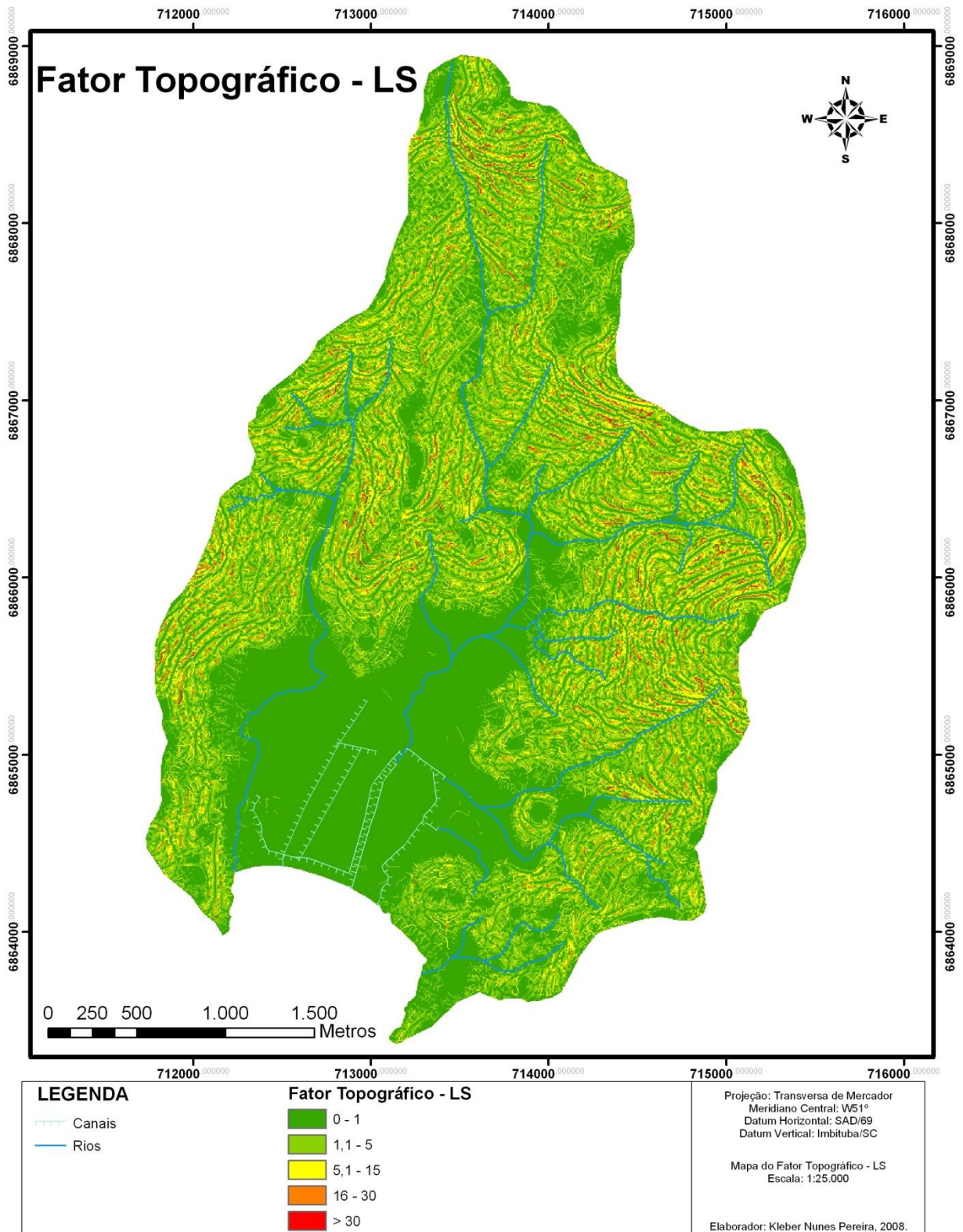


Figura 14: Mapa do Fator Topográfico da MRI.



### Fatores C (Uso/Manejo do Solo) e P (Prática Conservacionista)

De acordo com Bertoni e Lombardi (1993) o fator uso/manejo do solo (C) é a relação esperada entre as perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto e cultivado. Enquanto o fator P (Prática Conservacionista) é a relação entre a intensidade esperada de tais perdas com determinada prática conservacionista e aquelas quando a cultura está plantada no sentido do declive.

Neste estudo os valores do fator C (tabela 5) foram extraídos dos trabalhos realizados no município pelo Comitê do Rio Tubarão e utilizado de acordo com o conhecimento do local através das saídas de campo.

**Tabela 5:** Valores do Fator C

Cobertura Vegetal	Fator C [adimensional]	Cobertura Vegetal	Fator C [adimensional]
construção	0	pasto sujo	0,1
estufa	0	chuchu	0,1
lago	0	laranja	0,1
aviário	0	arroz	0,15
terreiro	0	café	0,2
gramado	0,01	pêssego	0,2
mata mista	0,01	pasto limpo	0,35
mata ciliar	0,02	girassol/guandu/feijão	0,4
mata	0,02	feijão/milho/girassol	0,4
eucalipto	0,04	milho	0,4
pinheiros	0,04	feijão de porco/milho	0,5
capineira	0,05	pimentão	0,6
pomar	0,08	estrada	1
laranja	0,08	solo nú	1
capoeira	0,09		

Fonte: Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar (MMA/SRH, 2002).

As práticas conservacionistas mais comuns para as culturas anuais são: plantio em contorno, plantio em faixas de contorno, terraceamento e alternância de capinas. Na área de estudo não são aplicadas práticas conservacionistas, portando foi adotado o valor 1 para o fator P.

## 5. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS-OPERACIONAIS

Baseado nas considerações descritas na revisão bibliográfica para análise da fragilidade ambiental e para vulnerabilidade à perda do solo foi aplicado um roteiro metodológico com os níveis de tratamento e modificações adaptados à realidade da área de estudo.

O Quadro 6 mostra de forma detalhada o roteiro metodológico que foi utilizado.

**Quadro 6:** Roteiro metodológico/operacional do projeto de pesquisa.

Níveis de Tratamento		Atividades principais	Produtos Principais
1ª Etapa	Elaboração da base de dados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração dos mapas temáticos;</li> <li>• Estudos analíticos temáticos e integrados dos atributos do meio físico com reconhecimento em campo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Integração dos mapas temáticos: geológico, de solos e geomorfológico;</b></li> <li>• <b>Mapa de uso e cobertura da terra;</b></li> <li>• <b>Esquema preliminar das classes de fragilidade da área de estudo.</b></li> </ul>
2ª Etapa	Atividade de Campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aferição do material cartográfico;</li> <li>• Levantamento e descrição morfológica dos solos;</li> <li>• Caracterização atual do manejo do solo agrícola.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Interpretação das relações espaciais entre solo-relevo-substrato geológico e comportamento hídrico;</b></li> <li>• <b>Correlação com o uso, ocupação da terra, manejo e vulnerabilidade à erosão;</b></li> </ul>
3ª Etapa	Generalização dos resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sistematização dos resultados obtidos através da identificação da relação entre o modelo de Fragilidade Empírica e o modelo RUSLE.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Representação Cartográfica;</b></li> <li>• <b>Mapa de Fragilidade Ambiental;</b></li> <li>• <b>Mapa do Potencial Natural de Erosão;</b></li> <li>• <b>Mapa da Perda de solo.</b></li> </ul>

## Base Cartográfica

A base de dados foi estruturada a partir das informações contidas no banco de dados geográficos da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente – SDM, Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar e da Associação dos Municípios da Região de Laguna – AMUREL e levantamento cartográfico realizado pela Companhia de Desenvolvimento do Estado de Santa Catarina (CODESC, 2006) para desenvolver o Plano Diretor Municipal (Quadro 7). Esta base de dados contém: mapas temáticos e respectivos relatórios, cartas topográficas e imagens digitais multiespectrais do sensor SPOT, ano 2006.

**Quadro 7:** Base cartográfica para elaboração de mapas temáticos e mapa de fragilidade.

<b>Tipo de dados</b>	<b>Escala</b>	<b>Formato</b>
<b>Geologia</b> – Mapa geológico e de recursos minerais do sudeste de Santa Catarina, CPRM (2000)	1:250.000	Digital
<b>Pedologia</b> – Mapa de Solos, Unidade de Planejamento Regional Litoral Sul Catarinense, EMBRAPA (2001).	1:250.000	Digital
<b>Cobertura vegetal e uso da terra</b> - Imagem de Satélite, SPOT 2006.	1:25.000 e 1:25.000	Em papel e digital
<b>Carta Topográfica</b> – Levantamento CODESC, 2006.	1:25.000	Em papel e digital
<b>Hipsométrico e Clinográfico</b> – Derivado do levantamento topográfico, CODESC, 2006.	1:25.000	Digital
<b>Geomorfológico</b> – Derivado dos mapas hipsométrico, clinográfico, topográfico, modelo digital de terreno e observações em campo.	1:25.000	Digital
<b>Plano de Informação de Precipitação:</b> Dados das estações Epagri e ANA, São Martinho, Armazém e Laguna.		Digital

Os programas computacionais e equipamentos utilizados para a entrada, estruturação, manipulação da base de dados e geração dos produtos são:

- Arcgis 9.3 (ESRI);
- MS OFFICE (Word e Excel);

- Microcomputador;
- Global Positioning System – GPS;

O primeiro passo na 1ª Etapa foi a reunião dos mapas e relatórios referentes aos dados temáticos, bem como das imagens e carta topográfica, sendo esta última de interesse primário no traçado do limite da microbacia do Ribeirão de Imaruí, e para servir de base cartográfica dos produtos gerados posteriormente (mapas temáticos: geologia, geomorfologia, pedologia, uso da terra). Para traçar o limite da bacia na carta topográfica seguiu-se o divisor de águas.

Em seguida foi elaborado o mapa geológico da área baseado no Mapa de Geologia da Folha Laguna na escala 1:50.000 organizado pelo Serviço Geológico do Brasil, CPRM (2000). O mapa em formato digital foi importado para o software Arcgis 9.3 onde foi possível fazer o recorte da área de estudo, a georreferência e a digitalização dos polígonos referente ao tipo de litologia. Foram feitos campos para conferência da litologia e distribuição das falhas.

Os mapas geológico e pedológico foram ampliados da escala 1:250.000 para 1:25.000.

Os mapas clinográficos e hipsométricos, foram produzidos no ambiente de SIG, de posse das informações obtidas no levantamento topográfico. Utilizou-se a ferramenta 3D Analyst do Arcgis 9.3 para produção das informações clinográficas e hipsométricas.

O mapa pedológico foi produzido através das informações obtidas pelo mapeamento realizado pela EMBRAPA (2001) e pelos trabalhos de campo.

No mapeamento geomorfológico, utilizou-se os mapas clinográfico, hipsométrico, geológico, o modelo digital de terreno (MDT) e os trabalhos em campo para a produção destas informações.

O mapa de uso e cobertura da terra<sup>3</sup>, que serviu para identificar os diferentes usos existentes na bacia, foi elaborado a partir da imagem de satélite SPOT (escala 1:25.000, ano 2006) e aferição a campo.

Nesta etapa, as classes de uso da terra foram identificadas e diferenciadas umas das outras pelo seu padrão de resposta espectral. Com a imagem classificada, pode-se elaborar no Arcgis 9.3 o mapa de uso e cobertura da terra bem como a geração e produção de informações em nível quantitativo e qualitativo referentes a cada classe.

Com este procedimento, foram identificadas oito diferentes classes de uso da terra. São elas: 1) Capoeirão (mata nativa; 2) Capoeirinha; 3) Pastagem; 4) Reflorestamento; 5) solo exposto; 6) Carnicicultura; 7) ocupação humana; e 8) água (planície de maré).

Na 2ª Etapa – Atividade de Campo – com alguns mapas temáticos (geologia e uso e cobertura da terra) já elaborados podê-se conferir e atualizar o material cartográfico de modo a validá-lo.

Os levantamentos de campo tiveram como objetivos principais:

- Confirmar a classificação do uso da terra realizada na análise das imagens de satélite;
- Caracterização do manejo atual do solo agrícola;
- Levantamento de feições erosivas, com apoio de GPS.

Na 3ª etapa, foi realizada a construção dos mapas de Fragilidade Ambiental e de Perda de Solo Anual. Logo após, realizou-se a comparação entre estes produtos cartográficos finais, resultados e proposições para a área.

---

<sup>3</sup> A expressão “uso da terra” neste trabalho é compreendida como “a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem” (INPE, 1980).

## **6. DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS TEMÁTICOS PRIMÁRIOS E GRÁFICOS GERADOS**

Foi utilizada a expressão “Produtos Cartográficos Primários” os mapas iniciais que darão suporte a aquisição dos fatores da RUSLE e da Fragilidade Ambiental Emergente.

### **6.1. Mapa Geológico**

A elaboração do Mapa Geológico apresentado aqui (Figura 15) foi baseada no Mapa geológico e de recursos minerais do sudeste de Santa Catarina, realizado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2000), na escala 1:250.000 e apresentado na escala 1:25.000.

A MRI é formada por granitóide do embasamento cristalino numa área de relevo movimentado formada pela Serra do Tabuleiro.

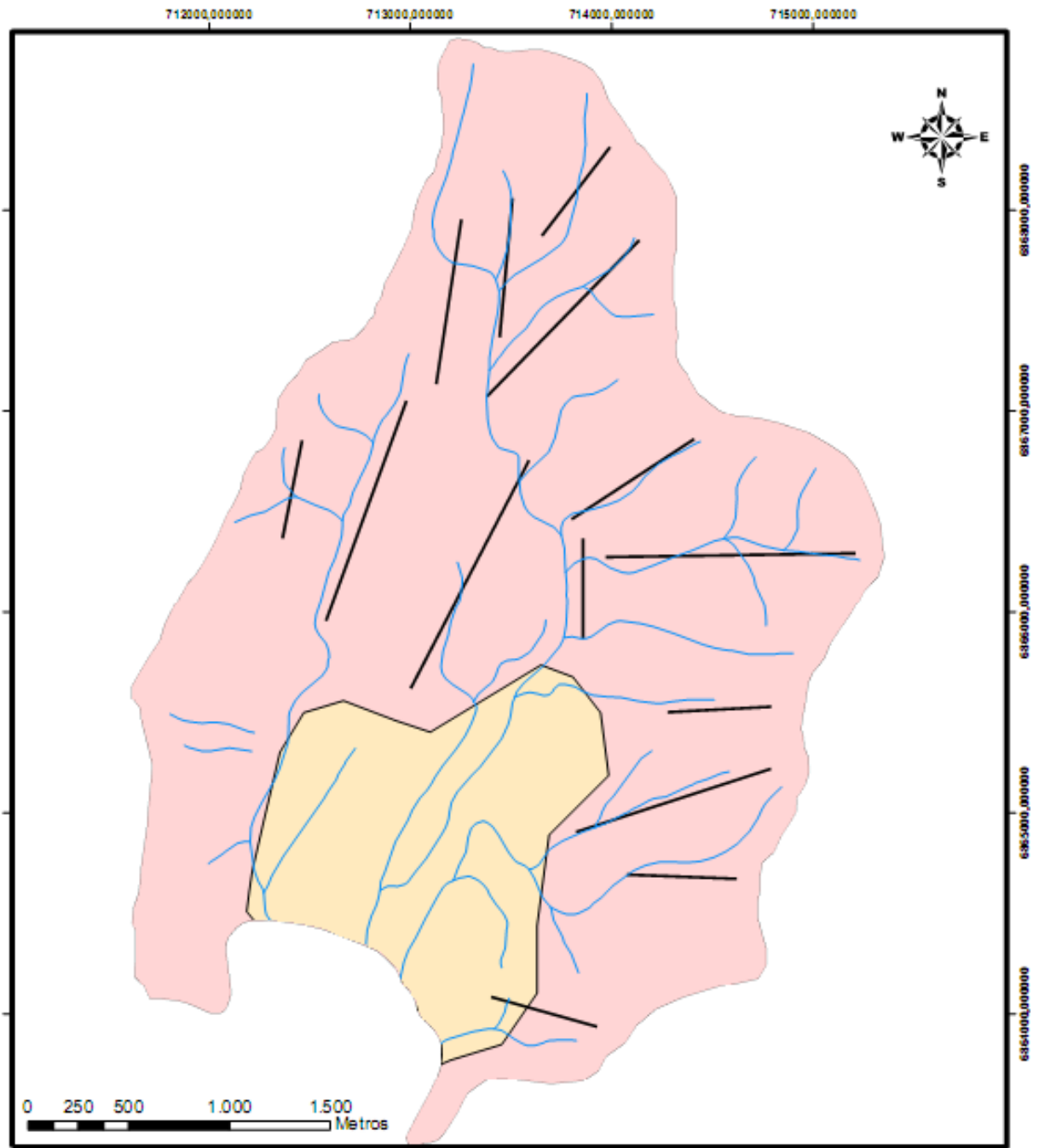
Em quase toda sua extensão, a MRI é formada por um imenso bloco granítico, pertencente à Suíte Pedras Grandes. O Granito Pedras Grandes ocorre à sudeste, no Estado de Santa Catarina, onde possui uma área de afloramento superior a 4.500 Km<sup>2</sup> (figura 16). Na porção sudeste desse grande batólito, predomina uma rocha porfiróide de cor cinza claro, grosseira, com cristais tabulares de feldspato potássico que atingem até 3 cm de comprimento. Apresenta matriz equigranular grosseira onde se concentram feldspato sódico cálcico, quartzo e biotita. Sua composição mineralógica média é de 45% de microclínio, 25% de plagioclásio, 20% de quartzo e 10% de biotita (Jelinek et al., 2005).

A ação prolongada do intemperismo sobre esses granitos provocou uma alteração diferenciada, acentuada pela natureza mineralógica das rochas matrizes, que resultou em espessos mantos de coberturas com características bem peculiares. Assim, nessas coberturas, logo abaixo de uma fina camada de solo orgânico, quase que somente o feldspato sódico cálcico sofreu alteração, provocando a perda de coesão do maciço. Os pórfiros de feldspato potássico, os grãos de quartzo e os cristais de biotita, por apresentarem maior resistência ao intemperismo, permaneceram praticamente inalterados e liberados entre si





(Jelinek et al., 2005). Há presença de um conjunto de falhamentos sub-verticais (60° a 90°) que acompanham a rede de drenagem.

A área de planície constitui-se de depósitos flúvio-lagunares, constituídos principalmente por sedimentos de granulometria média a fina e lama. A porção superficial deste pacote de sedimentos está relacionada à sedimentação fluvial, sob a forma de depósito de planície de inundação.

# MAPA GEOLÓGICO



## LEGENDA

-  Rios
-  Falhas
-  Depósito Flúvio-Lagunar
-  Granito Imaruá-Capivari

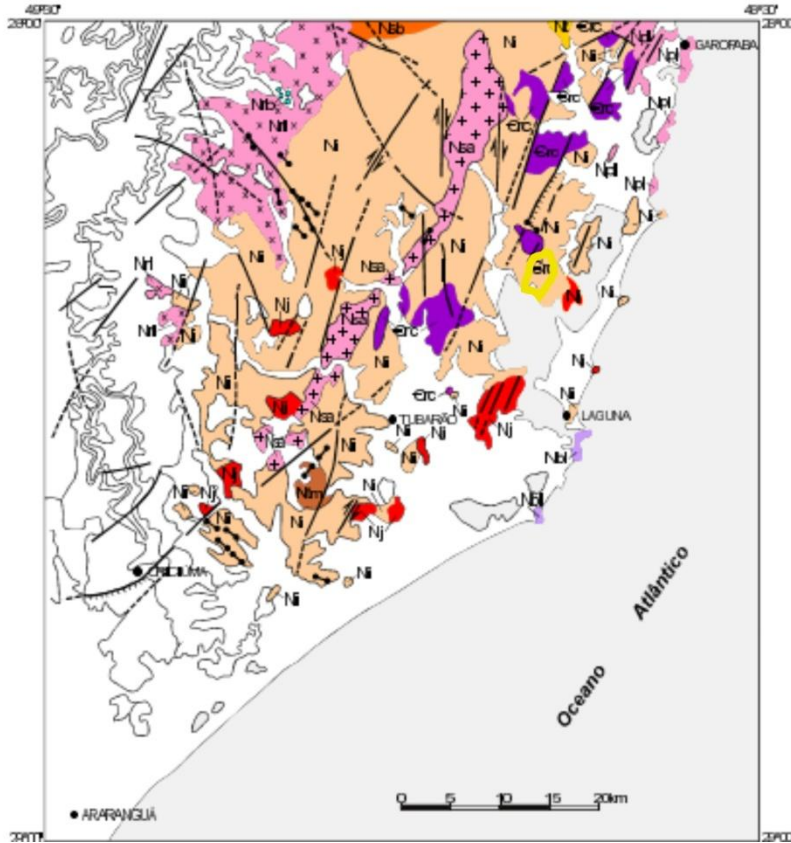
Folha Base: 80-22-Z-B-II-1 (M12870/1)  
Folha Laguna, escala: 1:50.000 (BGE, 1978)  
Projeção: Transversa de Mercator  
Meridiano Central: W51°  
Datum Horizontal: SAD69  
Datum Vertical: Imbituba/SC

Mapa Geológico  
Escala: 1:25.000

Elaborador: Kíber Nunes Pereira, 2008.

Figura 15: Mapa geológico da Microbacia do Ribeirão de Imaruá.





Idade (Ma)		CINTURÃO DOM FELICIANO - BATÓLITO DE FLORIANÓPOLIS
PALEOZOICO CAMBRIANO	510	<b>SUÍTE PLUTONO-VULCÂNICA CAMBRIELA</b> MAGMATISMO PÓS-TECTÔNICO Granito Rio Chicão      Riolito Cambriela Erc      ri
	546	<b>SUÍTE PEDRAS GRANDES</b> GRANITOS TARDIA PÓS-TRANSCORRENTES Granito Barra da Laguna Nbl Quartzodionito Rio dos Bugres      Granito São Benifácio      Granito Jaguaruna Nrb      Nsb      Nj Granito Imaruí-Capivari      Serra do Tabuleiro      Granito Treze de Maio Ni      Nt      Ntm
PROTEROZOICO NEOPROTEROZOICO	±595	
	±625	<b>COMPLEXO GRANITO-GNÁISSICO</b> GRANITÓIDES SINTRANSCORRENTES Granitóides Santo Antônio      Granitóides Paulo Lopes +Nsa+      Npl Granitóides Santa Rosa de Lima xNri x
	1000	

Figura 16: Localização da Formação Suíte Pedras Grandes. Fonte: Carta Geológica, Folha Criciúma (2000). A linha amarela delimita a área de pesquisa.

## 6.2. Mapa Geomorfológico

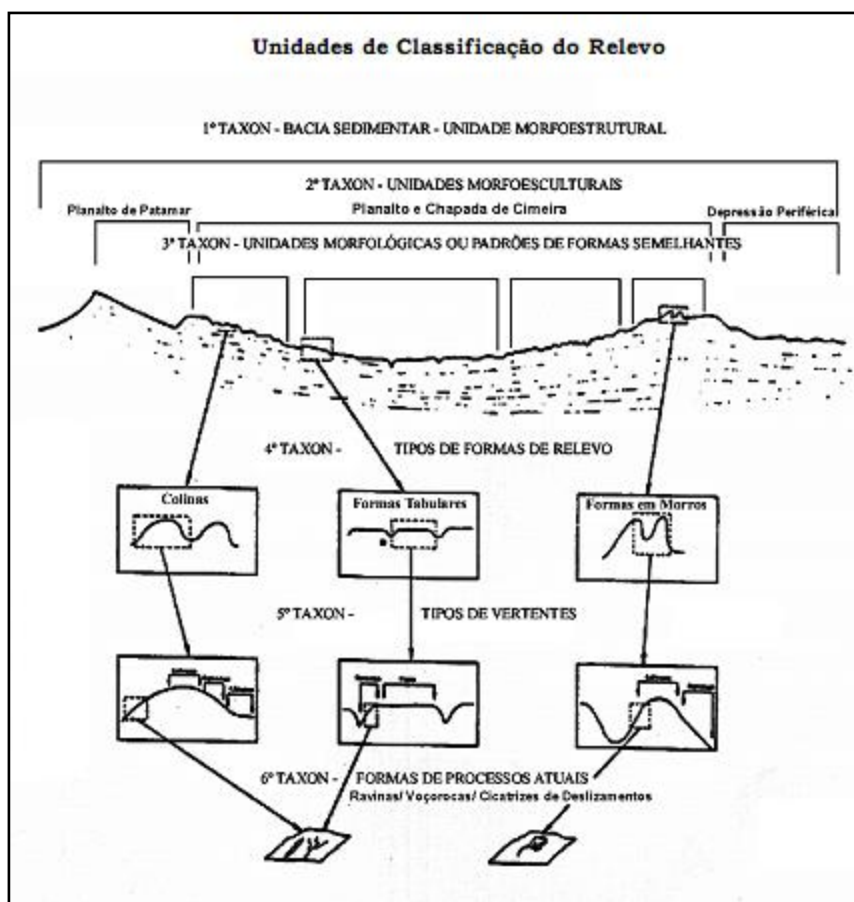
O Mapa Geomorfológico constitui-se num dos produtos intermediários para a construção da carta de fragilidade. Esta carta é resultante da análise das cartas clinográfica, dos elementos do relevo, de drenagem, das informações geológica e topográfica, dos resultados da interpretação das fotografias aéreas, imagens de satélite, e ainda, das informações obtidas em campo.

A União Geográfica Internacional recomenda que a cartografia geomorfológica deva apresentar quatro níveis de abordagem. Assim, devem ser anotados a morfometria (altimetria, dimensões, desníveis, extensões); a morfologia (formas do perfil, concavidades, convexidades, retilineidades, rupturas, topos, fundos de vale, etc); a gênese (degradação ou agradação); a cronologia relativa (idade relativa das formas, datação absoluta)(Rodrigues, 1998).

Tomando por base os trabalhos de Demek (1972) e Mesherikov (1968, apud ROSS, 1992) Ross (1992), apresentou uma proposta de classificação com base nos táxons do relevo, preocupação crescente que ganhou grande importância nos últimos cinquenta anos, mas que teve com pioneiro Gerasimov (ROSS, 2003). A preocupação em melhor compreender as relações taxonômicas entre as unidades, feições ou formas a serem representadas, conduziram à definição de táxons aplicados ao relevo brasileiro que se segue:

- **1º táxon:** corresponde às macroformas, como os escudos antigos, as faixas de dobramentos proterozóicos, as bacias paleomesozóicas e os dobramentos modernos;
- **2º táxon:** diz respeito aos compartimentos originados pelos fatores exogenéticos ao longo do tempo geológico, com intervenção dos processos tectogenéticos. Essas unidades morfoesculturais são caracterizadas pelos planaltos, planícies e depressões, que estão inseridas numa dada unidade morfoestrutural;
- **3º táxon:** morfofeições relacionados aos modelados, que são distinguidas pelas diferenças da rugosidade topográfica ou do índice de dissecação do relevo, bem como pelo formato dos topos, vertentes e vales de cada padrão;

- **4º táxon:** trata-se da unidade de padrão de formas semelhantes. Estas formas podem ser: a) de agradação (acumulação), como as planícies aluviais, terraços; b) de degradação como colinas, morros e cristas. Na metodologia adotada pelo Projeto Radambrasil IBGE (1995) apud Casseti (1994), no segundo conjunto de símbolos, denominado de Formas de Relevo encontram-se subdivididas em três partes: Formas Estruturais, Formas Erosivas e Formas de Acumulação. As formas estruturais são representadas pela letra S, seguida por outras letras e respectivas traduções. O mesmo procedimento é adotado para as formas erosivas e para as formas de acumulação. Nos Tipos de Dissecação encontram-se três letras básicas: a, c e t, ou seja, formas aguçadas, formas convexas e formas tabulares. Os Índices de Dissecação são tomados como um elemento determinante para a aferição do grau de fragilidade do ambiente natural (ROSS, 2003), o mesmo é combinado às medidas de dimensão interfluvial, e à intensidade de aprofundamento dos talwegues, determinando a rugosidade do relevo;
- **5º táxon:** corresponde aos tipos de vertentes ou setores das vertentes de cada uma das formas do relevo. Cada tipologia de forma de uma vertente é geneticamente distinta; cada um dos setores dessa vertente pode apresentar características geométricas, genéticas e dinâmicas também distintas. Ross (1992) observa que as representações desse táxon só são possíveis em escalas maiores, como 1: 25.000. Dentre as principais características geométricas das formas das vertentes destacam-se: vertente escarpada, convexa, côncava, retilínea, dentre outras;
- **6º táxon:** faz alusão às formas menores resultantes da ação dos processos erosivos atuais ou da sedimentação atual, como as formas associadas às intervenções antropogênicas como as voçorocas, ravinas, cortes de taludes, escavações, depósitos tecnogênicos como assoreamentos, cicatrizes de escorregamentos, bancos de deposição fluvial, dentre outros. A figura 17 representa graficamente esta metodologia.



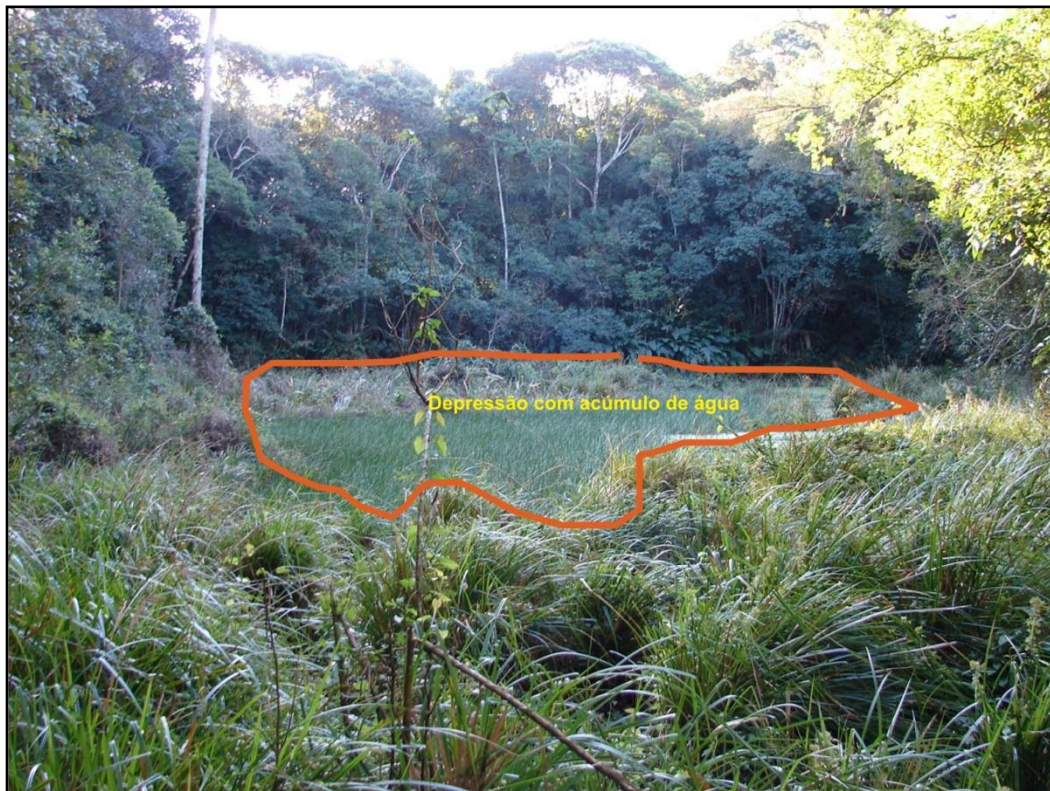
**Figura 17:** Unidades de Classificação do Relevo  
(Fonte: Ross, 1992)

A elaboração do mapa geomorfológico neste trabalho utiliza as formas de relevo seguindo a proposta taxonômica de ROSS (1992), valorizando os 5º e 6º táxons da proposta, onde a morfologia e a morfometria das formas de relevo estão em evidência. Para melhor visualizar, a figura 21 (página 77), nos mostra a área de estudo inserida nas Unidades Morfoesculturais (2º táxon), no Mapa Geomorfológico de Santa Catarina.

Foram utilizados imagens de satélite SPOT na escala de 1:25.000 e a base cartográfica da bacia contendo a rede de drenagem, a rede viária e as curvas de nível, na escala de 1:25.000, e visitas a campo.

A interpretação geomorfológica adotou a delimitação de padrões semelhantes de formas, separados por rupturas de declive ou com transição

gradual. As formas denudacionais, como dissecação em outeiros e montanhas foram separadas em diferentes segmentos, em função de seu perfil e projeção em planta. As formas de acumulação como as planícies flúvio-lagunar, fluvial e as rampas coluviais constituem uma unidade geomorfológica, foram identificadas através da morfologia aplainada e por características hidrodinâmicas, como a presença de áreas alagadas. Os topos receberam tratamento diferenciado em função de seu perfil geométrico, sendo que foram denominados de topos planos quando ocupam quando localizados em interflúvios associados a superfícies preservadas, enquanto que os topos já isolados pelo processo de dissecação plúvio-fluvial foram nomeados com o padrão convexo. Na área também encontramos uma feição interiormente, formam depressões, denominadas localmente como “lagos secas” (figura 18). Estes topos apresentam-se susceptível aos movimentos de massa, devido principalmente às altas amplitudes do relevo e às grandes declividades. Susceptível também a formação de erosões, fato este condicionado pela pequena espessura do material inconsolidado de superfície e aos índices de declividade.

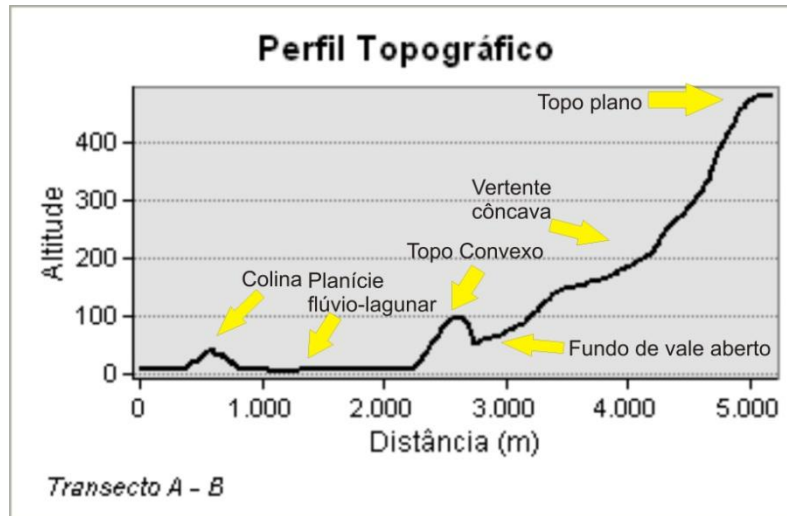


**Figura 18:** Localização de depressão fechada, com formação de pequenos lagos.

O relevo inscrito nesta microbacia hidrográfica apresenta predominantemente segmentos de vertente convexa, com declividades acima de 15°. Nas baixas vertentes próximos aos canais fluviais ocorre uma ruptura de declive. Neste ponto, próximo aos canais fluviais, o relevo torna-se côncavo. Esta situação foi mapeada como fundo de vale aberto.

O modelado predominante na área é a dissecação em outeiro, com altitude de até 200 metros.

O perfil A-B (figura 19 e 20) indicam as principais características morfológicas da MRI, assim como pode ser melhor visualizado no mapa geomorfológico (figura 22).



**Figura 19:** Perfil topográfico, transversal a bacia, com as principais formas de relevo da MRI.

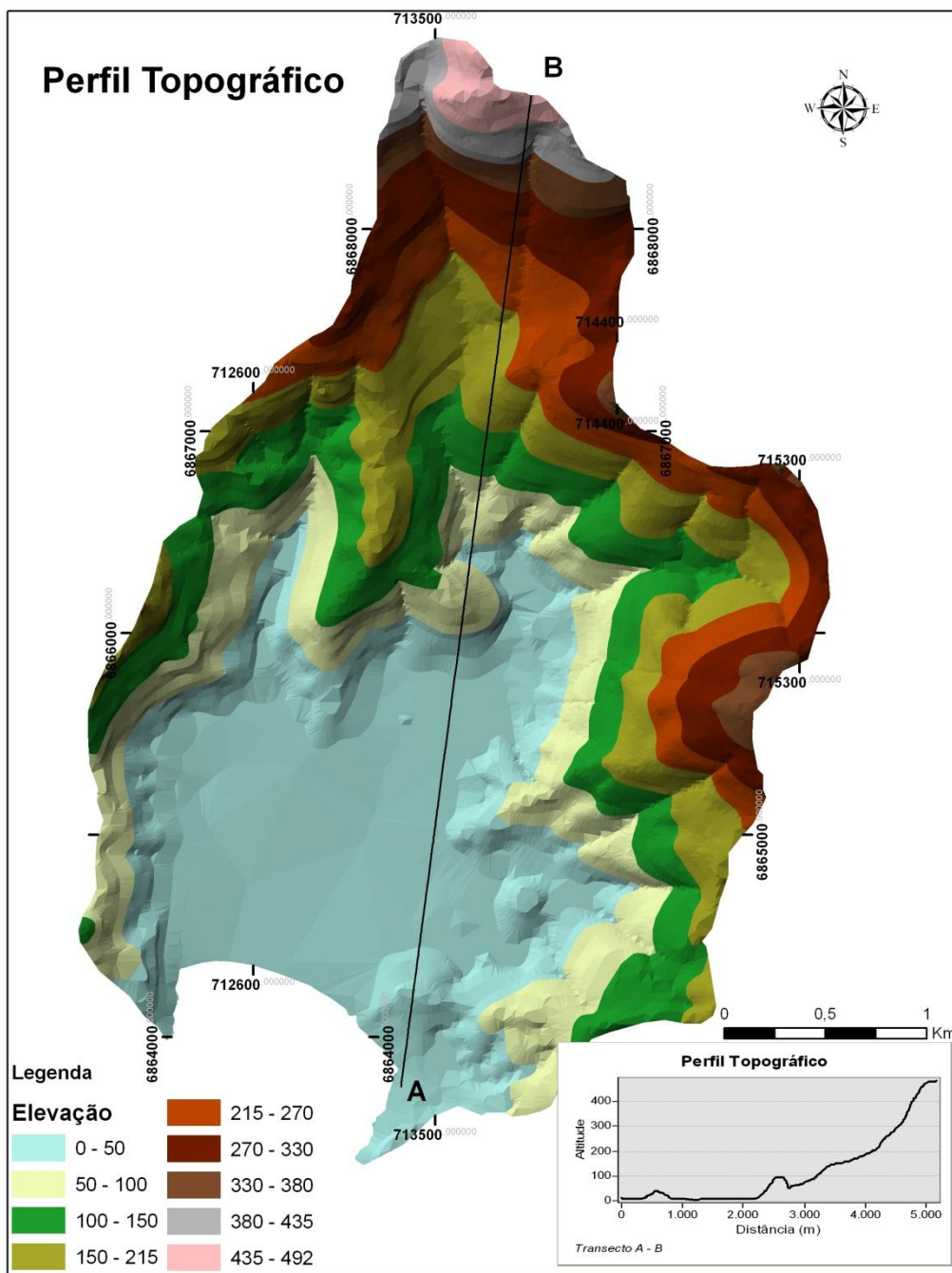
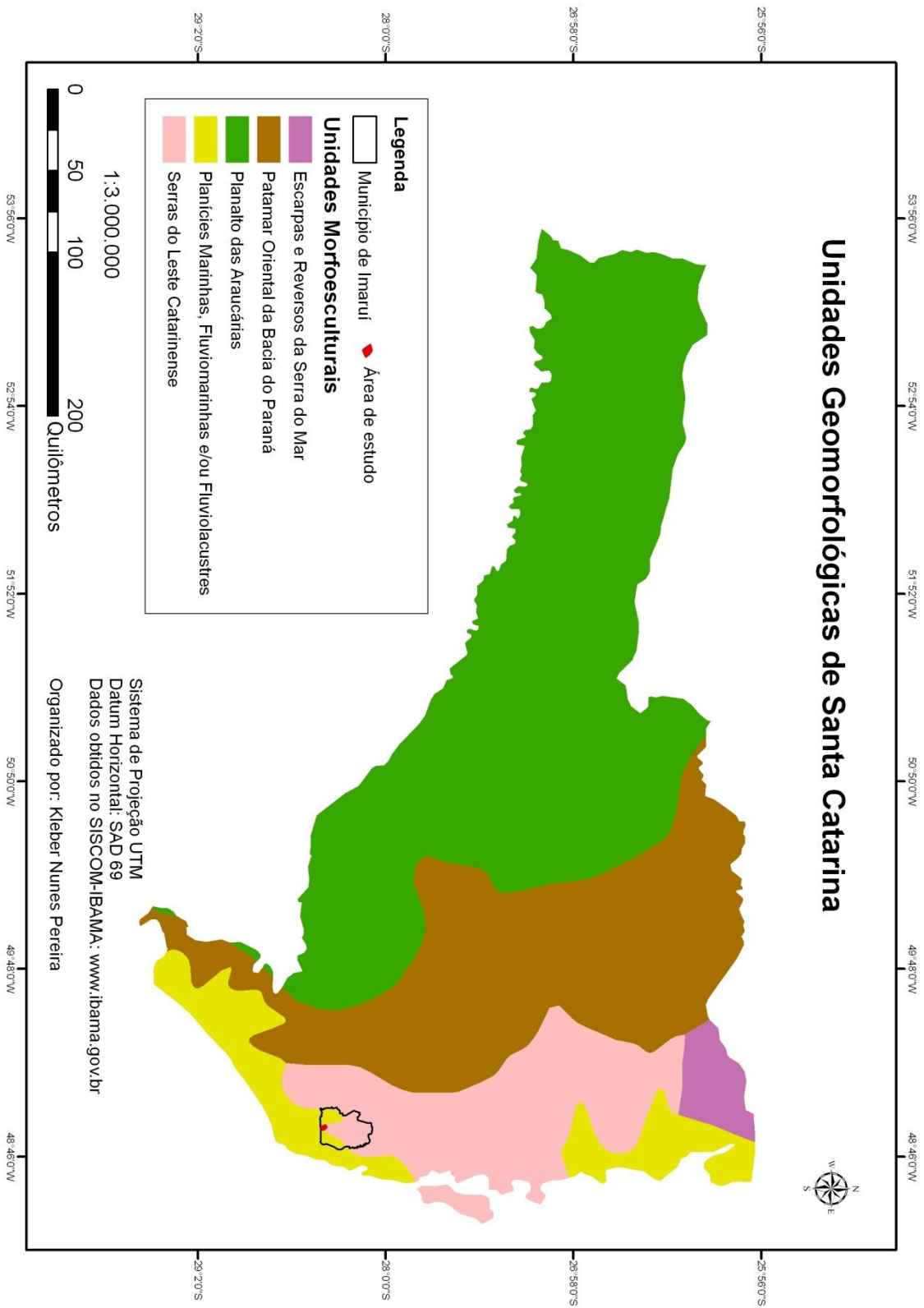
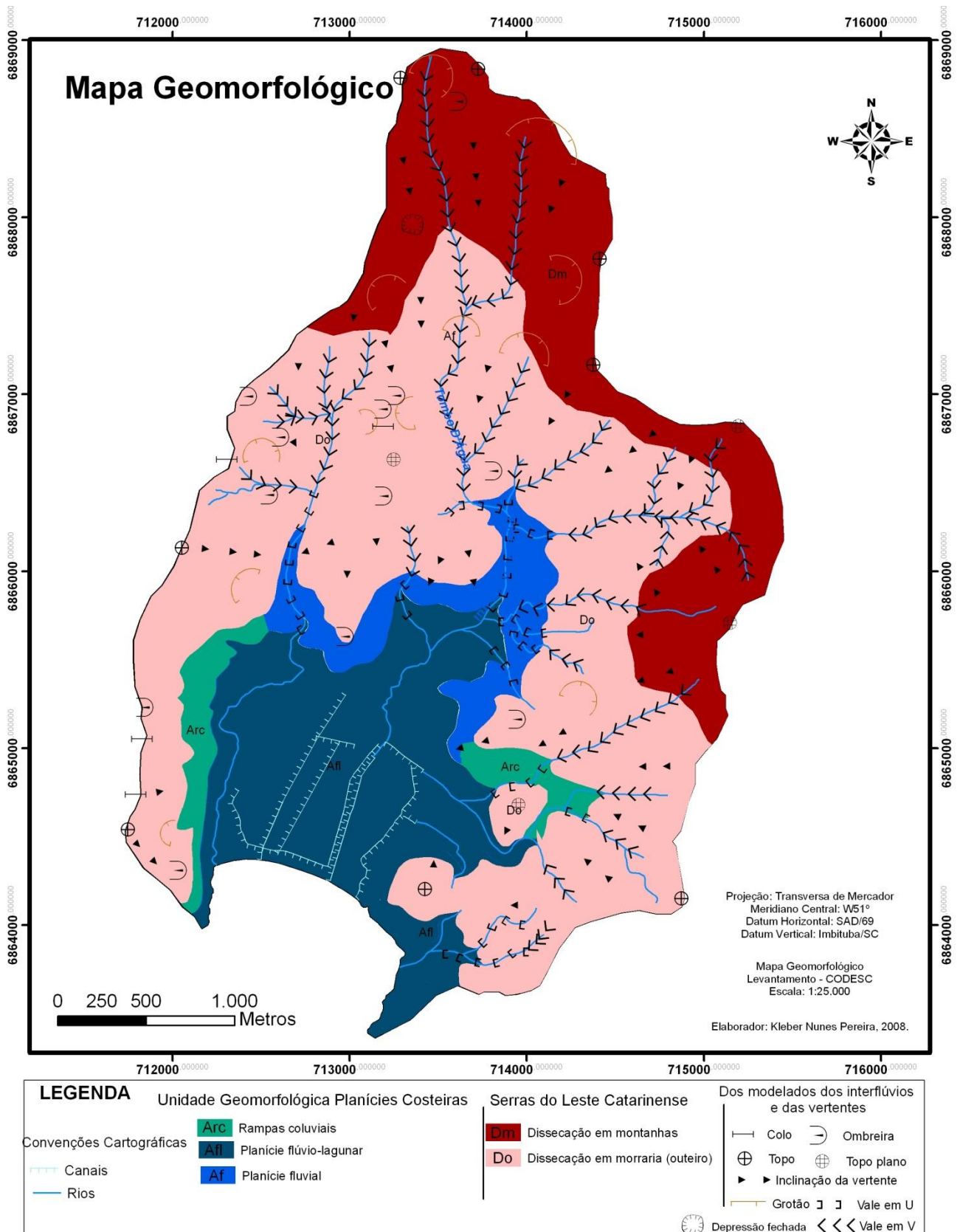


Figura 20: Localização do perfil topográfico.



**Figura 21:** Localização da área de estudo nas unidades morfoesculturais.





**Figura 22: Mapa Geomorfológico da MRI.**

### **6.2.1. Mapa Hipsométrico**

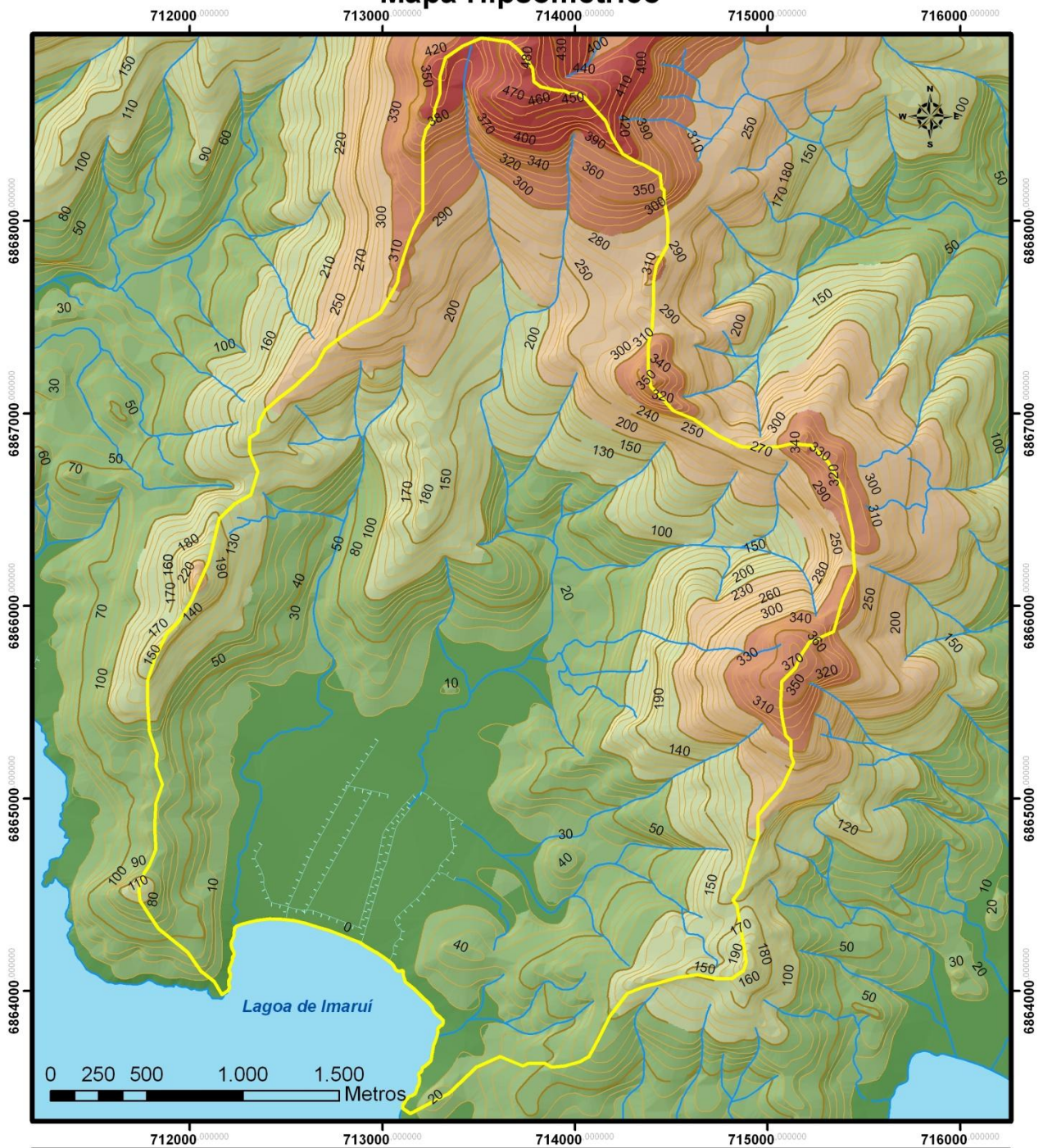
Para construção de cartas hipsométricas não há uma convenção internacional para o estabelecimento das curvas a serem agrupadas. Na determinação do intervalo das isoípsas é mais importante uma análise da topografia da área a ser mapeada do que seguir regras gerais existentes.

Desta forma, este mapa foi elaborado a partir da carta topográfica base (1:25.000), considerando classes altimétricas segundo o mapa hipsométrico (figura 23).

As classes foram agrupadas em 6 níveis do seguinte modo:

- 0 m a 10 m
- 11 m a 100 m
- 110 m a 200 m
- 210 m a 300 m
- 310 m a 400 m
- 410 m a 500 m.

# Mapa Hipsométrico



Legenda		Altitude (metros)	Levantamento Topográfico realizado pela CODESC, 2008. Projeção: Transversa de Mercator Meridiano Central: W51° Datum Horizontal: SAD/69 Datum Vertical: Imbituba/SC  Mapa Hipsométrico Escala: 1:25.000  Elaborador: Kleber Nunes Pereira, 2008.
Convenções Cartográficas		0 - 10	
	Limite da bacia	11 - 100	
	Canais	110 - 200	
	Rios	210 - 300	
	Curva de nível (equidistância de 10 m)	310 - 400	
		410 - 500	

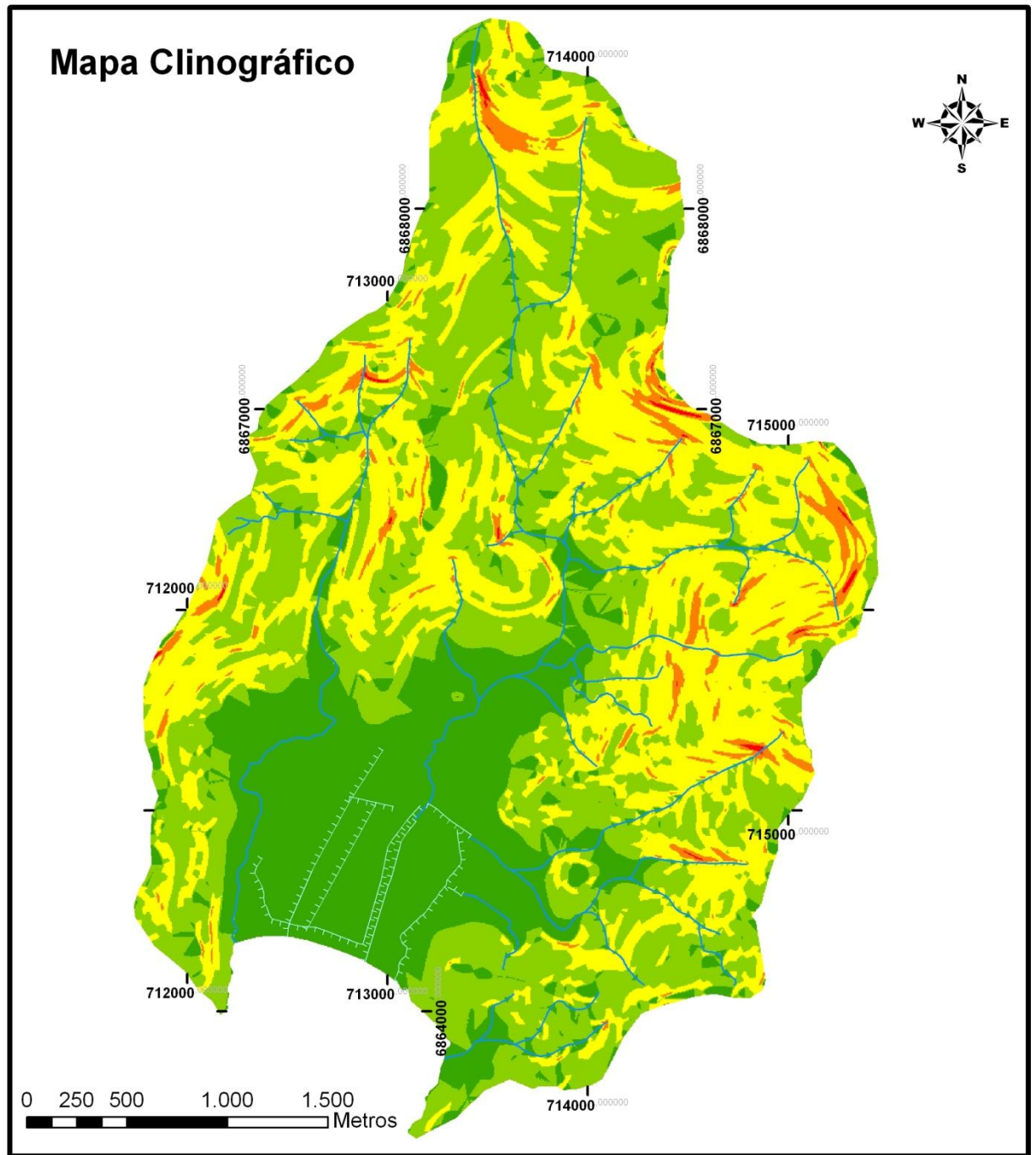
Figura 23: Mapa Hipsométrico da MRI.

### **6.2.2. Mapa Clinográfico**

A elaboração do mapa de declividade tem como objetivo identificar e correlacionar as declividades com as formas de relevo e com o uso da terra. A classificação e o mapeamento da declividade do terreno são indispensáveis nos levantamentos de uso da terra e do relevo, e constituem elementos importantes no levantamento de sua potencialidade de utilização. Sendo assim, a declividade deve ser considerada reveladora de aptidões e limitações de uso da terra.

Foram calculadas para a área 5 classes de declividade ( $0^\circ$  a  $5^\circ$ ;  $6^\circ$  a  $15^\circ$ ;  $16^\circ$  a  $30^\circ$ ;  $31^\circ$  a  $45^\circ$ ; e  $46^\circ$  a  $60^\circ$ ); que podem ser observadas no mapa clinográfico (Figura 24).

Estas classes seguiram os intervalos descritos por Ross (1994), as quais são usadas internacionalmente nos mapeamentos dos tipos de solos, normatizados e aplicados no Brasil pela EMBRAPA, IBGE, RADAMBRASIL e outros. Adotaram-se estas classes, por serem compatíveis para análise dinâmica do relevo e, também, por possibilitarem a identificação das áreas de maior ou menor risco de erosão, de acordo com a característica de fragilidade potencial que são inerentes a cada classe de declividade.



LEGENDA		Classes de declividade (em graus)	Levantamento Topográfico realizado pela CODESC, 2008. Projeção: Transversa de Mercador Meridiano Central: W51° Datum Horizontal: SAD/69 Datum Vertical: Imbituba/SC Mapa Clinográfico Escala: 1:25.000 Elaborador: Kleber Nunes Pereira, 2008.
Convenções Cartográficas Canais Rios	0 - 5 6 - 15 16 - 30 31 - 45 46 - 60		

Figura 24: Classes de declividade na MRI.

### 6.3. Mapa Pedológico

A resistência dos solos aos processos erosivos é consequência do tipo de solo, e também, das suas características físicas, tais como, textura, estrutura, porosidade, permeabilidade, profundidade e pedregosidade.

O grau de desenvolvimento do solo é um importante elemento para estabelecer valores as classes de vulnerabilidade. Uma unidade de paisagem é estável quando favorece o processo de pedogênese, ou seja, o ambiente favorece a formação e o desenvolvimento do solo. Nestes ambientes são encontrados solos bastante desenvolvidos, intemperizados e envelhecidos. Já uma unidade de paisagem natural é instável quando prevalece a formação do relevo (morfogênese), e existe um processo de erosão do solo em detrimento ao processo de formação e desenvolvimento deste.

Na MRI, encontramos duas classes de solos principais, o Cambissolo e o Gleissolo.

Os Cambissolos, são solos que apresentam profundidade menor, são menos estáveis e menos intemperizados. Ocorrem em topografia um pouco mais dissecada, e a diferença de textura entre os horizontes A e B dificulta a infiltração de água no perfil destes solos, favorecendo o processo erosivo.

Os Gleissolos são solos jovens e pouco desenvolvidos. No caso da MRI, este solo (gleissolo), encontra-se situado em uma área onde os materiais foram recém depositados, constituindo a planície flúvio-lagunar, como podemos observar no Mapa Pedológico (figura 25).

# MAPA PEDOLÓGICO

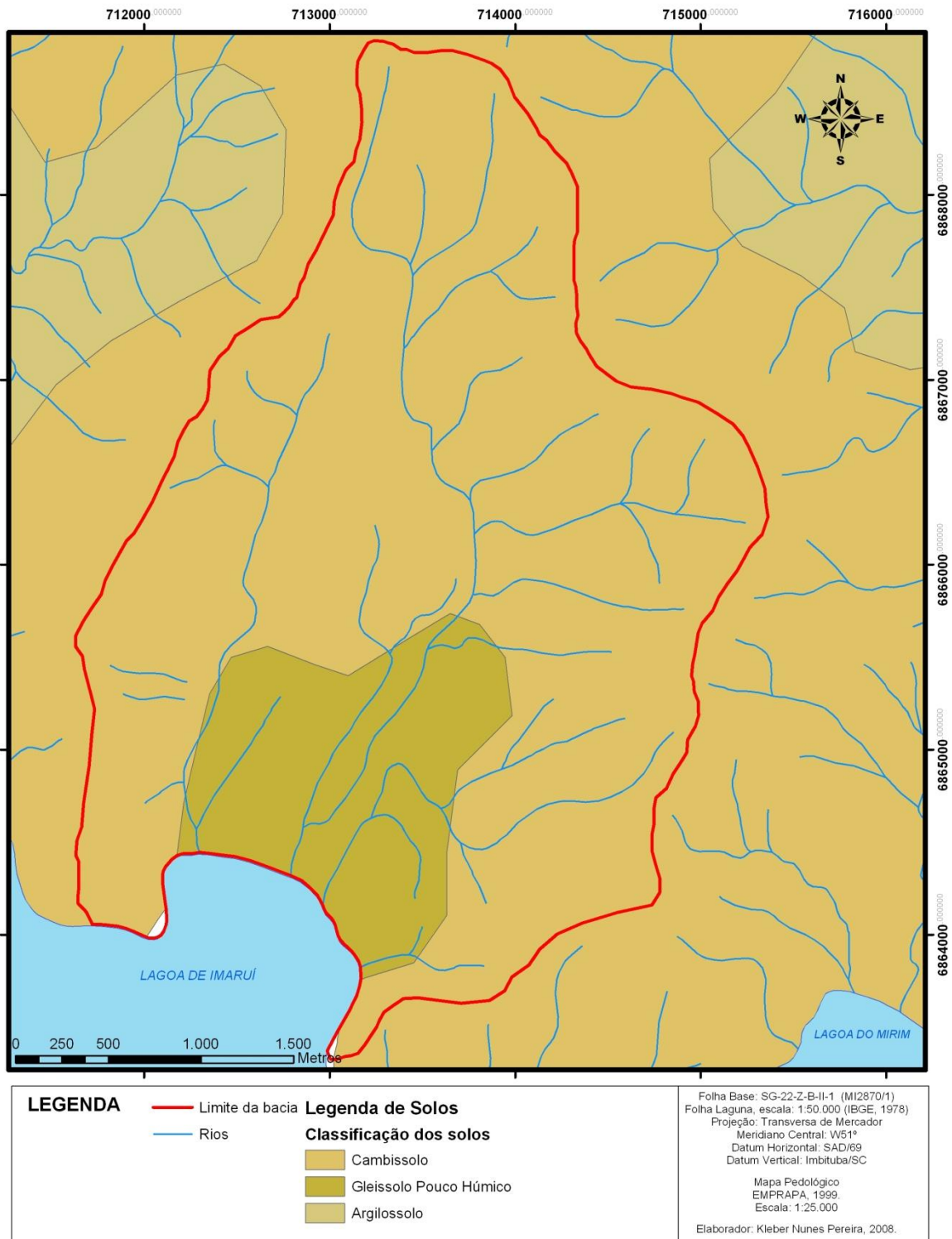


Figura 25: Mapa Pedológico da MRI.

#### 6.4. Dados Climáticos

O clima da área, de acordo com dados apresentados por Monteiro e Furtado, (1995), é caracterizado por apresentar verões quentes com temperaturas máximas nos meses de janeiro e fevereiro, ficando, em média, em torno de 24 °C. O inverno, pouco rigoroso, apresenta temperatura média em torno de 16 °C nos meses de junho a agosto. As chuvas provocadas por frentes frias e por linhas de instabilidade são mais abundantes nos meses de janeiro a março, chegam a atingir a média mensal de 200 mm; os meses de maio a junho são os menos chuvosos, com uma média de precipitação mensal de 55 mm.

Segundo a classificação proposta por Köppen, tem-se na região um clima **Cfa** (clima subtropical úmido). Subtropical por sua localização abaixo do Trópico de Capricórnio e úmido pela influência das frentes frias e dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM). Estes processos são sistemas instáveis que se formam, em sua maioria, sobre o Paraguai durante a madrugada e deslocam-se rapidamente para leste e nordeste, atingindo a região sul catarinense entre o final da manhã e início da tarde. Ademais, por efeito das frentes frias no inverno e dos Complexos convectivos entre setembro e outubro, a nebulosidade é maior, refletindo em menores horas de insolação (MONTEIRO e FURTADO, 1995).

Além da classificação climática de Köppen outra seria a de Thornthwaite. Por esta última, a região é  $B_1B'_3ra'$ , ou seja, clima úmido, com pequeno déficit de água, mesotérmico, e com vegetação o ano todo.

As informações climatológicas, segundo Spörl (2001), principalmente a precipitação, são de fundamental importância para análise da fragilidade, em função da ação direta na dinâmica do sistema ambiental. A distribuição da precipitação regula o regime hídrico e, por conseguinte, é um limitante ecológico para a fauna e flora de um ecossistema. Por outro lado, a precipitação participa diretamente na evolução das formas de relevo por meio do intemperismo e da erosão, principalmente, pluvial e fluvial.

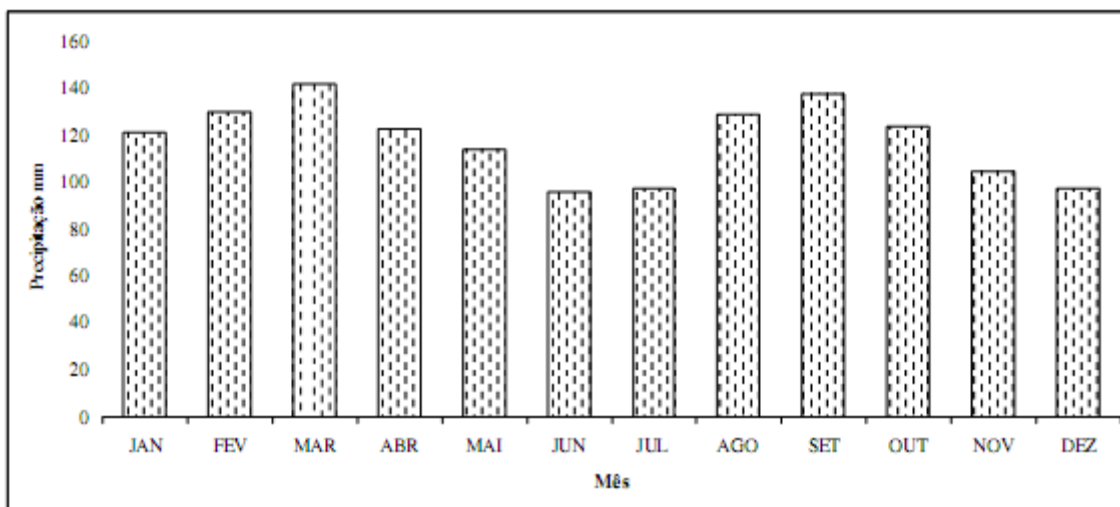


Desta forma, os estudos de climatologia subsidiam os conhecimentos sobre os solos, a dinâmica do relevo, assim como, dá suporte ao entendimento da distribuição da cobertura vegetal e, ao comportamento do regime hídrico dos rios.

Para subsidiar a análise sobre as características das chuvas na área de estudo estão sendo analisados dados das estações pluviométricas de São Martinho, Armazém e Laguna, perfazendo um período compreendido entre 1951 a 2004, num total de 53 anos.

Foram escolhidas três estações próximas ao município de Imaruí para melhor compreender a dinâmica climática do local. A estação meteorológica de Laguna foi implantada em 1929 e desativada em 1985, não possuindo uma coleta contínua de dados. Assim, utilizou-se de outras duas estações para complementar os dados da área.

A partir das informações obtidas na estação pluviométrica de Laguna, pode-se construir um gráfico (figura 26), onde temos a precipitação total mensal no período de 1951 a 1985.



**Figura 26:** Precipitação total mensal para o município de Laguna para um período de 34 anos.

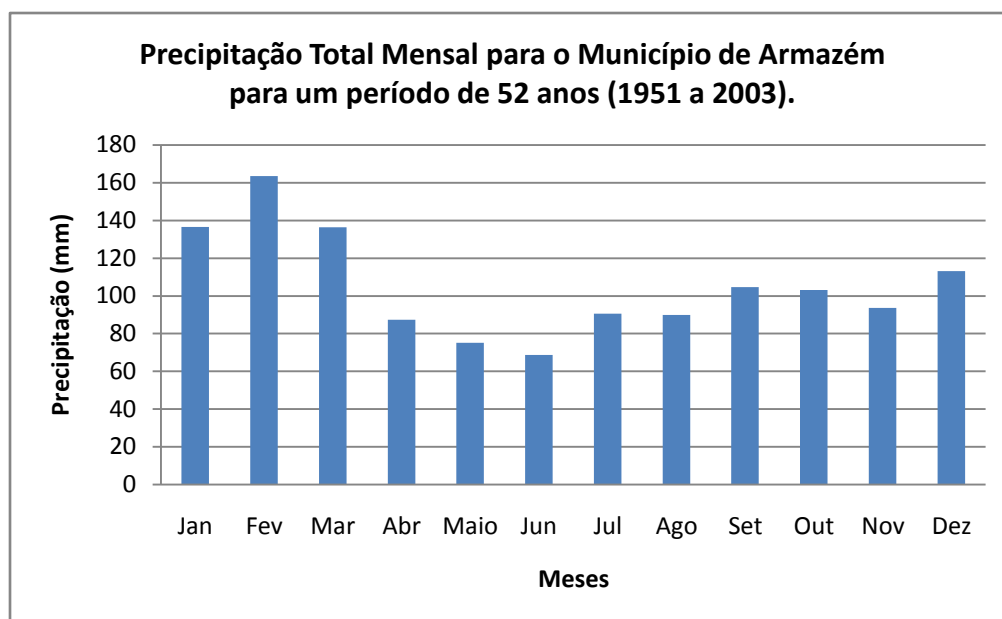
Adaptado: SDM/DIMA-GEHID, 2002.

Os valores de precipitação apontam que as chuvas são relativamente bem distribuídas ao longo do ano e que, na maioria dos meses, a média apresentou-se acima de 100 mm, com exceção de junho, julho e dezembro.

Para a estação do município de Armazém, os dados foram fornecidos pela Termelétrica Jorge Lacerda. Utilizou-se o período de 1951 a 2003 por haver menos falhas nas coletas dos dados.

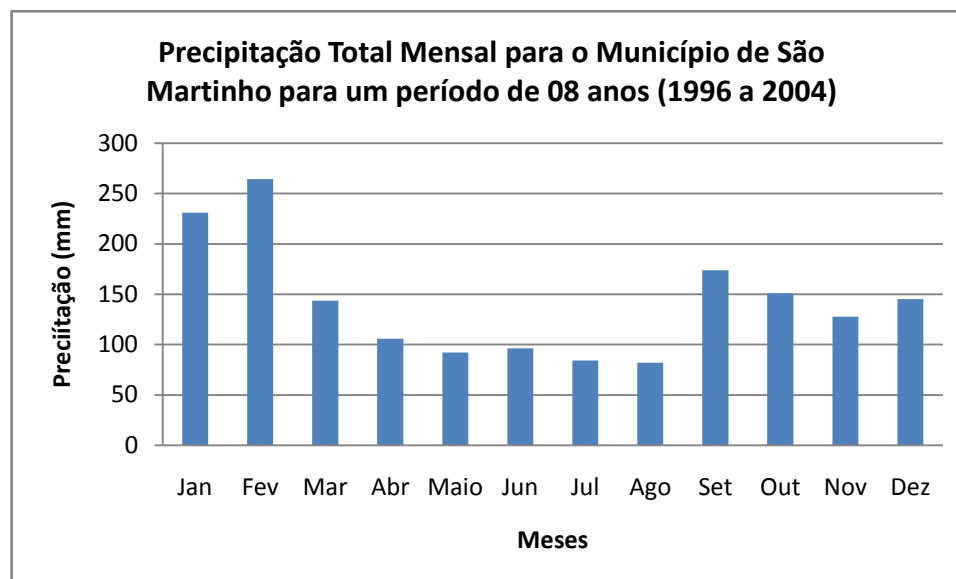
A região do município de Armazém apresenta uma precipitação anual em torno de 1300 mm. O mês de fevereiro apresenta a maior média de precipitação com 165 mm/mês e o mês de junho apresenta a menor, com 70 mm/mês (Figura 27).

As precipitações máximas anuais ocorrem com maior frequência nos meses de verão (dezembro a março), que são responsáveis por 63% das ocorrências dos máximos valores anuais de precipitação diária, sendo o mês de fevereiro o de maior incidência (no período de 1951 a 2003).



**Figura 27:** Precipitação total mensal para o município de Armazém para um período de 52 anos (1951 a 2003). Fonte: Termelétrica Jorge Lacerda, Tractebel.

A figura 28 nos mostra dados dos anos 1996 a 2004, coletados na estação de São Martinho, fornecidos no site da Agência Nacional de Águas (ANA, disponível em: [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)).



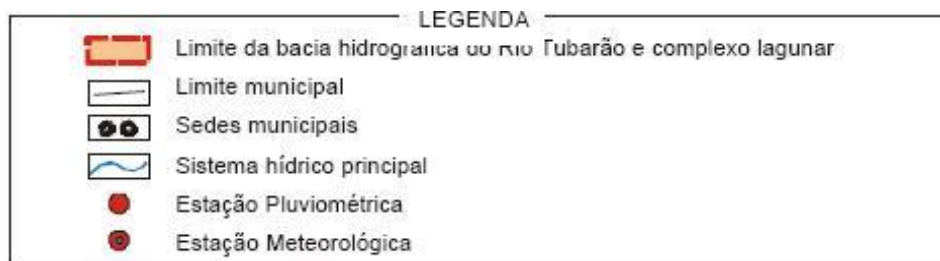
**Figura 28:** Precipitação total mensal para o município de São Martinho para um período de 08 anos (1996 a 2004). Fonte:

O município de São Martinho apresenta uma precipitação anual em torno de 1600 mm. O mês de fevereiro apresenta a maior média de precipitação com 265 mm e o mês de agosto apresenta a menor, com 82 mm.

Os dados climáticos padronizados indicam a existência de uma sazonalidade na região, com uma diminuição na pluviosidade entre os meses de abril a agosto, com déficit de abastecimento hídrico na área sede do município.

### *Precipitação*

De modo a apresentar a caracterização quantitativa da pluviosidade na MRI, serão tomados por base os dados fornecidos pelo CLIMERH/EPAGRI e ANA. Estes dados consistem de medições de chuva em estações localizadas nos Municípios de São Martinho e Armazém, sob responsabilidade da ANA, coordenado pelo CLIMERH/EPAGRI, e Laguna, onde os dados foram fornecidos pela EPAGRI. A figura 29 mostra a localização dos postos pluviométricos próxima a área de estudo.

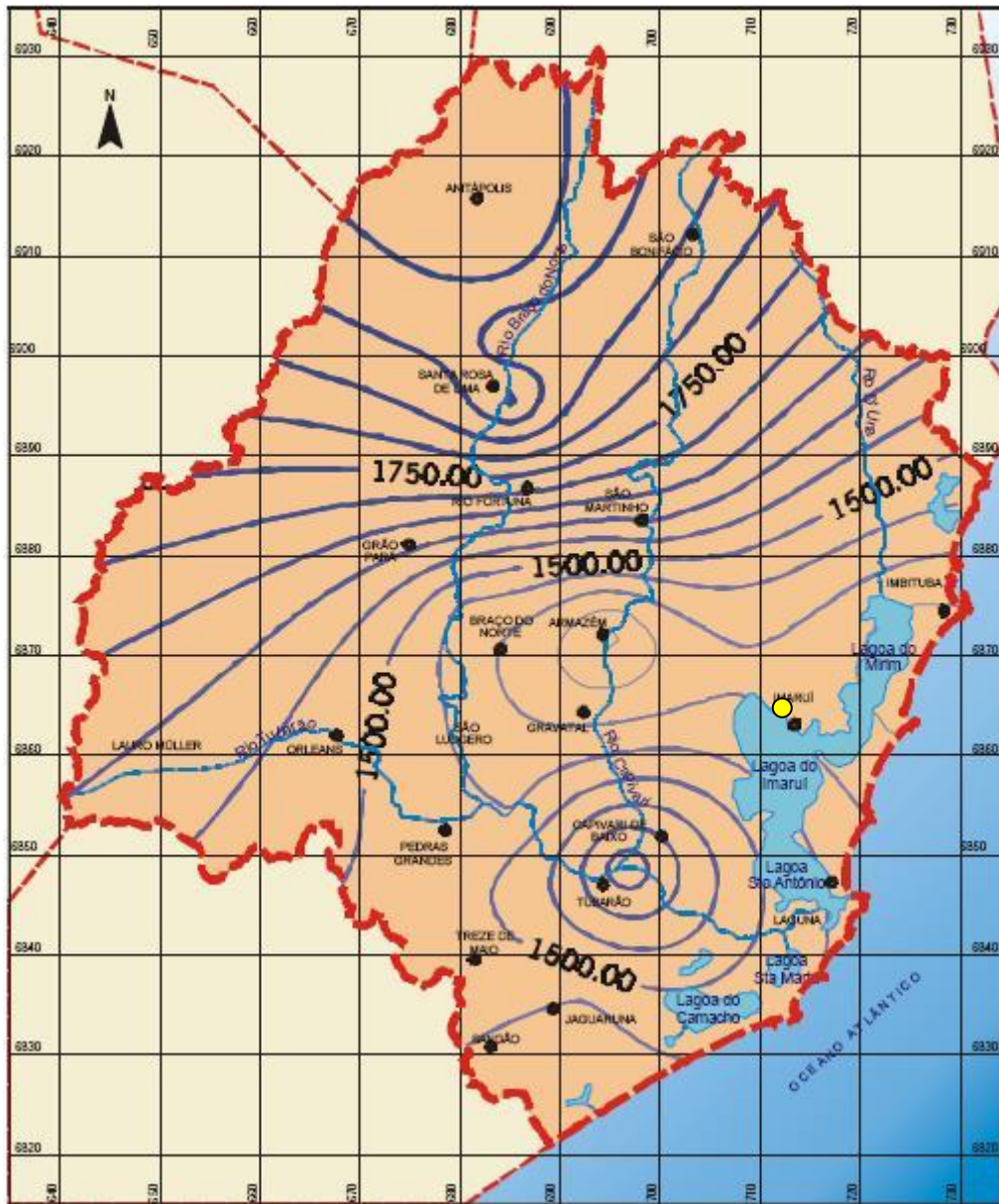


**Figura 29:** Localização das Estações Meteorológicas e Pluviométrica. Fonte: Comitê da Bacia do Rio Tubarão, 2002. Escala: 1:750.000.

● Localização da área de estudo.

A figura 30 apresenta como resultado uma distribuição de isoietas que variam de 1.300 mm a 1.600 mm na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar. A quantidade de chuva aumenta em direção leste-oeste. Os menores valores acontecem na faixa litorânea devido a livre passagem dos ventos vindo do Oceano Atlântico em direção a Serra Geral.

A precipitação média anual para a área da MRI está em torno de 1400 mm. No mapa de precipitação total anual, podemos localizar o município de Imaruí e observar a precipitação local.



**Figura 30:** Distribuição das isoietas de precipitação. Fonte: Comitê da Bacia do Rio Tubarão (2002), escala 1:750.000.  
 ● Localização da área de estudo.

## 6.5. Mapa de Cobertura Vegetal e Uso da Terra

Por uso da terra compreendemos como a forma pela qual o homem está ocupando o espaço. O mapa de uso e cobertura da terra nos fornece um quadro da situação em um determinado momento, e a partir da mesma, podemos analisar e avaliar como está sendo processada a ocupação da área de estudo.

O levantamento da cobertura vegetal e da terra (figura 34, página 96) foi realizado através do emprego da classificação da imagem SPOT (resolução espacial 2,5m) e de trabalhos de campo.

Com o trabalho de interpretação das imagens e sua classificação através do software Spring 5.0.1, foram definidas as seguintes classes de uso e cobertura da terra considerando suas semelhanças (Quadro 8):

1) Capoeirão (Mata); 2) Capoeira; 3) Pastagem; 4) Reflorestamento; 5) Carcinicultura/açude; 6) Solo exposto; 7) Povoados; 8) Água/planície de maré.

**Quadro 8:** Classes de uso para classificação digital na Microbacia do Ribeirão de Imaruí

<b>Classes</b>	<b>Características</b>
Capoeirão (Mata)	Matas de encostas e ciliar
Capoeira	Vegetação de pequeno porte, arbustiva.
Pastagem	Áreas cobertas por braquiara
Solo exposto	Solo em exposição, áreas de cultivo e áreas com feições erosivas
Reflorestamento de Pinus e Eucalipto	Área de vegetação homogênea e com textura de vegetação de grande porte
Carcinicultura/açude	Tanques (lâminas d'água) em áreas inundadas
Povoados	Núcleos de ocupação humana
Água/planície de maré	Corpos d'água e a planície de maré (Lagoa)

A paisagem hoje encontrada em zona originalmente ocupada pela Floresta Tropical Atlântica apresenta-se na MRI modificada pela ação do homem. Grande parte da floresta nativa, da área de estudo, foi explorada seletivamente, com a retirada de espécies vegetais com valor comercial (peroba-vermelha, cedro, canela), algumas espécies de menor porte para queima em engenhos de cana-de-

açúcar e farinha, enquanto outras áreas foram completamente devastadas, dando lugar a culturas agrícolas e plantio de espécies exóticas. Na figura 31a vemos as áreas de desmatamento utilizadas para a plantação de pastagem exótica destinada às atividades agropastoris.

As atividades agropastoris, juntamente com o atual reflorestamento do pinus (figura 31c) e do eucalipto (figura 31d) se apresentam em boa parte da MRI. Nas planícies flúvio-lagunares encontram-se as pastagens naturais, em menores proporções, recobrando pântanos e setores inundados periodicamente pelas marés. Hoje essas áreas encontram-se modificadas devido à carcinicultura (criação de camarão em cativeiros), introduzida no ano de 2000 no município (figura 31b).

Nas áreas de solos do tipo cambissolo vermelho-amarelo, destaca-se em grandes proporções a grama brachiara (*Brachiara brizantha*) introduzida no município na década de 60. A introdução desta espécie de grama fez com que ocorresse um desmatamento desordenado na MRI.

Os dados referentes à ocupação estão sendo processados com auxílio do Censo Agropecuário, Produção Agropecuária Municipal, Censo Demográfico e visitas a campo. Através destes dados será possível traçar uma evolução histórica da Microbacia, identificando a distribuição da população (centros populacionais), utilização das terras e estrutura fundiária e atividades econômicas desenvolvidas na área de estudo.

De acordo com a figura 32 e 33, quanto ao uso da terra na microbacia, temos a predominância de áreas de matas (capoeirão), com cerca de 43% da microbacia; área de campo/pastagem com 28%; solo exposto 0,5 %; área povoada 1%; carcinicultura 3%; água (planície de maré) 1%; capoeira com 16%; e reflorestamento com 7,5 %.

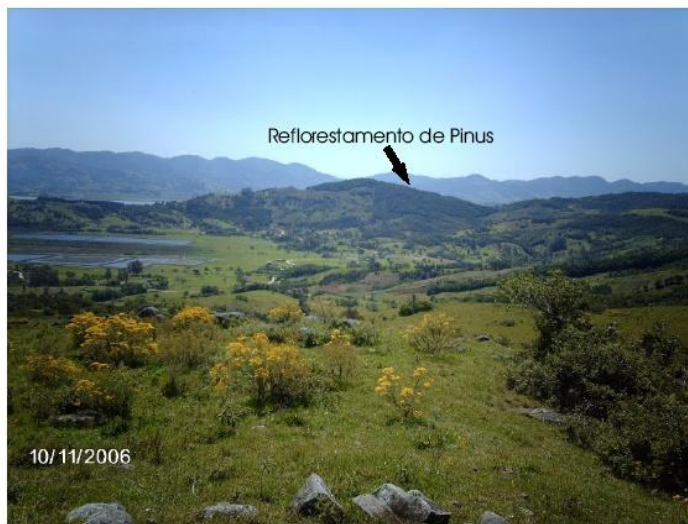




A) Vista parcial da Microbacia



B) Área destinada a carcinicultura

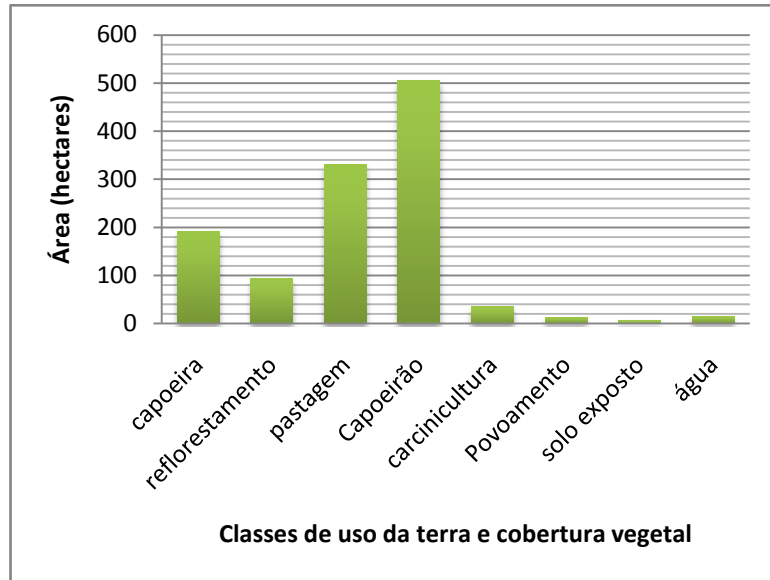


C) Reflorestamento de Pinus (em estágio para corte)

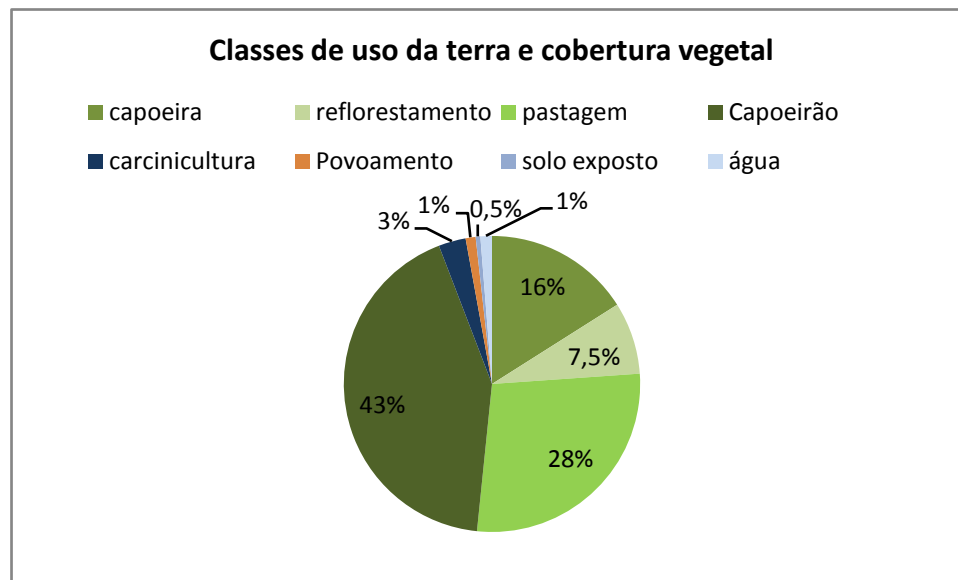


D) Reflorestamento de eucalipto (estágio com 1,5 m de altura).

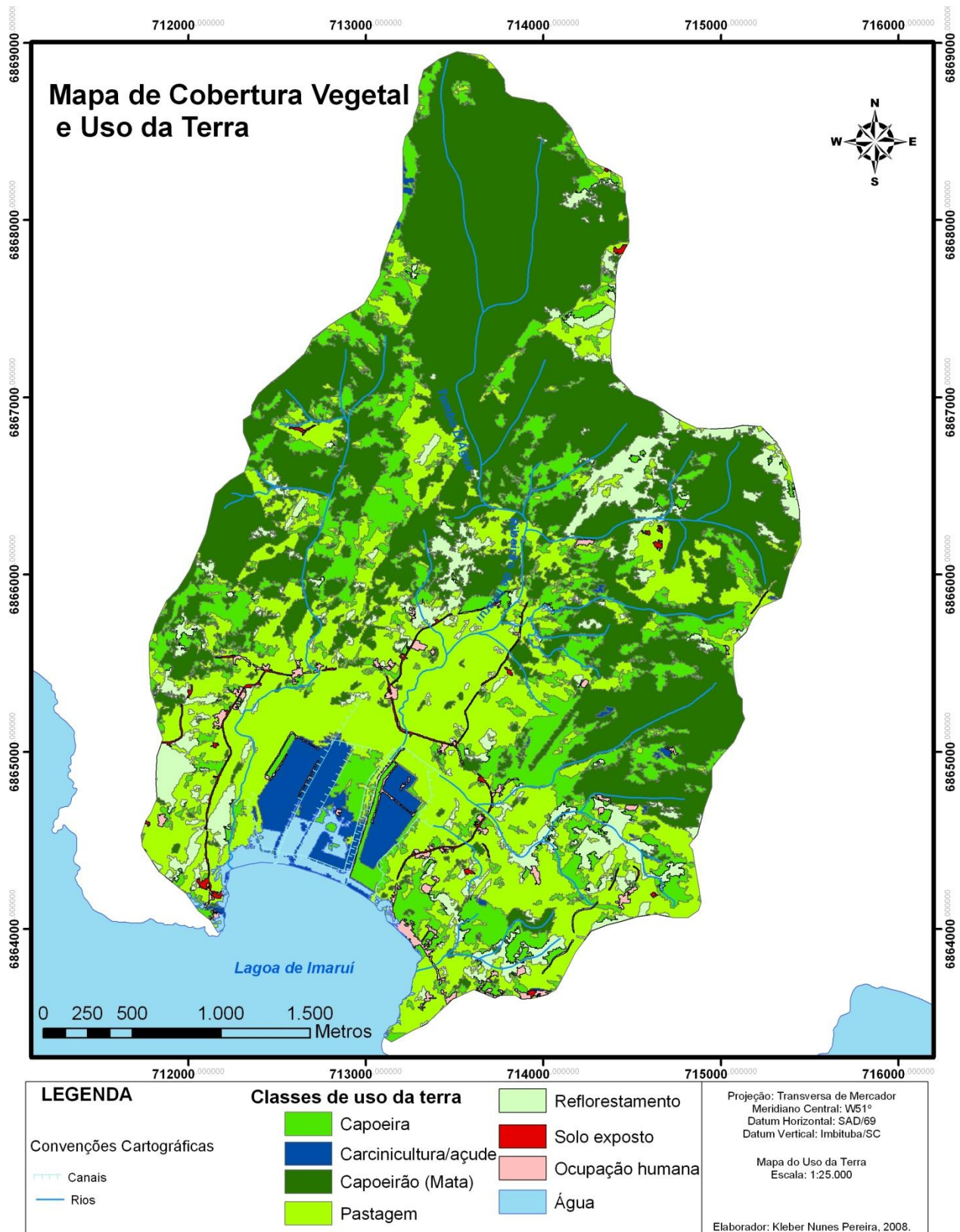
**Figura 31:** Fotos a , b , c e d da área da Microbacia  
Fotos: Kleber Nunes Pereira



**Figura 32:** Áreas das classes de uso da terra e cobertura vegetal.



**Figura 33:** Distribuição das classes de uso da terra e cobertura vegetal.



**Figura 34:** Mapa de cobertura vegetal e uso da terra da Microbacia.

## **7. ANÁLISE DOS RESULTADOS - ANÁLISE AMBIENTAL DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO DO IMARUI CONSIDERANDO OS MODELOS APLICADOS: DA FRAGILIDADE EMERGENTE E RUSLE**

### **7.1. Análise das Classes da Fragilidade Emergente**

O Mapa da Fragilidade Emergente da Microbacia do Ribeirão de Imaruí foi obtido através da sobreposição dos quatro temas, utilizando o ambiente SIG do Arcgis para obter o resultado final (ver mapa de Fragilidade Ambiental Emergente, figura 36, página 100).

As unidades mapeadas na carta de fragilidade emergente, cujas classes indicam o estado de equilíbrio da paisagem em face à ocupação antrópica, são resultantes da correlação das informações da fragilidade potencial com o uso do solo.

Fragilidade Potencial é obtida do cruzamento das informações naturais do meio sem a intervenção humana diretamente sobre o meio.

A classe predominante na área de estudo de estudo é a de intermediária (média) fragilidade emergente, abrangendo 688, 205 hectares (58% da área total), ocorrendo nos locais com cobertura vegetal ainda preservada, em estágio avançado e intermediário de sucessão. Esta classe também é predominante nas áreas de pastagens implantadas (braquiarias).

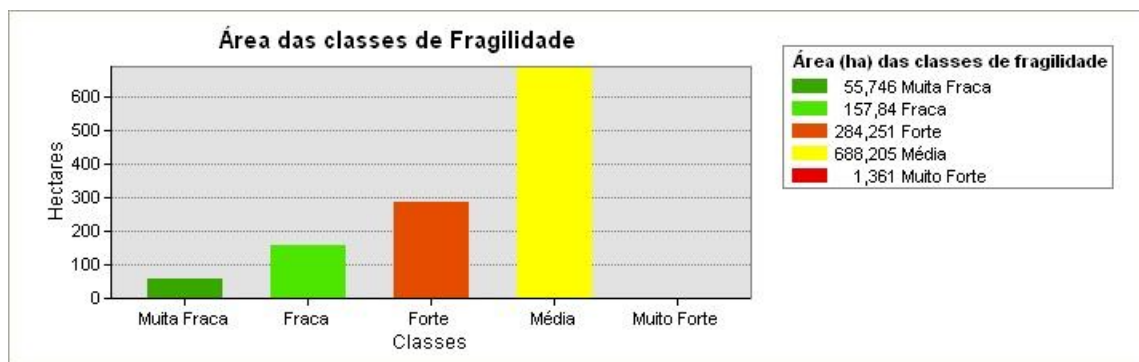
Esta classe está presente nas duas classes de solos e nas diferentes declividades. Estas áreas apresentam um equilíbrio intermediário na relação de cobertura e aspectos físicos, pois a vegetação existente atenua a ação da erosão e de deslizamentos. Portanto, mudança no uso do solo nessas áreas poderá alterar esse estado de equilíbrio, desencadeando a aceleração dos processos, assim a retirada da floresta influenciará numa nova configuração da fragilidade emergente.

A segunda classe com maior incidência é a de forte fragilidade, com uma área de 284, 251 hectares (24% da área total). Esta classe aparece nas áreas onde estão sendo implantada a silvicultura e a carcinicultura, ou seja, evidenciando maiores pressões antrópicas.

As classes muito fraca (55,746 hectares, correspondendo 4,5%) e fraca fragilidade (157, 84 hectares, correspondendo a 13%), são resultantes da proteção do solo exercida pela vegetação, que atenua a ação dos processos morfogenéticos. Nessas áreas se houver a retirada da floresta pode provocar mudanças nos resultados aqui apresentados, passando de baixa fragilidade emergente para alta ou muito alta fragilidade emergente.

As áreas de muito forte fragilidade emergente (1,361 hectares, correspondendo 0,5%) representam os locais de maior pressão antrópica na bacia, uma vez interferem nos processos naturais, agravando sua ação. Tais áreas são encontradas nas porções onde há solos expostos.

Na figura 35, podemos observar a distribuição destas classes de fragilidade.



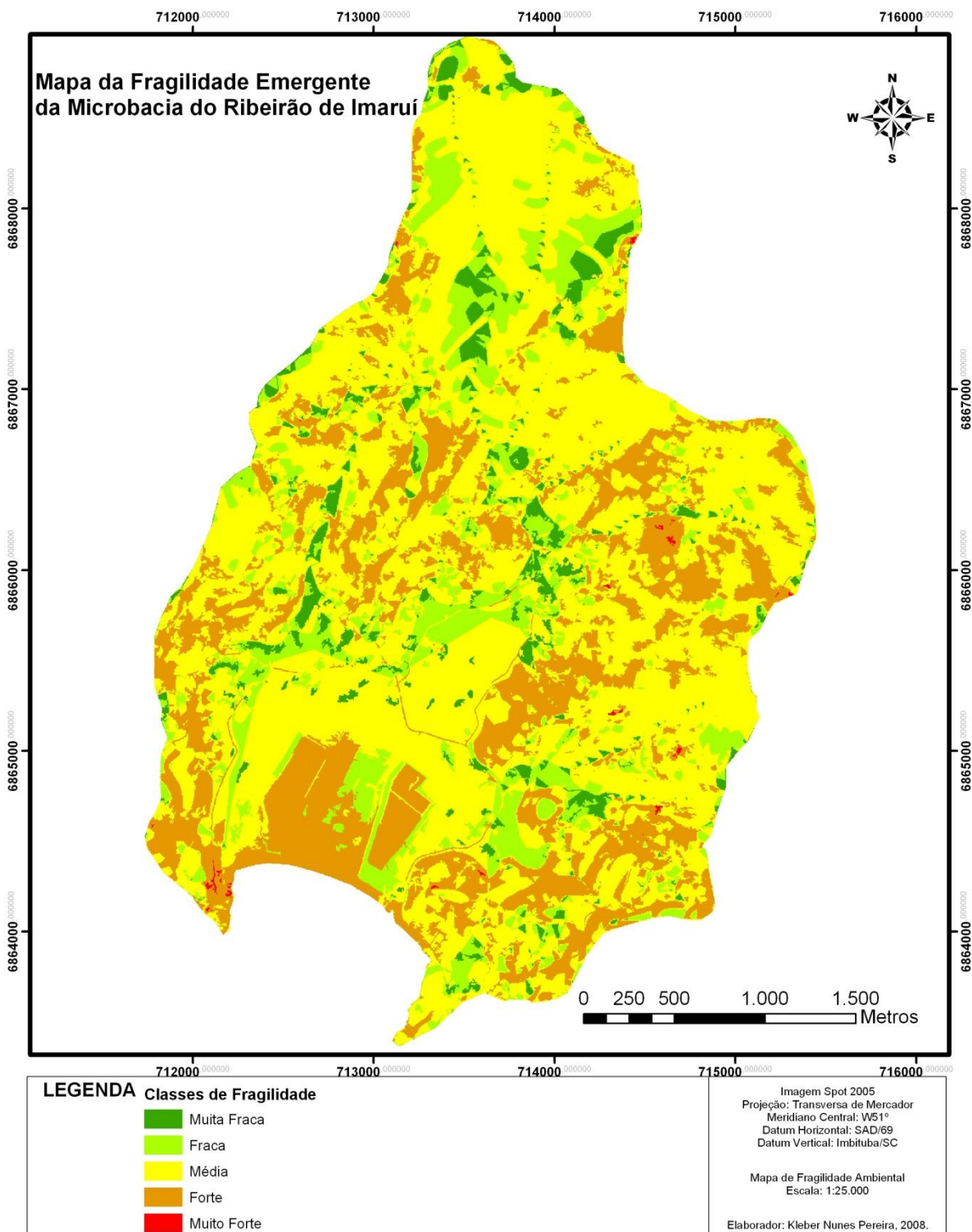
**Figura 35:** Gráfico das áreas das classes de fragilidade

Segundo estes procedimentos técnico-operacionais, o Mapa de Fragilidade Ambiental é resultante da correlação das variáveis classes de declividade, solos, tipo de cobertura vegetal e pluviosidade. A variável declividade é que vai determinar o grau de fragilidade de cada área analisada, e as demais variáveis irão definir uma hierarquização através de seus índices de fragilidade. Sendo que a variável cobertura vegetal irá identificar através de seus coeficientes as áreas

onde o equilíbrio dinâmico foi rompido provocando situações de riscos e as áreas onde a estabilidade permanece inalterada.

Devido à retirada da cobertura vegetal natural e a implantação da silvicultura na microbacia, estas classes vem se alterando nos limites da área.

A degradação ambiental nessas áreas está associada à retirada da vegetação da mata ciliar causando o solapamento das margens de rios. Na pecuária a criação de bovinos nos terrenos de planície e nas áreas mais altas também se faz presente, atualmente com pequeno rebanho, mas que causam principalmente solapamento nas margens dos canais d'água e a compactação do solo com o pisoteio.



**Figura 36:** Mapa da Fragilidade Ambiental Emergente da MRI.

## 7.2. Análise do Resultado da Aplicação da RUSLE

### *Erosividade da Chuva (R)*

Para estimativa da erosividade da chuva utilizou-se o levantamento realizado pelo Comitê do Rio Tubarão e pelos dados obtidos da estação pluviométrica de São Martinho. Obteve-se como valor de erosividade anual da chuva para a microbacia, 540 MJ/mm/ha.h.ano.

### *Erodibilidade do Solo (K)*

O mapa do Fator de Erodibilidade do Solo mostra a distribuição do fator K. Para o Cambissolo, obteve-se o valor de 0,054 ton.ha.h/ha.MJ.mm; e para o Gleissolo 0,025 ton.ha.h/ha.MJ.mm.

### *Fator Topográfico*

O mapa de Fator Topográfico mostra a variação de comprimentos e declividade das rampa na microbacia. Essa variação ficou em valores entre 0 a 90.

### *Fatores C (Uso/Manejo do Solo) e P (Prática Conservacionista)*

De acordo com o Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal atribuiu-se os pesos de acordo com a tabela 5 (página 62).

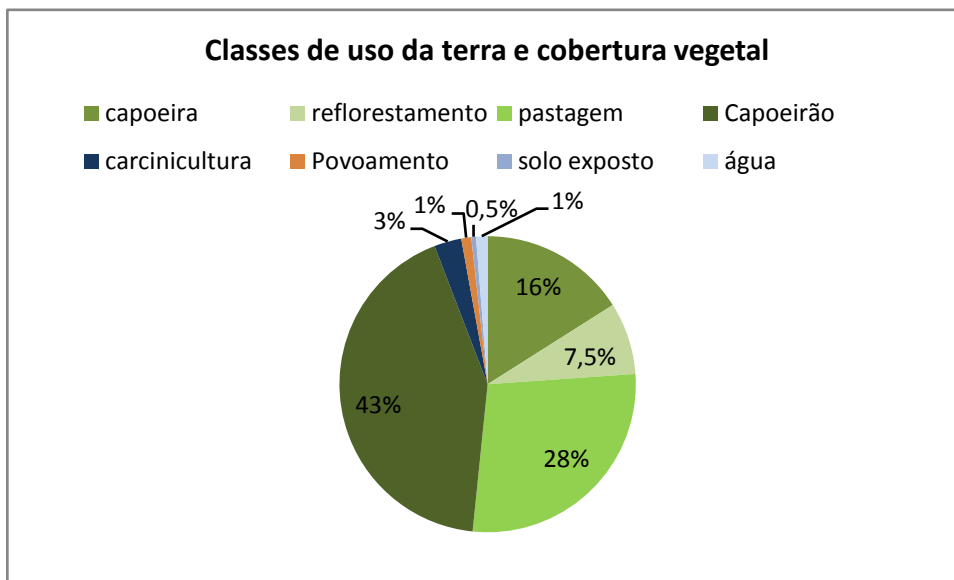
Como não há prática conservacionista na microbacia, foi adotado peso 1 para o fator P.

A figura 37 indica as áreas que possuem determinados tipos de uso da terra e de cobertura vegetal. As oito categorias encontradas foram de capoeirão,



capoeira, pastagem, carcinicultura, solo exposto, reflorestamento, ocupação humana e água. A maior parte da área da bacia é coberta por mata nativa (capoeirão).

**Figura 37:** Gráfico das classes de uso da terra e cobertura vegetal



### *Perda de Solo (A)*

Tendo os resultados dos fatores acima apresentados, foi determinada a perda de solo anual para a microbacia, conforme o mapa de Perda de Solo Anual.

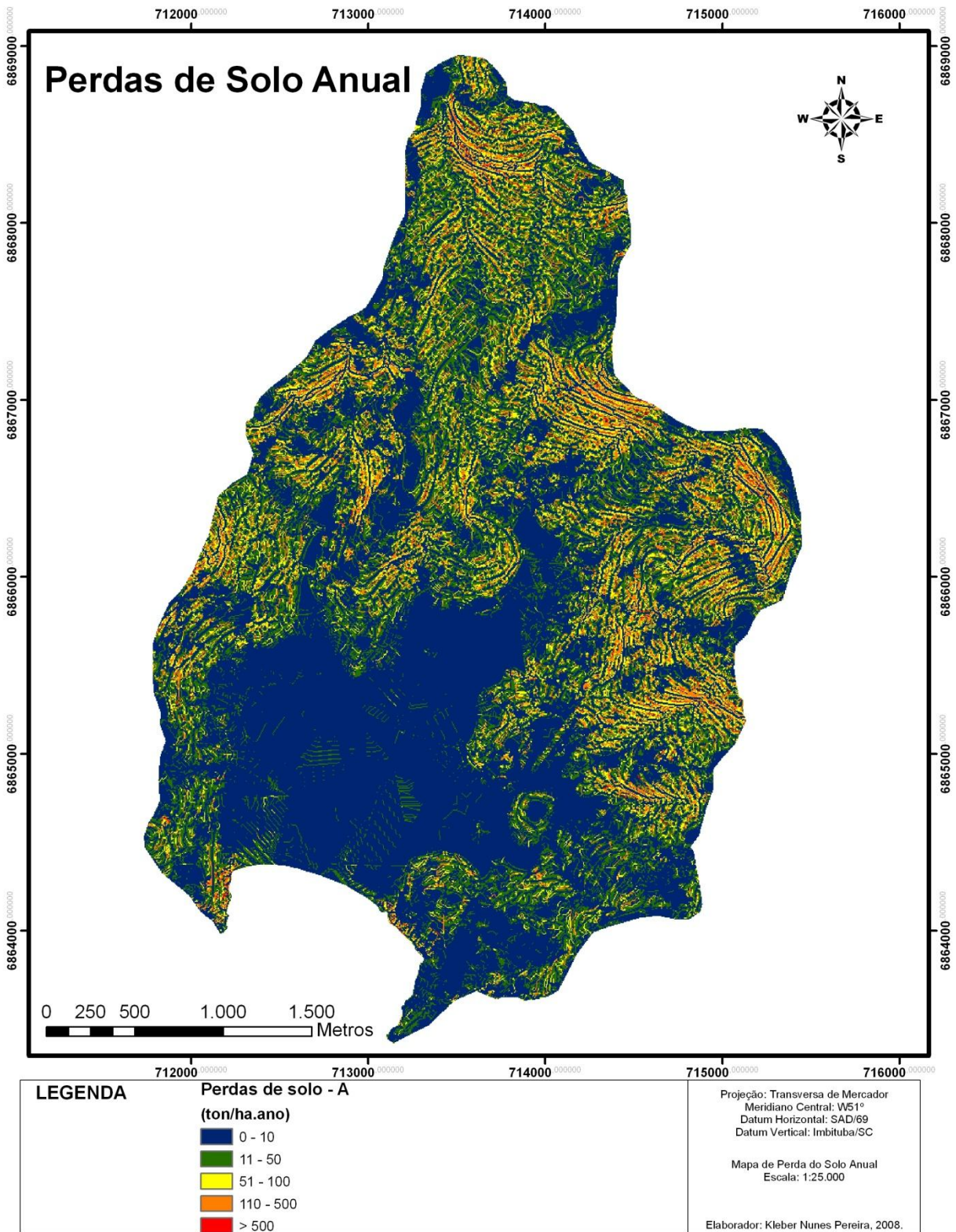
Os resultados indicaram que na maior parte da bacia, a perda de solo anual calculada apresenta valores considerados pela literatura especializada como muito baixos os valores menores que 10 ton/ha.ano (CARVALHO, 1994) e somente uma área muito pequena apresentou perda de solo considerada alta, com valores maiores que 100 ton/ha.ano, conforme podemos ver no mapa de perda de solo anual (figura 38).

As áreas com muito baixos valores de perda de solo, de 0 a 10 ton/ha.ano, ficaram em torno de 714, 884 hectares, correspondendo a 60% da área total da bacia. Esta classe abrange praticamente toda a área de planície, a vegetação ciliar e os topos de morros.

Os valores entre 11 a 50 ton/ha.ano, abrangem uma área de 267,727 hectares, correspondendo a 22,5% da área da bacia. Esta classe aparece nas colinas, nas áreas com vegetação nativa e de silvicultura, e também no fundo de vales.

A classe com valores entre 51 a 100 ton/ha.ano, estão nas áreas com declividades até 30°, tendo como uso a criação de gado e pastagens implantadas. Esta classe abrange uma área de 112,712 hectares, o que corresponde a 9,5% da área.

Os valores com alta perda de solo, entre 110 a mais de 500 ton/ha.ano, abrangem uma área de mais 90 hectares, correspondendo a 8% da área da microbacia. Estes valores então relacionados as altas declividades, ao desmatamento para implantação da silvicultura, principalmente em áreas com declividades acima de 45° e aos solos expostos.



**Figura 38:** Mapa de Perda de Solo Anual da MRI.

## 8. CORRELAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS MODELOS DE ANÁLISE DA FRAGILIDADE (FRAGILIDADE EMPÍRICA E RUSLE)

Nos capítulos anteriores discutimos a obtenção individual dos dois modelos utilizados neste trabalho (Fragilidade Empírica com base nos índices de declividade e a RUSLE). Agora os resultados destes dois modelos serão correlacionados.

O Quadro 9 nos mostra de forma simplificada os elementos utilizados para obtenção dos dois modelos.

**Quadro 9:** Variáveis utilizadas em cada procedimento técnico-operacional

<b>Metodologias</b>	<b>Classes de fragilidade (Ross, 1994)</b>	<b>RUSLE (Renard et al., 1991)</b>
<b>Variáveis</b>		
Declividade	X	X
Comprimento da Rampa		X
Solos	X	X
Cobertura Vegetal/uso da terra	X	X
Prática Conservacionista		X

Conforme a tabela acima se percebe que os dois modelos utilizam-se de algumas variáveis em comum: declividade, solos, cobertura vegetal e uso da terra. As demais variáveis diferem-se de acordo com cada metodologia analisada.

As propostas metodológicas de Ross (1994) e da RUSLE (Renard et al., 1991), diferencem-se na utilização das variáveis: comprimento da rampa e prática conservacionista. Enquanto a proposta de Ross avalia apenas as classes de declividade das formas de relevo, a RUSLE se utiliza da declividade e do comprimento da rampa, já que a velocidade do escoamento superficial está ligada também a este último fator.

A RUSLE se utiliza também da variável, prática conservacionista. Que são práticas relacionadas à maneira de como se faz o uso da terra.

Com relação às formas de calcular a fragilidade, a RUSLE trabalha com valores adquiridos através de estudos individualizados de cada variável para aquisição do produto final, e ROSS trabalha apenas com o agrupamento dos

índices das variáveis e adota a declividade como variável principal. Além de apresentarem formas diferenciadas de cálculo da fragilidade, os modelos utilizam diferentes parâmetros para cada variável. O modelo da RUSLE quantifica a perda de solo anual e também mensalmente, conforme necessidade, para área de estudo. Já no modelo proposto por ROSS os parâmetros utilizados para as variáveis oscilam entre 1 e 5, qualificando a área que pode variar de muita fraca fragilidade ou a uma fragilidade muito forte.

Os resultados obtidos tanto com o modelo de Fragilidade Empírica dos Ambientes com método RUSLE, foram divididos em cinco categorias qualitativas de potencial à erosão. Abaixo está representada a tabela 6 onde estão expressos os valores em porcentagem (%) de cada uma das classes de fragilidade ambiental e de perda de solo anual para propostas metodológicas avaliadas.

**Tabela 6:** Porcentagens do grau de fragilidade para as duas metodologias analisadas.

<b>Grau de Fragilidade</b>	<b>Perdas de solo anual (ton/ha.ano)</b>	<b>Propostas Metodológicas</b>	
		<b>RUSLE (%)</b>	<b>ROSS (%)</b>
<b>Muito Fraca</b>	<b>0-10</b>	60%	4,5 %
<b>Fraca</b>	<b>11-50</b>	22,5%	13%
<b>Média</b>	<b>51-100</b>	9,5%	58%
<b>Forte</b>	<b>110-500</b>	7%	24%
<b>Muito Forte</b>	<b>&gt;500</b>	1%	0,5%

Conforme a tabela acima, vemos que 60% da microbacia possui uma baixa perda de solo anual, enquanto a proposta de Ross (1994) qualifica as áreas com fragilidade muito fraca apenas 4,5% da área de estudo. A principal divergência entre os dois modelos são os pesos adotados para cada variável. O modelo de

Ross considera a declividade como fator principal, deixando as demais variáveis em segundo plano. O processo de formação de voçorocas não é considerado no modelo proposto por Ross, o que leva também esta divergência. Já na RUSLE são quantificados os pesos de cada variável levando em consideração todos os elementos estudados.

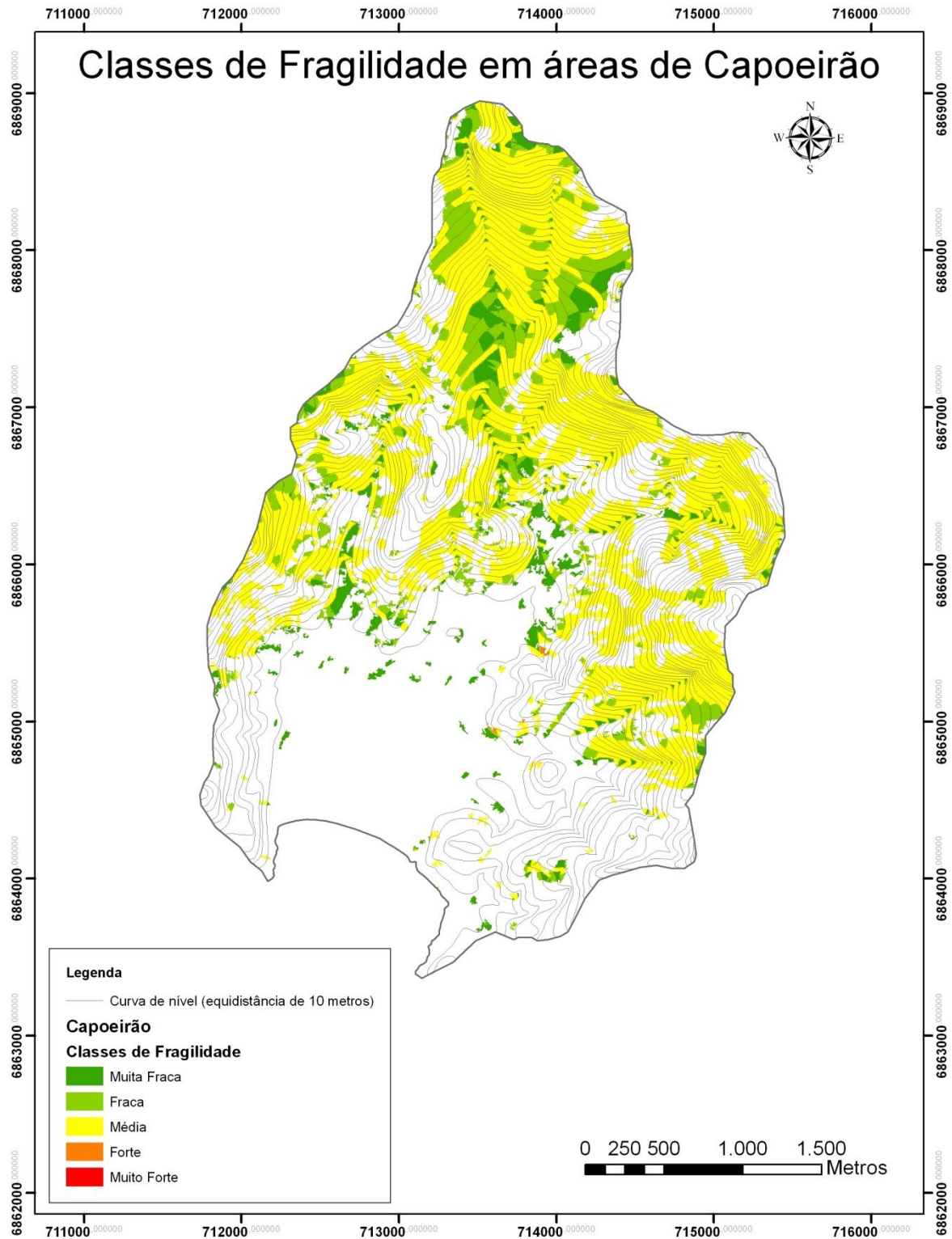
Como grande parte da bacia é recoberto por áreas de mata (Capoeirão), o índice de perda de solo anual, que se encontra entre 0 a 10 ton/ha.ano, tende a ter uma maior abrangência.

As áreas classificadas como de fragilidade Muito Fraca, utilizando-se o modelo das Classes de Declividade proposto por Ross (1994), não condizem com a realidade, pois como visto anteriormente, está se utiliza como variável principal a declividade. Este fato é decorrente do erro presente nos mapas clinográficos trabalhados de acordo com sua escala. Quanto maior o detalhamento das curvas de nível, maior a porcentagem das classes de fragilidade forte e muito forte. Este intervalo entre as curvas, em função da escala, atenua a declividade, conseqüentemente o grau de fragilidade. Daí então resulta na maior expressividade do baixo grau ou de alto grau de fragilidade apresentado por este modelo metodológico.

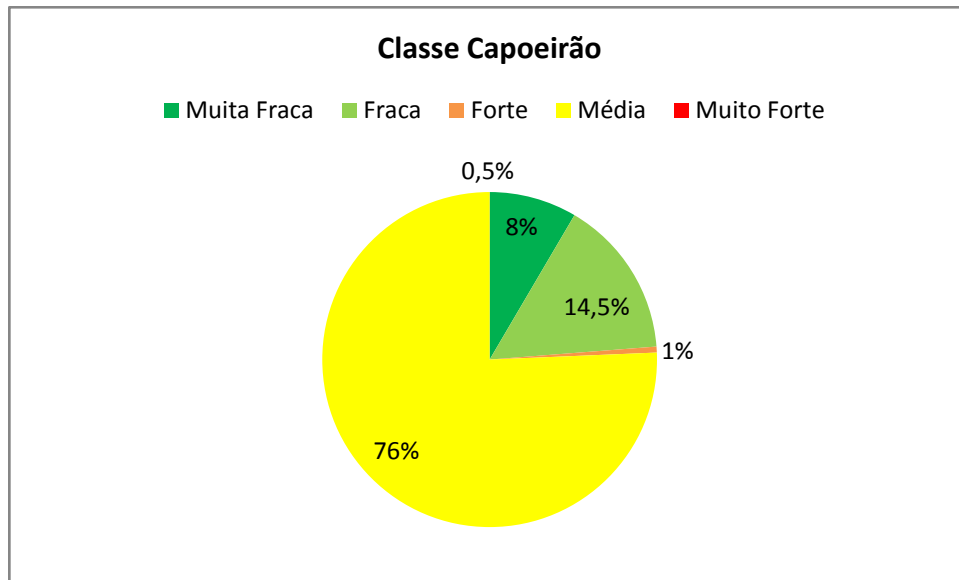
As classes que tiveram uma porcentagem semelhante foram a de fragilidade muito forte e de perda de solo acima de 500 ton/ha.ano, tendo 0,5 a 1% respectivamente. Estas áreas situam-se em declividades maiores e onde encontramos áreas com solos expostos.

Ao observarmos o mapa de cobertura vegetal e uso da terra, percebemos que as áreas com maiores perdas de solo anual são as que contêm solos expostos e próximos aos povoados, apesar de serem pouco inexpressivas (cerca de 5 hectares do total da área da bacia).

Já para o modelo de Ross (1994), as áreas de fragilidade média a forte, encontram-se nas áreas de maiores declividades, não importando a cobertura vegetal ou o uso da terra. Podemos notar este fato na figura 39 e 40, onde a cobertura vegetal de capoeirão está quase toda inserida na fragilidade média.



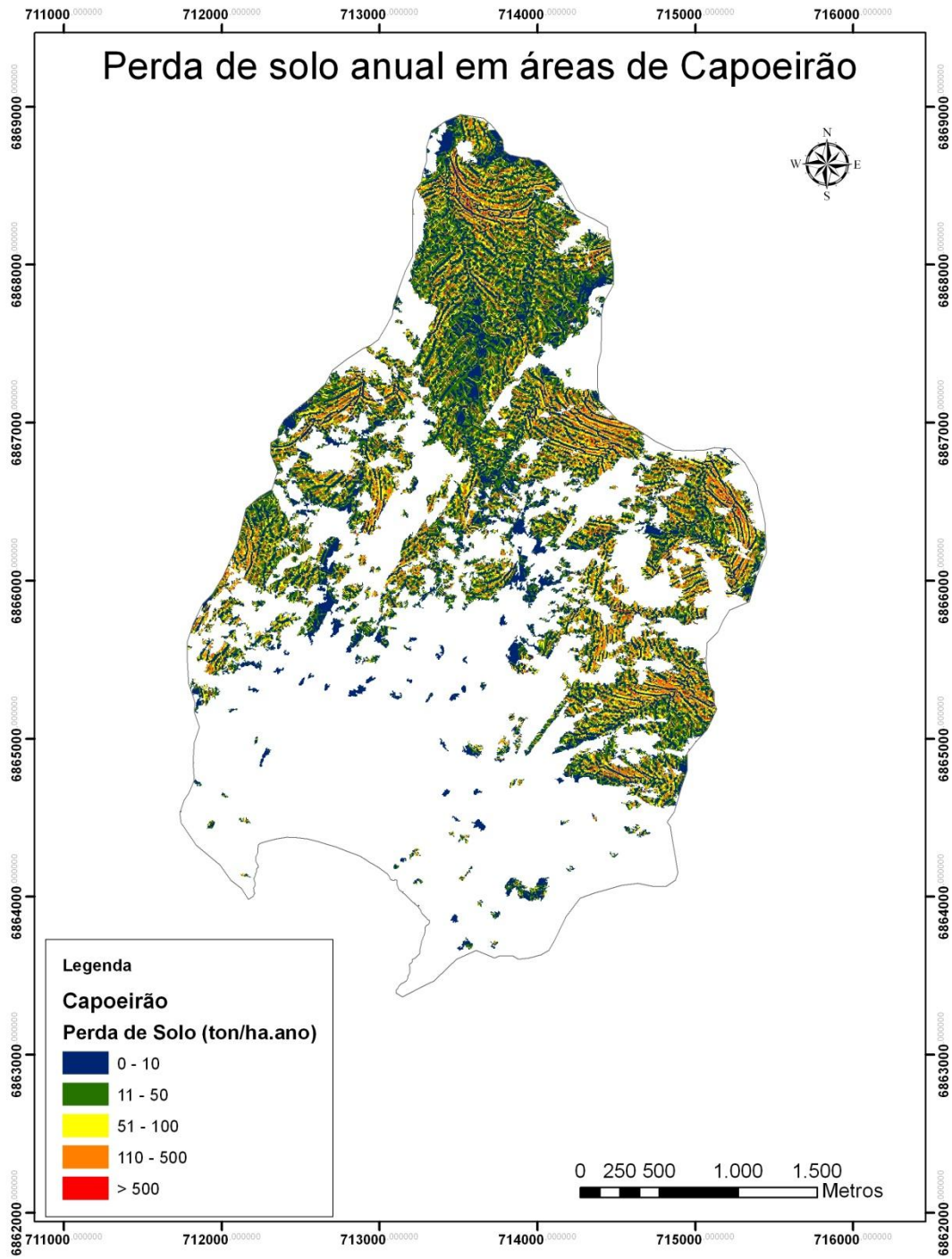
**Figura 39:** Distribuição das classes de fragilidade na Cobertura vegetal de Capoeirão, segundo da Fragilidade Empírica dos Ambientes. (Elaboração: Kleber Nunes Pereira).



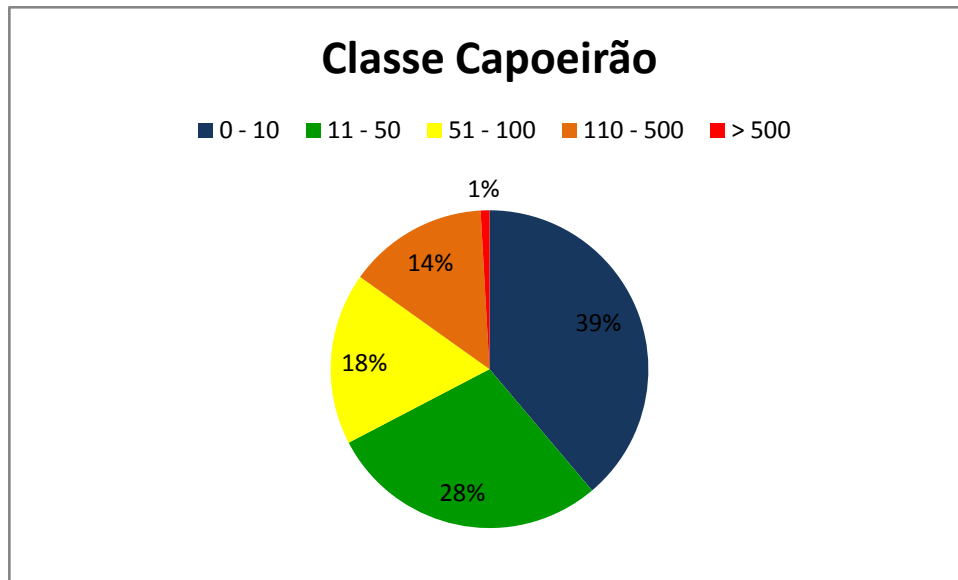
**Figura 40:** Distribuição das classes de fragilidade nas áreas de capoeirão.

Ao compararmos a mesma classe com o modelo RUSLE, percebemos que nesta cobertura vegetal a perda de solo é menor. As áreas com maior perda de solo, em relação a esta classe, localizam-se próximas as maiores declividades e com pequenos núcleos de capoeirão, conforme nos mostra a figura 41 e 42.





**Figura 41:** Perda de solo nas áreas de capoeirão, segundo RUSLE.  
 (Elaboração: Kleber Nunes Pereira)



**Figura 42:** Distribuição da perda de solo na cobertura vegetal de capoeirão.

Como foi analisado, tanto as ponderações das variáveis, quanto a forma de cálculo para obtenção dos graus de fragilidade, são responsáveis pelas diferenças manifestadas nos dois mapeamentos examinados. A variável Classes de Declividades aplicada pelo modelo de Ross (1994) proporciona os resultados mais diferentes. E o tipo de cálculo aplicado para a avaliação dos níveis de fragilidade ou vulnerabilidade, em cada um dos dois procedimentos técnico-operacionais, também é o grande responsável pelas divergências de resultados apresentados entre os dois produtos analítico-cartográficos gerados, no contexto da escala de trabalho, 1:25.000.

Uma das vantagens da Equação Universal de Perda de Solo Revisada (Rusle) sobre a Fragilidade Ambiental proposta por Ross (1994), é que esta pode ser calculada mensalmente. Esta facilidade pode ser obtida através dos dados pluviométricos fornecidos e também pela observação da mudança de uso do solo.

O modelo proposto por Ross (1994), apesar de sua ampla aplicação em trabalhos acadêmicos e técnicos, sua utilização inicial se deu no Estado de São Paulo. A variabilidade dos ambientes e os diferentes comportamentos dos elementos da paisagem de cada lugar não são levados em consideração, aplicando-se, os mesmos índices (pesos) em todos os lugares.

Um problema encontrado em tal modelo empírico é que embora sua estrutura seja construída a partir de um formato simples e fácil de aplicar, a performance do mesmo é limitada em termos de descrever adequadamente o relacionamento da perda de solos com os fatores que fazem parte do fenômeno.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um das grandes contribuições da metodologia baseada em estudos de fragilidade ambiental é servir de subsídio para gestão territorial de maneira planejada e sustentável, evitando problemas de uso e ocupação desordenados.

Partindo da conexão de alguns fatores do meio físico (geologia, clima, relevo, cobertura vegetal, erosividade, erodibilidade, fator topográfico), é possível obter uma primeira visão geral do potencial natural aos processos erosivos e da fragilidade na área de estudo. Ao acrescentar o fator antrópico (uso e ocupação da terra), foi possível determinar o risco da ocorrência de erosão e outras fragilidades (risco de inundação, movimentos de massa, comprometimento da qualidade da água) nesse local.

Os mapas temáticos elaborados na escala 1:25.000, tais como: hipsométrico, clinográfico, pedológico, geológico, geomorfológico, cobertura vegetal e uso da terra, assim como a cartografia dos fatores da RUSLE são produtos obtidos através das cartas topográficas, das imagens de satélite, de mapas temáticos, de estudos anteriores e das observações de campo. Estes produtos intermediários possibilitaram a análise e interpretação da fragilidade ambiental face aos processos erosivos

Dada a importância dos estudos da cobertura vegetal e uso da terra para o conhecimento da dinâmica dos ambientes, torna-se imprescindível nesta pesquisa, este mapeamento temático visando fornecer subsídios à avaliação da vulnerabilidade dos vários tipos de usos adotados na microbacia. Mesmo representando apenas um corte da realidade em um determinado momento histórico, já que a dinâmica dos tipos de cultivos e as alterações nos padrões de uso da terra poderão variar.

As informações climatológicas são muito importantes na caracterização morfodinâmica das unidades de paisagem. Estas informações, relativas a pluviosidade anual e à duração do período chuvoso, as quais definem a intensidade pluviométrica, permitem a quantificação empírica do grau de risco a que está submetida uma unidade de paisagem, pois situações de intensidade

pluviométrica elevada, isto é, alta pluviosidade anual e curta duração do período chuvoso, podem ser traduzidas como situações onde a quantidade de água disponível para o escoamento superficial é muito grande, e, portanto é maior a capacidade de erosão. Estas situações reúnem as melhores condições para o desenvolvimento dos processos morfogenéticos cujo vetor principal, para nossas condições climáticas, é o escoamento superficial.

O clima controla o intemperismo diretamente, através da precipitação pluviométrica e da temperatura de uma região, e também indiretamente através dos tipos de vegetação que poderão cobrir as unidades de paisagem.

Desta forma, a variável pluviosidade será classificada de acordo com sua maior ou menor intensidade e sua distribuição ao longo do ano. Assim sendo, esta variável será aplicada nos cálculos dos dois modelos, da análise da fragilidade empírica ambiental e para o cálculo da erosividade.

Na Microbacia do Ribeirão de Imaruí foram aplicado dois modelos (Fragilidade Empírica dos Ambientes e o Modelo da Equação Revisada da Perda de Solos-RUSLE- com intuito de avaliar e caracterizar a área de acordo com suas zonas de maior ou menor fragilidade ambiental.

Este trabalho teve como objetivo principal à aplicação e comparação de dois modelos de análise para avaliação da fragilidade ambiental e, a confecção de documentos cartográficos que sintetizem os resultados finais. Foram utilizados para a análise da Fragilidade Ambiental um modelo metodológico proposto por Ross (1994), com apoio nas classes de declividade; e outro modelo avaliado é o da Equação da Perda de Solos Revisada (RUSLE), proposta por Renard et al (1991), com base nos fatores erodibilidade, erosividade, comprimento da rampa e declividade, uso e manejo do solo, e práticas conservacionistas.

O modelo proposto por Ross (1994) e o modelo da RUSLE (Renard et al., 1991), utilizam-se quase das mesmas variáveis para delimitar as áreas no contexto dos diagnósticos ambientais. No entanto, o que diferencia estes modelos é a forma de como são operacionalizados os métodos: Ross (1994) utiliza um procedimento de classificação do espaço geográfico por divisão, quando parte da análise dos temas isoladamente até chegar nas unidades homogêneas complexas

(a síntese); o modelo RUSLE utiliza-se de uma equação empírica resultante de uma série de avaliações do solo.

As formas de cálculo para obtenção dos graus de fragilidade refletem as diferentes maneiras de ponderar a importância das variáveis avaliadas. Por exemplo, no modelo proposto por Ross (1994), a variável que representa o 1º dígito da associação numérica determina o grau de fragilidade, enquanto as demais variáveis apenas hierarquizam nuances desta fragilidade. Deste modo, a variável relevo ou declividade (1º dígito) é mais expressiva para a determinação do grau de fragilidade segundo as propostas de Ross (1994).

Um problema encontrado no modelo RUSLE (CHECCHIA, 2005), é que embora sua estrutura seja construída a partir de um formato simples e fácil de aplicar, a performance do mesmo é limitada em termos de descrever adequadamente o relacionamento da perda de solos com os fatores que fazem parte do fenômeno.

A aplicação dos conceitos do modelo de análise da “Fragilidade Empírica dos Ambientes”, assim como a investigação detalhada do relacionamento entre as classes das variáveis que compõem a RUSLE, representa uma busca por aprimoramento do modelo de fragilidade ambiental com o objetivo de alcançar resultados mais próximos ao mundo real.

Em termos de distribuição espacial, os resultados obtidos através do modelo de Fragilidade Empírica dos Ambientes foram comparáveis aos resultados obtidos com o método RUSLE no tocante as classes fraca e muito forte ao potencial à erosão.

Observa-se que o modelo de Fragilidade Empírica dos Ambientes produz resultados melhores a grandes áreas, devido a sua generalização quanto as unidades da paisagem.

Apesar dos dois modelos levarem em consideração praticamente os mesmos elementos da paisagem, percebe-se que o modelo proposto por Ross (1994) torna-se muitas vezes inadequado para a obtenção do grau de fragilidade do ambiente. Este modelo não considera a especificidade de cada lugar, sendo adotados os mesmos índices obtidos de observação realizados no Estado de São

Paulo. Uma prova disto, é o índice de erodibilidade de uma mesma classe de solo encontrada no Estado de São Paulo ser diferente da Região Sul do Brasil.

A vantagem da Equação Universal de Perda de Solo Revisada, é que seus índices podem ser obtidos de forma experimental em campo, bem como, pode-se ter resultados mensalmente deste modelo.

Esses modelos empíricos, que se apóiam exclusivamente na experiência e na observação, requerem medições prévias dos locais de interesse ou locais similares, limitando tanto em termos de custos e de tempo, como também pela imprevisibilidade da natureza.

Os resultados alcançados serão de grande importância para o zoneamento da microbacia e assim instituir uma Área de Proteção Ambiental no local.

A grande contribuição de modelos de fragilidade ambiental é proporcionar uma maior agilidade no processo de tomada de decisões, servindo de subsídio para gestão territorial de maneira planejada e sustentável, evitando problemas de ocupação desordenada.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHEIROS, M.M. Avaliação econômica de perdas ambientais na análise de riscos geológicos. Disponível:

[http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/i\\_en/mesa4/3.pdf](http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/i_en/mesa4/3.pdf)

Acesso em: abril 2009.

ALVES, M. Estimativa da perda de solo por erosão laminar na bacia do rio São Bartolomeu-DF usando técnicas de geoprocessamento. 2000. Disponível em: [www.dpi.inpe.br/cursos/ser300/trabalhos/mariza.pdf](http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser300/trabalhos/mariza.pdf), acesso em: 10/09/2006.

AMARAL, Juaci do. **Transformações na Paisagem no Município de Imaruí, SC.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

AB' SABER. A. N. **Domínios morfolclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil.** Orientação, n.3, 1967.

BERTALANFFY, L. von. **Teoria geral dos sistemas.** Petrópolis, Vozes, 1977.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo.** 3ª edição, Ícone Editora, São Paulo. 1993.

BIGARELLA, J.J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais.** Florianópolis, Editora da UFSC. 1994.

CABRAL. O. R. **História de Santa Catarina.** Florianópolis: Imprensa da UFSC, 1968.



CARUSO JUNIOR, Francisco. **Mapa geológico e de recursos minerais do sudeste de Santa Catarina: texto explicativo**. Brasília: DNPM, 51 p.il. mapa (escala 1:100.000); 21 x 29 cm, 1995.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2ª ed. São Paulo: Contexto, 1995. (Coleção Caminhos da Geografia).

CASTRO, A.G.; VALÉRIO FILHO, M. Simulação da expectativa de perdas de solo em microbacia sob diferentes manejos florestais. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 21, n. 1, 1997. Disponível em: [www.embrapa.gov.br](http://www.embrapa.gov.br), acesso em: 14/10/2006.

CHECCHIA, T. **Avaliação de perda de solo por erosão hídrica e estudo de energia na bacia do Rio Caeté, Alfredo Wagner-Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. Edgard Blucher/USP, São Paulo. 1974.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher. 1999.

CPRM. **FOLHA CRICIÚMA - SH.22-X-B. ESCALA 1:250.000**. 2000.

CREPANI, E; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T.; BARBOSA, C.. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. INPE, São José dos Campos, SP, 1998.

DALL'ALBA, J. L. **O Vale do Braço do Norte**. Orleans: Editora do autor, 1973.

DEMEK J. **Manual of detailed geomorphological mapping**. Praga, IGU, Comm Geomorph. Surv. Mapping, 1972.

EMBRAPA. **Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar**. Escala 1:50.000. 2001.

EPAGRI, PROJETO MICROBACIAS 2. **Dados da Microbacia do Ribeirão de Imaruí**. 2005. Disponível em: [www.microbacias.sc.gov.br](http://www.microbacias.sc.gov.br), acesso em: 27/08/2007.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

GUERRA, A.J.T. **O início do processo erosivo**. In: GUERRA, J.T. *et al.* (Org.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

GUERRA, A.J.T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2006.

HANN, M. J.; MORGAN, R. P. C. **Evaluating erosion control measures for biorestorement between the time of soil reinstatement and vegetation establishment**. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2006. Disponível em: [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com), acesso em: 10/12/2006.

HERRMANN, M. L. P. **Problemas geoambientais da faixa central do litoral catarinense**. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas. São Paulo, 1998.

IBGE. **Censo Agropecuário de Santa Catarina, 1960, 1970, 1985, 1995/96.** Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE. **Dados Censitários do Município de Imaruí.** Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br), acesso em: 14/04/2008.

JELINEK, A. R.; BASTOS-NETO, A. C.; LEITE, J. A.D.; HARTMANN, L. A.; McNAUGHTON, N. J. **SHRIMP U-Pb zircon dating of Pedras Grandes Suite, southern Santa Catarina State, Brazil.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, 2005. Disponível em: [www.scielo.br/aabc](http://www.scielo.br/aabc), acesso em: 14/08/2006.

KINNELL, P.I.A. **Why the Universal Soil Loss Equation and the revised version of it do not predict event erosion well.** Earth Surface Processes and Landforms, 2005. Disponível em: [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com), acesso em: 10/12/2006.

LACOSTE, Y. A. **Geografia – Isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra.** Campinas. Papirus Editora, 1989.

LAGO, Paulo Fernando Araújo; GOUVÊA, Aguinaldo. **Comunidades Pesqueiras de Santa Catarina: condições sociais e econômicas do pescador artesanal e aspectos da evolução da atividade pesqueira em Santa Catarina.** Rio de Janeiro: SAI/MA, 1968.

LOMBARDI NETO, F. **Rainfall erosivity - its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brasil.** Master of Science, Purdue University, West Lafayette, 1977.

MEDEIROS, J. S. de. **Banco de Dados Geográficos e Redes Neurais Artificiais**:Tecnologias de Apoio à Gestão do Território. São Paulo. Dpto. de Geografia – FFLCH – USP. Julho, 1999. Tese de Doutorado.

MITASOVA, H., HOFIERKA, J., ZLOCHA, M., IVERSON, L.R. 1996. **Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS**. Int. J. Geog. Inf. Syst. 10. 2004.

MONTEIRO, M. A.; FURTADO, S. M. de A. **O clima do Trecho Florianópolis - Porto Alegre: uma abordagem dinâmica**. Geosul, Florianópolis, n. 19/20, p. 117-133, 1995.

MONTELLO, D.R. **Scale in geography**. In: SMELSER, N.J.; BALTES, P.B. International encyclopedia of the social and behavioral sciences. Oxford: Pergamon Press. 2001.

OLIVEIRA, C. **Curso de Cartografia Moderna**. 2ª ed. Rio de Janeiro. IBGE, 1993.

PAZETTO, N.C. **Um estudo sobre o desequilíbrio ambiental e o borrachudo**. Curso de Pós-Graduação em Educação e Meio Ambiente (Monografia de Especialização) Florianópolis: UDESC, 2001.

PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E. dos. **Bacias hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento**. *Ciência Hoje*, São Carlos, v.19, n.10, p.4-45, 1995.

RENARD, K. G.; FOSTER, G. T.; WEESIES, G. A.; PORTER, J. P. **Revised Universal Soil Loss Equation**. Journal of Soil and Water Conservation. Jan./Fev. 1991.

ROSS, J. L. S. **O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxionomia do Relevo.** In: Revista do Departamento de Geografia n° 6, FFLCH-USP, São Paulo, 1992.

ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados.** In: Revista do Departamento de Geografia n° 8, FFLCH-USP, São Paulo, 1994.

ROSS, J. L. S. **Análise e Síntese na Abordagem Geográfica da Pesquisa para o Planejamento Ambiental.** Revista do Departamento de Geografia n° 9, FFLCH-USP, São Paulo, 1996.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento.** 7 ed. Editora Contexto, São Paulo, 2003.

SALOMÃO, F. X. de T. **Erosão e a ocupação rural e urbana.** AGAMA-DIGEM, IPT, São Paulo, 1992.

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas de Santa Catarina.** Florianópolis: GAPLAN, 1986.

SANTA CATARINA. SDM – DIMA – GEHID. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar. Tubarão/SC. 2002.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Planejamento. Estatísticas. **Resumo Socioeconômico Regional.** Disponível em: [www.spg.sc.gov/menu/estatistica/](http://www.spg.sc.gov/menu/estatistica/), acesso em: 24/03/2006.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da Geografia.** São Paulo: Hucitec, 1996.

SANTOS, I.; VITTE, A.C. **Proposta de Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Palmital, Região Metropolitana de Curitiba.** Congresso de Geobiohidrologia, 1998.

SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE – SDM. **Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar.** Florianópolis, 2002. Disponível em: [www.comitetubarao.org.br](http://www.comitetubarao.org.br), acesso em: 19/09/2006.

SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO DE IMARUÍ. **Pesquisa em campo.** Imaruí, 2007.

SILVA, V. C. da. **Cálculo Automático do Fator Topográfico (LS) da EUPS, na Bacia do Rio Paracatu.** Pesquisa Agropecuária Tropical, nº 33, 2003.

SILVEIRA, C. T.; OKA-FIORI, C; ZAI, C. **Mapeamento de declividade de vertentes: aplicação na APA de Guaratuba / Paraná.** In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, VI; Regional Conference on Geomorphology, 2006, Goiânia. **Anais**, Goiânia : SINAGEO, 2006a.

SOUZA, M.P. **Instrumentos de gestão ambiental: Fundamentos e práticas.** São Carlos: Ed. Riani Costa. 2000.

SPÖRL, C. **Análise da Fragilidade Ambiental Relevo-Solo com Aplicação de Três Modelos Alternativos nas Altas Bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata.** Dissertação de Mestrado. São Paulo: FFLCH – USP, 2001.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** FIBGE, Rio de Janeiro, 1977.

VISBISKI, V.N. **Sistemas silvipastoris em Imaruí-SC: a construção de um sonho comum.** Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas (Dissertação de mestrado) Florianópolis 2003. 144 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.