

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE RONDÔNIA**



**NÚCLEO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO  
REGIONAL E MEIO AMBIENTE**

**Vulnerabilidade Natural à Erosão da Folha Presidente Médici -  
Rondônia.**

**LUIZ GILBERTO DALL'IGNA**

**PORTO VELHO 2005**

## Ficha Catalográfica

D147v DALL`IGNA, Luiz Gilberto  
Vulnerabilidade natural à erosão da Folha Presidente Médici -  
Rondônia/Luiz Gilberto Dall`Igna\_ – Porto Velho, Fundação  
Universidade Federal de Rondônia. Núcleo de Ciências e Tecnologia,  
2005.

138p. ilustr.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio  
Ambiente)–Núcleo de Ciências e Tecnologia. Programa de Pós-  
Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Fundação  
Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2005.

Orientador: Prof. Dr. Vanderlei Maniesi

1. MEIO AMBIENTE. 2. GEOPROCESSAMENTO. 3.

VULNERABILIDADE. 4. EROSÃO. 5. RONDÔNIA. I. Título.

**Bibliotecária Responsável: Terezinha de Jesus Fôro – CRB-11ª Região/ 304**

LUIZ GILBERTO DALL'IGNA

**Vulnerabilidade Natural à Erosão da Folha Presidente Médici -  
Rondônia.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, área de concentração: Diagnóstico Ambiental e Biodiversidade, linha de pesquisa: Monitoramento Ambiental. Núcleo de Ciências e Tecnologia da Fundação Universidade Federal de Rondônia, Orientador: Prof. Dr. Vanderlei Maniesi.

Porto Velho

2005

Dedico esta dissertação aos meus pais,  
Jayme (*in memorian*), Maria (*in  
memorian*), à minha esposa Anelore, e  
aos meus filhos Leonardo, Raquel e  
Fernando.

## Agradecimentos

Agradeço sinceramente a todos os colegas e professores que direta ou indiretamente contribuíram, colaboraram e incentivaram para a realização desse trabalho em especial ao professor Vanderlei, aos colegas do SIPAM, Angelo, Janete, Fábio e Marcelo, e aos colegas da CPRM, Terezinha e Gilmar. Finalmente agradeço as instituições que tenho vínculo profissional a CPRM e o SIPAM que permitiram a minha participação no curso de mestrado.

## SUMÁRIO

ÍNDICE	vii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xiv
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II - MATERIAIS E MÉTODOS	14
CAPÍTULO III – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
CAPÍTULO IV – ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	39
CAPÍTULO V – CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS, INTEGRAÇÃO E PROCESSAMENTO DE DADOS	70
CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES	127
CAPÍTULO VII – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129

# ÍNDICE

## CAPÍTULO I

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	1
1.1. GENERALIDADES	1
1.2. OBJETIVOS	8
1.3. ÁREA DE ESTUDO	9
1.4. SELEÇÃO DO TEMA E DO ESTUDO DE CASO	13

## CAPÍTULO II

<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	14
2.1. ACERVO BIBLIOGRÁFICO	14
2.2. BASE DE DADOS	15
2.3. SOFTWARE DE GEOPROCESSAMENTO UTILIZADO	17
<b>2.3.1. Modelo Conceitual do SPRING</b>	18
<b>2.3.2. Arquitetura dos Sistemas de Informações Geográficas</b>	20
<b>2.3.3. Linguagem LEGAL</b>	21
2.4. MÉTODOS	22

## CAPÍTULO III

<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	25
3.1. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	25
3.2. GEOPROCESSAMENTO	30
3.3. SENSORIAMENTO REMOTO	32
3.4. TOPOLOGIA	33
3.5. ESTRUTURAS DE DADOS	35

3.6. MAPA DE DISTÂNCIA	36
3.7. ÁLGEBRA DE MAPAS	37

## CAPÍTULO IV

<b>4. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS</b>	39
4.1. CLIMA	39
4.2. CONTEXTO GEOLÓGICO	41
<b>4.2.1. Paleoproterozóico</b>	41
<i>4.2.1.1. Complexo Jamari (PMj)</i>	41
<b>4.2.2. Mesoproterozóico</b>	45
<i>4.2.2.1. Suíte Intrusiva Serra da Providência (Msp / Msp(gb))</i>	45
<i>4.2.2.2. Grupo Nova Brasilândia (Mrb, Mmg e Mmg(cs))</i>	47
<i>4.2.2.3. Suíte Intrusiva Rio Pardo (Mrp)</i>	47
<i>4.2.2.4. Formação Palmeiral (Mnp)</i>	49
<b>4.2.3. Fanerozóico</b>	50
<i>4.2.3.1. Formação Pimenta Bueno (PCpb)</i>	50
<b>4.2.4. Cenozóico</b>	51
<i>4.2.4.1 Coberturas Sedimentares Indiferenciadas (TQi)</i>	51
<i>4.2.4.2. Depósitos Aluvionares (Qha)</i>	53
4.3. COBERTURA VEGETAL	54
<b>4.3.1. Florestas Ombrófilas</b>	54
<b>4.3.2. Formações Pioneiras</b>	58
<b>4.3.3. Savanas / Cerrados</b>	59
<b>4.3.4. Áreas de Contato</b>	61
4.4. GEOMORFOLOGIA	62
<b>4.4.1. Planícies Aluviais e Depressões (A)</b>	62
<b>4.4.2. Unidades Denudacionais (D)</b>	65
<b>3.4.3. Unidades Estruturais/Denudacionais (S)</b>	67
4.5. SOLOS	67



<b>4.5.1. Cambissolo</b>	69
<b>4.5.2. Regossolo Distrófico</b>	69
<b>4.5.3. Gleyssolo Distrófico</b>	69
<b>4.5.4. Hidromórfico Cinzento</b>	69

## **CAPÍTULO V**

<b>5. CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS, INTEGRAÇÃO E PROCESSAMENTO DE DADOS</b>	70
5.1. INTRODUÇÃO	70
5.2. AQUISIÇÃO DE DADOS DE DIVERSAS FONTES	70
5.3. CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS	72
<b>5.3.1. Importação dos Arquivos DXF</b>	74
<b>5.3.2. Importação dos Shapefiles</b>	74
<b>5.3.3. Importação das Imagens</b>	76
5.4. INTEGRAÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS	78
<b>5.4.1. Refinamento da Grade de MNT e Geração de Imagem Sombreada</b>	79
<b>5.4.2. Geração de Imagem Híbrida</b>	80
<b>5.4.3. Análise e Reinterpretação dos Dados Temáticos</b>	80
<b>5.4.4. Atribuição dos Índices</b>	83
<b>5.4.5. Elaboração dos Mapas de Evidências</b>	90
<b>5.4.6. Elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Natural à Erosão</b>	106
5.5. DISCUSSÕES	116

## **CAPÍTULO VI**

<b>6. CONCLUSÕES</b>	127
----------------------	-----

## **CAPÍTULO VII**

<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	129
--------------------------------------	-----

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Carta-imagem da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici, ano 1990	3
Figura 2	Carta-imagem da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici, ano 1995	4
Figura 3	Carta-imagem da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici, ano 2000	5
Figura 4	Carta-imagem da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici, ano 2003	6
Figura 5	Carta-imagem da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici, ano 2004	7
Figura 6	Localização da área de estudo	10
Figura 7	Base Cartográfica da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici	11
Figura 8	Divisão Municipal da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici	12
Figura 9	Modelagem segundo o paradigma dos quatro universos	18
Figura 10	Estrutura Geral de Sistema de Informação Geográfica	20
Figura 11	Principais Relações Topológicas entre Objetos	34
Figura 12	Mapas de Distâncias elementares ao redor de ponto (a), linha (b) e polígono (c)	37
Figura 13	Mapa de Precipitação da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici	42
Figura 14	Mapa Geológico da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici	43
Figura 15	Mapa de Vegetação da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici	55
Figura 16	Mapa Geomorfológico da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici	63
Figura 17	Mapa de Solos da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici	68
Figura 18	Custos de um GIS	72
Figura 19	Modelo Digital do Terreno em Cores da Folha SC.20-Z-C - Presidente Médici	77
Figura 20	Bloco diagrama da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici	78
Figura 21	Imagem Sombreada da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici	81
Figura 22	Imagem Híbrida LandSat/SRMT da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici	82
Figura 23	Mapa de Distâncias de Falhas e Fraturas da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici	85

Figura 24	Mapa Geológico no Modelo Numérico	92
Figura 25	Mapa de Distâncias de Fraturas e Falhas no Modelo Numérico	95
Figura 26	Mapa de Geologia e Distâncias de Fraturas no Modelo Numérico	97
Figura 27	Mapa de Vegetação no Modelo Numérico	99
Figura 28	Mapa de Geomorfologia no Modelo Numérico	102
Figura 29	Mapa de Solos no Modelo Numérico	105
Figura 30	Mapa de Precipitação no Modelo Numérico	107
Figura 31	Seqüência utilizada na elaboração do mapa de Vulnerabilidade	109
Figura 32	Mapa de Vulnerabilidade no Modelo Numérico	110
Figura 33	Mapa de Vulnerabilidade Natural à Erosão - 21 Classes	114
Figura 34	Mapa Final de Vulnerabilidade Natural à Erosão	117
Figura 35	Gráfico do Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão	118
Figura 36	Gráfico do Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão em Terras Indígenas da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici	119
Figura 37	Gráfico do Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão em Áreas de Assentamentos do INCRA na Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici	120
Figura 38	Vulnerabilidade Natural à Erosão associada à rede de drenagem, detalhe da porção SW da Folha SC.20-Z-C	122
Figura 39	Segunda Aproximação do Zoneamento Socioeconômico e Ecológico da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici	123
Figura 40	Gráfico do Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão em áreas da Zona 1.1 do Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico na Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici	124
Figura 41	Gráfico do Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão em Áreas da Zona 1.2 do Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico na Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici.	125
Figura 42	Gráfico do Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade	125

	Natural à Erosão em Áreas da Zona 2.1 do Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico na Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici.	
Figura 43	Gráfico do Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão em Áreas da Zona 2.1 do Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico na Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici.	126
	Natural à Erosão em Áreas da Zona 3.2 do Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico na Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici.	
Figura 44	Gráfico do Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão em Áreas da Zona 3.2 do Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico na Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici.	126
	Natural à Erosão em Áreas da Zona 3.3 do Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico na Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici.	

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Série histórica de imagens de satélites	2
Tabela 2	Dados Temáticos utilizados	15
Tabela 3	Imagens utilizadas	16
Tabela 4	Avaliação da Estabilidade das Categorias Morfodinâmicas	23
Tabela 5	Características observadas para avaliar a vulnerabilidade à perda de solo das unidades de paisagem	24
Tabela 6	Índices de Geologia	84
Tabela 7	Índices de Buffer de Falhas	84
Tabela 8	Índices de Vegetação	86
Tabela 9	Índices de Geomorfologia	87
Tabela 10	Índices de Solos	88
Tabela 11	Índices de Intensidade Pluviométrica	89
Tabela 12	Classes de Vulnerabilidade	111
Tabela 13	Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão	118
Tabela 14	Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão nas Terras Indígenas Uru-Eu-Wau-Wau e Rio Branco na Folha SC.20-Z-C	119
Tabela 15	Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão nos Assentamentos do INCRA na Folha SC.20-Z-C	120
Tabela 16	Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão em relação ao Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico para Folha SC.20-Z-C.	124

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASI - Agência Espacial Italiana

BDG - Banco de Dados Geográfico

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DBF - Data Base File

DPI - Divisão de Processamento de Imagens

DXF - Drawing Interchange Files

ETM<sup>+</sup> - Enhanced Thematic Mapper, Plus

GIS - Geographic Information Systems

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LEGAL - Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra

PDF - Adobe Portable Format

MDE - Modelo Digital de Elevação

NASA - National Aeronautics and Space Administration

NGA - National Geospatial-Intelligence Agency

PLANAFLORO - Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia

RADAMBRASIL - Radar na Amazônia (RADAM) que a partir de 1975 passou a se chamar RADAMBRASIL

RISC - Estações de trabalho UNIX

SEDAM - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental

SEPLAD - Secretaria de Estado do Planejamento, Coordenação Geral e Administração

SHAPEFILE - Formato dos arquivos provenientes do software ArcView, compreendendo arquivos com feições vetoriais (formatos .shp, .shx, .sbx e sbn) e suas tabelas associadas em formato Dbase (\*.dbf)

SGBD - Sistemas de Gerenciamento de Bancos de Dados

SIG - Sistema de Informações Geográficas

SIPAM - Sistema de Proteção da Amazônia

SPRING - Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

TM - Thematic Mapper

Resumo da Dissertação apresentada à UNIR como parte integrante dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente.

**Vulnerabilidade Natural à Erosão da Folha Presidente Médici -  
Rondônia.**

Luiz Gilberto Dall'Igna

Novembro/2005

Orientador: Professor Vanderlei Maniesi

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente –  
Área de Concentração em Diagnóstico Ambiental e Biodiversidade

Esta Dissertação de Mestrado apresenta um estudo de vulnerabilidade natural à erosão, utilizando a metodologia de Crepani *et al.* 1996, na Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici, Estado de Rondônia, com os dados de solo, geologia, vegetação e clima, do PLANAFLORO e de outros órgãos visando à identificação de áreas vulneráveis de forma que esses indicadores ambientais possam ser utilizados na tomada de decisões sobre ações corretivas minimizando os danos causados pela ação antrópica expressiva na região.



University of Rondônia

Post-Graduate Program in Regional Development and Environment

Concentration Area in Environmental Diagnosis and Biodiversity

**Natural Vulnerability to Erosion in the Map Sheet of Presidente Médici  
- State of Rondônia**

by

**Luiz Gilberto Dall'Igna**

Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science  
(M.Sc.) in Regional Development and Environment.

**SUMMARY**

This Dissertation of Master's degree presents a study of natural vulnerability to erosion, according to the Crepani et al. (1996) methodology, based on the map sheet SC.20-Z-C – Presidente Médici, in the State of Rondônia. The study uses soil, geology, vegetation and climate data, of PLANAFLORO and of other organizations, seeking to the identification of vulnerable areas so that those environmental indicators can be used in the decision making about corrective actions to minimize the damages caused by the expressive human action in the area.

Advisor: Dr. Vanderlei Maniesi

Porto Velho – Rondônia  
November/2005

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. GENERALIDADES

Nos últimos trinta anos o Estado de Rondônia tem sido palco do desenvolvimento de variados tipos de atividades econômicas, como agropecuária, extrativismo vegetal, extrativismo mineral, expansão urbana e industrial e outras. Embora inerentes e imprescindíveis ao processo de desenvolvimento de qualquer região, tais atividades, indispensáveis ao homem, vem afetando de maneira significativa o meio ambiente.

Os danos causados pelo desmatamento, extração de árvores para a indústria, extração mineral, projetos de colonização, grandes obras de infra-estrutura podem ser quantificados e monitorados com técnicas modernas de análise espacial de dados georreferenciados visando à construção de modelos que representem a abstração da realidade. O objetivo deste conjunto de metodologias é dar suporte ao planejamento e à tomada de decisão através da visualização e/ou monitoramento de fenômenos relacionados ao meio físico e biótico. Conforme relacionado na Tabela 1 pode-se

observar uma série histórica de imagens de diversos satélites e sensores destacando o desmatamento ocorrido na região enfocada ao longo dos últimos 14 anos.

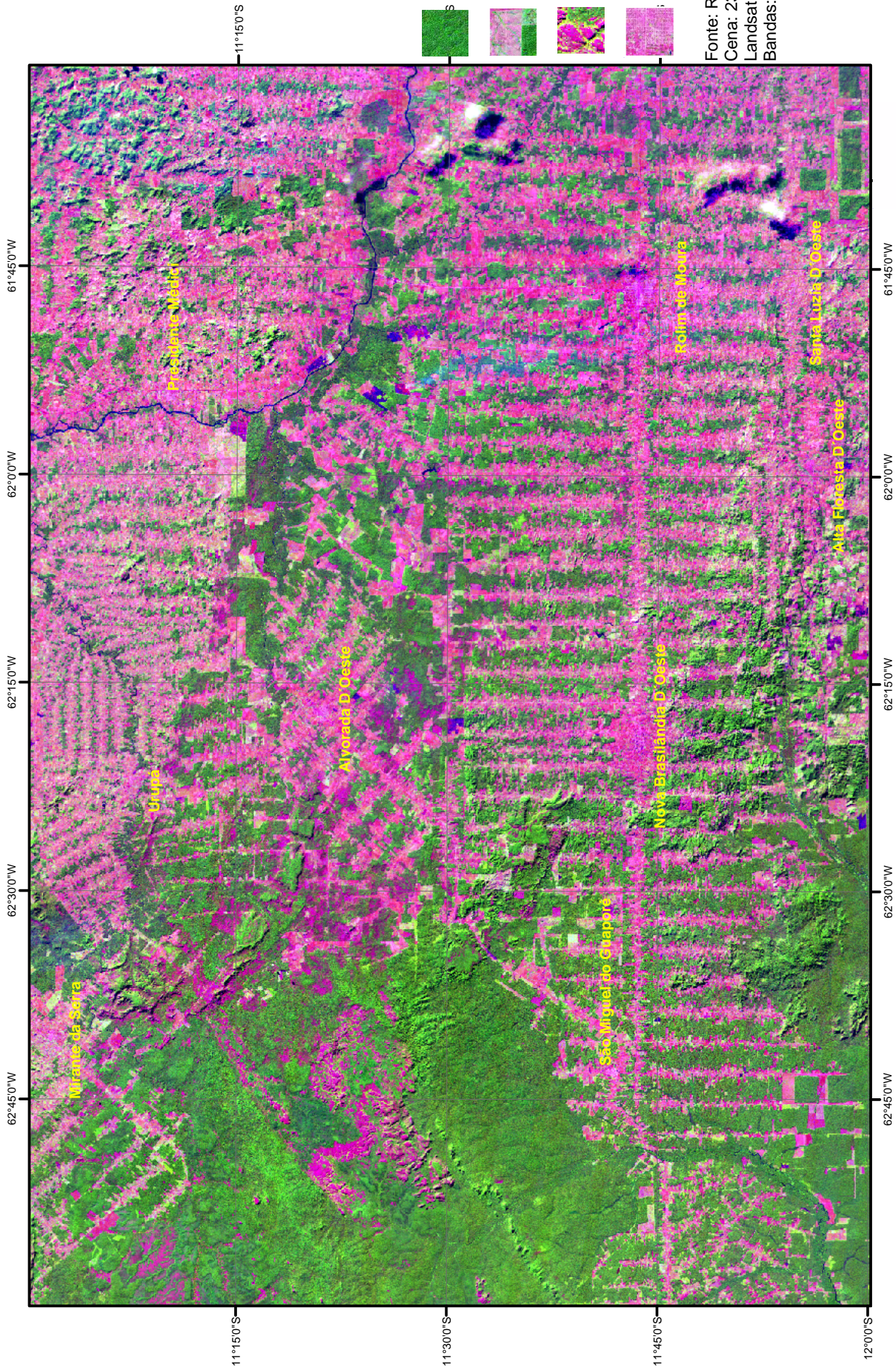
**Tabela 1 – Série histórica de imagens de satélites.**

<b>Discriminação</b>	<b>Satélite</b>	<b>Sensor</b>	<b>Ano</b>	<b>Figura</b>
	Landsat 5	TM	1990	Figura 1
	Landsat 5	TM	1995	Figura 2
Folha SC.20-Z.C – Presidente Médici	Landsat 7	ETM+	2000	Figura 3
	Landsat 5	TM	2003	Figura 4
	Landsat 5	TM	2004	Figura 5





O Desenvolvimento Sustentável começa pelo planejamento, e para o mesmo ser bem sucedido faz-se necessário manusear uma grande quantidade de dados, organizados sistematicamente, das mais diversas fontes, de maneira rápida e segura, gerando informações e facilitando a elaboração de mapas temáticos. Desta forma, os planejadores podem utilizar-se dos Sistemas de Informações Geográficas – SIG's que, ainda, permitem a implementação de modelos matemáticos e/ou probabilísticos e a criação de diferentes cenários. Isso permite consultar, cruzar, tratar informações, criar modelos e tomar decisões, aumentando, assim, com maior rapidez, confiabilidade, economia e agilidade, as chances de se obter êxito em seu planejamento. A dimensão e complexidade da crescente expansão das atividades antrópicas sobre o meio ambiente, demandam cada vez mais por tecnologias de manejo ambiental e um planejamento muito consistente. O geoprocessamento surge neste contexto como uma ferramenta poderosa de mapeamento, monitoramento de recursos naturais e de tomada de decisões. O geoprocessamento é usado para visualizar o problema, possibilitando observar, manipular e estudar os relacionamentos geográficos envolvidos, e também, pode apresentar alternativas à solução do problema considerado.



Figura 1 - Carta-imagem da Folha SC-20-Z-C - Presidente Médici, ano 1990



**Legenda**

-  Floresta
-  Desmatamento
-  Não floresta natural
-  Área urbana

Fonte: Rondônia, 2002  
Cena: 231/68 e 230/68  
Landsat 5 - ano 1995  
Bandas: 5 (R), 4 (G) e 3 (B)



Sistema de Projeção UTM  
Datum horizontal SAD69  
2005

Figura 2 - Carta-imagem, da Folha SC.20-Z-C - Presidente Médici, ano 1995

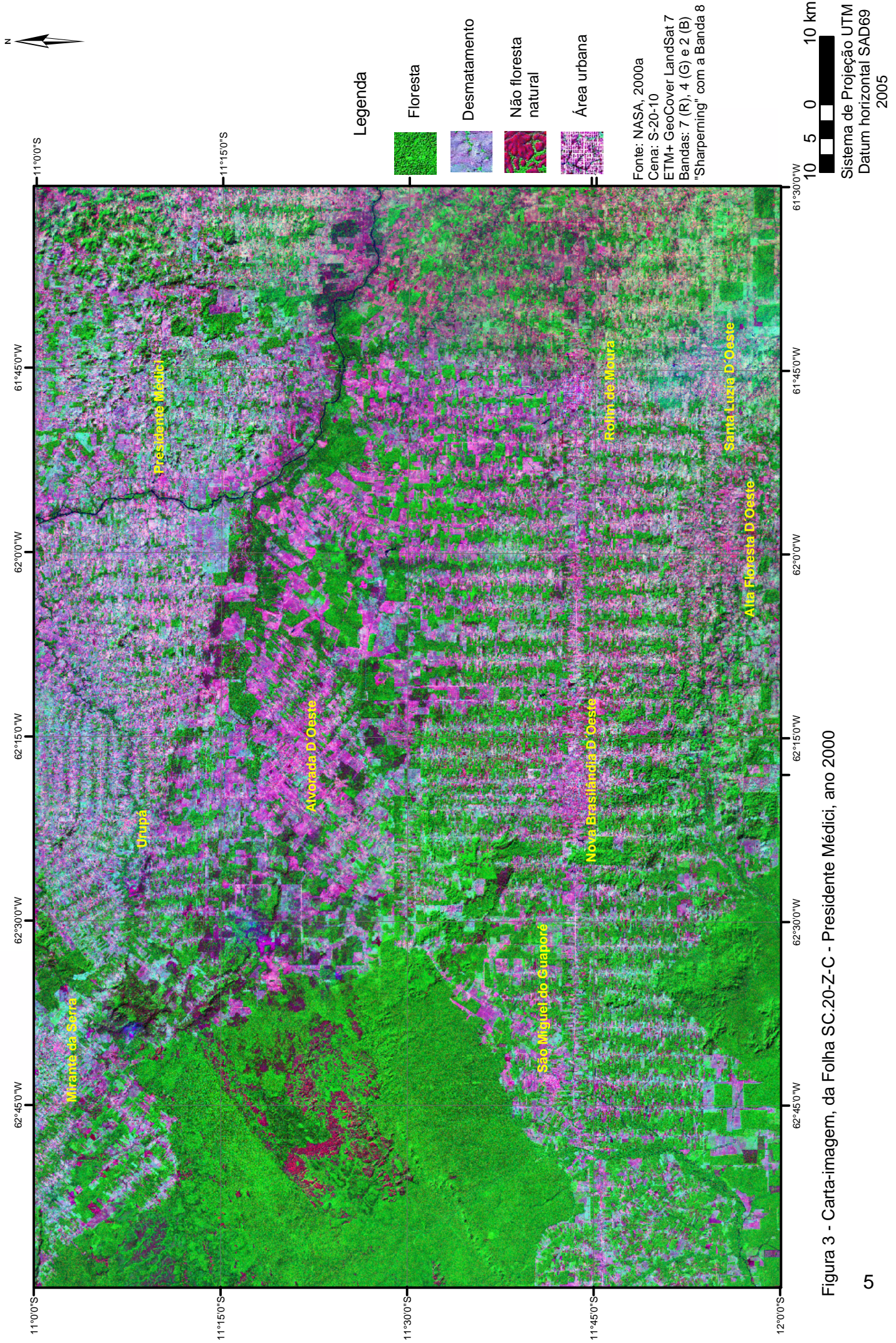


Figura 3 - Carta-imagem, da Folha SC.20-Z-C - Presidente Médici, ano 2000

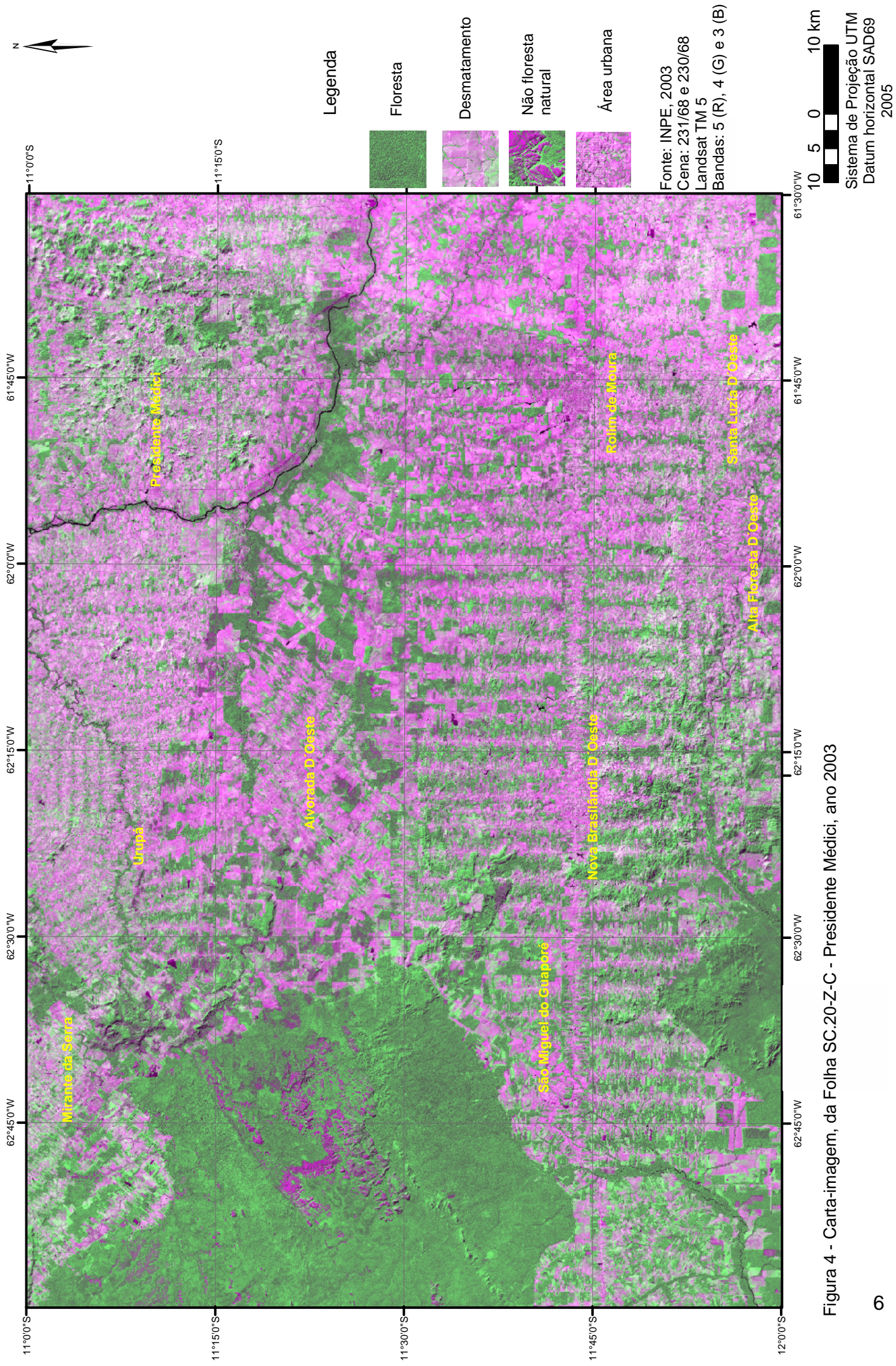


Figura 4 - Carta-imagem, da Folha S.C.20-Z-C - Presidente Médici, ano 2003

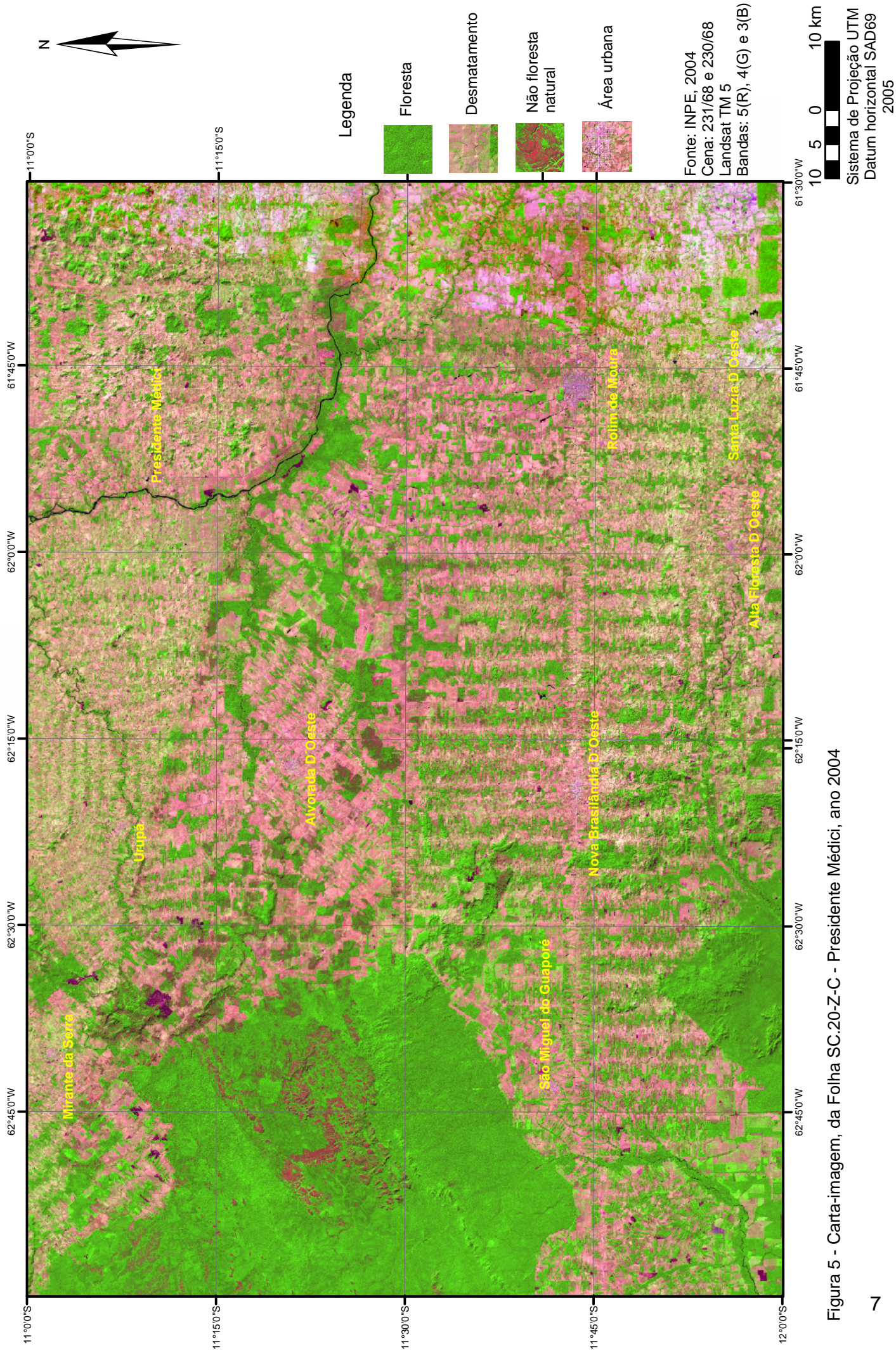


Figura 5 - Carta-imagem, da Folha SC.20-Z-C - Presidente Médici, ano 2004



As técnicas de geoprocessamento têm avançado significativamente nos últimos anos e sua utilização tem importância fundamental para o gerenciamento dos recursos naturais. O geoprocessamento emprega, na maioria de suas aplicações, um banco de dados para armazenagem e recuperação de informações, o qual pode também ser aproveitado para gerar outras formas de análises de dados, gerar novas informações e facilitar a tomada de decisões.

É extraordinária a quantidade de informações possíveis de serem extraídas de um banco de dados geográficos. O Estado de Rondônia é detentor de um acervo de dados resultantes de estudos e pesquisas desenvolvidas por órgãos governamentais, e outras instituições, nas mais diversas áreas do conhecimento, que podem ser utilizadas por um SIG de modo a possibilitar novas formas de apresentação e análise de dados. Um exemplo é o Banco de Dados do PLANAFLORO - Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia (Rondônia, 2002), que recebeu dados de levantamentos de campo para todo o Estado, na escala 1:250.000, em diferentes áreas como: pedologia, aptidão agrícola, geologia, geomorfologia, uso e ocupação do solo (áreas urbanas, áreas de pastagens, áreas com agricultura, vias de acesso), situação e estrutura fundiária, climatologia, hidrologia, hidrogeologia, vegetação (inventário florestal e florístico), fauna (ictiofauna, mastofauna, herpetofauna, avifauna, entomologia de vetores e agrícola), socioeconomia (demografia, PIB, infra-estrutura social e econômica, setores produtivos), vulnerabilidade ambiental, sistemas naturais e socioeconômicos e o zoneamento (OTT, 2002).

## 1.2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é avaliar a Vulnerabilidade Natural à Erosão na área correspondente a Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici empregando a metodologia proposta por Crepani *et al.* (1996), utilizando os dados disponíveis nas mais diversas fontes, principalmente do Banco de Dados Geográficos do PLANAFLORO, dados da CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, do SIPAM – Sistema de

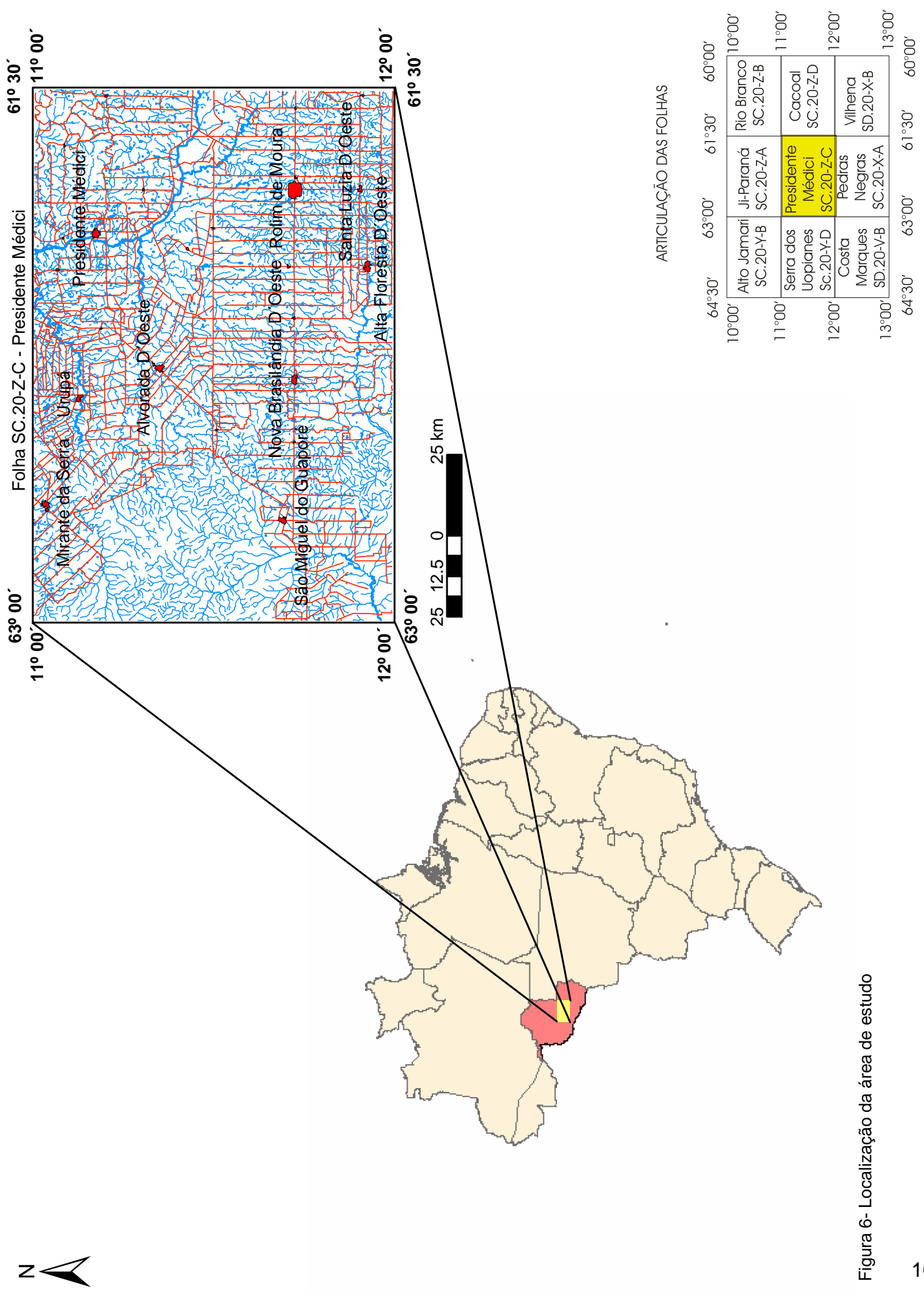
Proteção da Amazônia e da SEDAM – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental e imagens do INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e da NASA - *National Aeronautics and Space Administration*.

### 1.3. ÁREA DE ESTUDO

A área coincide com o corte cartográfico internacional da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici, escala 1:250.000 (Figura 6), sendo delimitada pelas coordenadas 11° 00' 00" e 12° 00' 00" de latitude Sul e 63° 00' 00" e 61° 30' 00" de longitude Oeste de Greenwich. A sua escolha se justifica pela grande ação antrópica observada nesta área originada pela colonização.

A especialização das drenagens, estradas, manchas urbanas, assentamentos do INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, e as Áreas Especiais como Parque Nacional dos Pacaás Novos, Terras Indígenas Rio Branco e Uru-Eu-Wau-Wau, podem ser vistos na Figura 7.

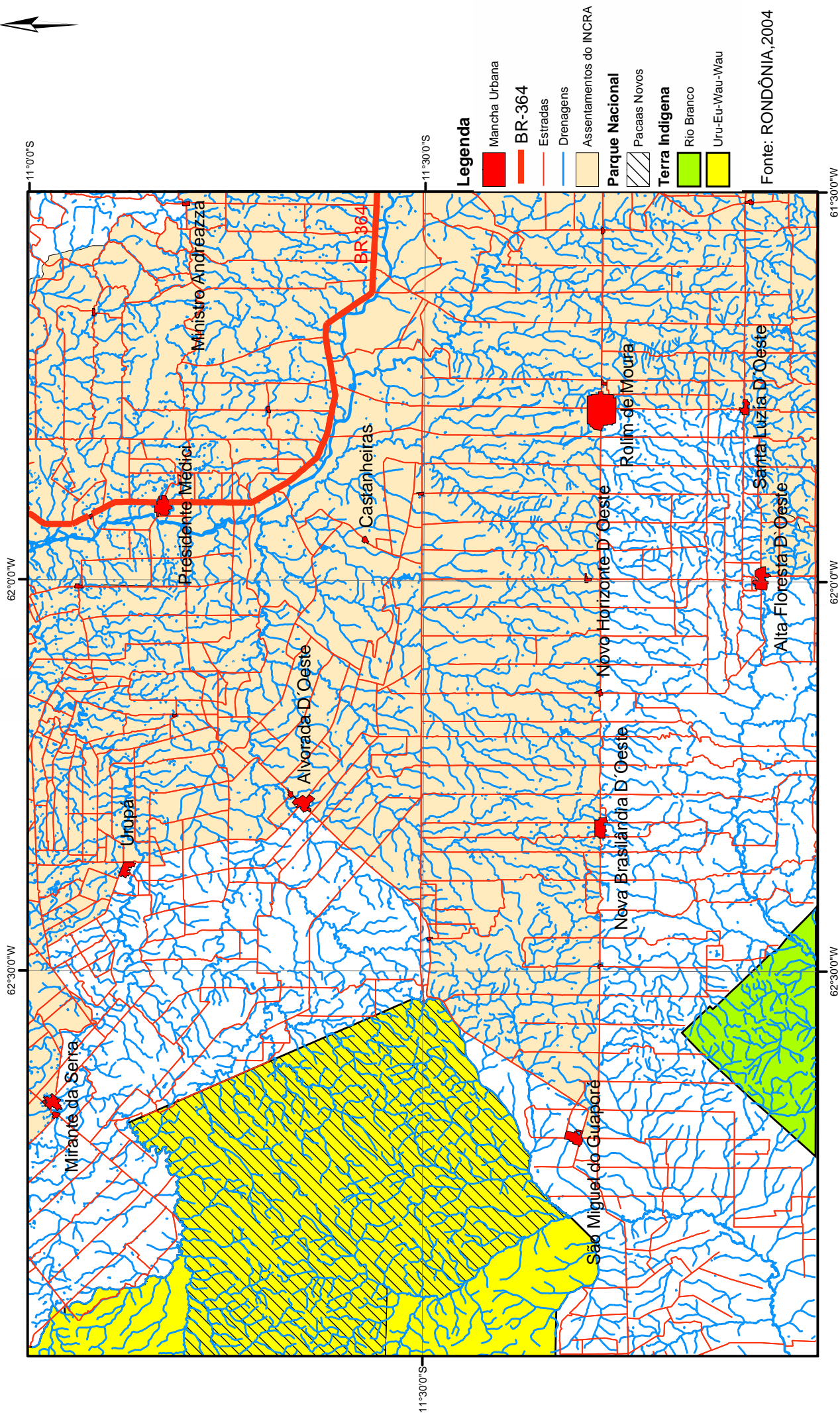
A Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici abrange os municípios de Castanheiras, Nova Brasilândia D'Oeste, Novo Horizonte do Oeste e Rolim de Moura e abrange parcialmente os municípios de Alto Alegre do Parecis, Alvorada D'Oeste, Cacoal, Costa Marques, Jaru, Ji-Paraná, Ministro Andreazza, Mirante da Serra, Nova União, Pimenta Bueno, Presidente Médici, Santa Luzia D'Oeste, Seringueiras, São Felipe D'Oeste, São Miguel do Guaporé, Teixeiraópolis e Urupá conforme pode-se observar na Figura 8.











ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

10°00'	64°30'	63°00'	61°30'	60°00'	10°00'
	Alto Jamari SC.20-Y-B	Ji-Paraná SC.20-Z-A	Rio Branco SC.20-Z-B		
11°00'		<b>Presidente Médici SC.20-Z-C</b>	Cacoiá SC.20-Z-D		11°00'
12°00'	Costa Marques SD.20-V-B	Pedras Negras SC.20-X-A	Vilhena SD.20-X-B		12°00'
13°00'					13°00'
	64°30'	63°00'	61°30'	60°00'	

Figura 6- Localização da área de estudo




**Legenda**

-  Mancha Urbana
-  BR-364
-  Estradas
-  Drenagens
-  Assentamentos do INCRA
- Parque Nacional**
  -  Pacaas Novos
- Terra Indígena**
  -  Rio Branco
  -  Uru-Eu-Wau-Wau

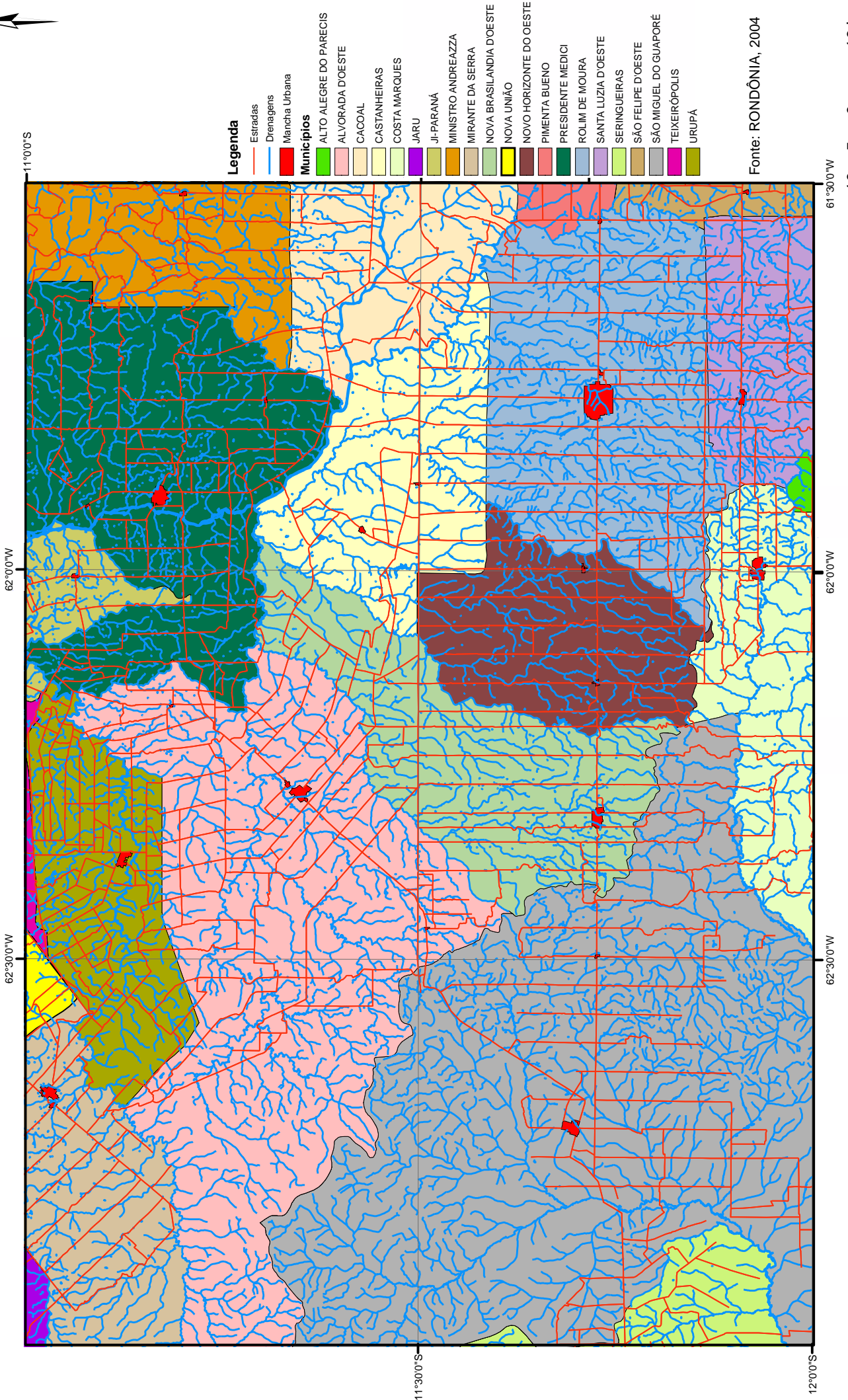
Fonte: RONDÔNIA, 2004

10 5 0 10 km



Sistema de Projeção UTM  
Datum horizontal SAD69  
2005

Figura 7 - Base Cartográfica da Folha SC.20-Z-C - Presidente Médici



**Legenda**

- Estradas
- Drenagens
- Mancha Urbana
- Municípios**
- ALTO ALEGRE DO PARECIS
- ALVORADA D'OESTE
- CACOAL
- CASTANHEIRAS
- COSTA MARQUES
- JARU
- JI-PARANÁ
- MINISTRO ANDREAZZA
- MIRANTE DA SERRA
- NOVA BRASÍLIA D'OESTE
- NOVA UNIÃO
- NOVO HORIZONTE DO OESTE
- PIMENTA BUENO
- PRESIDENTE MÉDICI
- ROLIM DE MOURA
- SANTA LUZIA D'OESTE
- SERINGUEIRAS
- SÃO FELIPE D'OESTE
- SÃO MIGUEL DO GUAPORÉ
- TEIXEIRÓPOLIS
- URUPÁ

Fonte: RONDÔNIA, 2004

10 5 0 10 km  
Sistema de Projeção UTM  
Datum horizontal SAD69  
2005

Figura 8 - Divisão Municipal da Folha SC.20-Z-C - Presidente Médici

#### 1.4. SELEÇÃO DO TEMA E DO ESTUDO DE CASO

Remontam a década de setenta as primeiras iniciativas mundiais de se utilizar um SIG. Contudo as técnicas de geoprocessamento estão sendo muito pouco aplicadas no Estado de Rondônia, e a sua utilização deve ser incentivada e ampliada bem como colocada à disposição de toda a comunidade para os mais diversos fins. O PLANAFLORO, elaborado nos anos noventa, voltado para o desenvolvimento sustentado, sistematizou todas as informações levantadas em um SIG e em bancos de dados temáticos, ou seja, uma base de dados para cada tema, um para geologia, outro para solos e assim por diante, que combinado com informações de outras instituições permitem a elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Natural à Erosão.

A área abrangida pela Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici foi inicialmente uma região preferencial para assentamento do INCRA, onde se teve grande extensão ocupada, além de ser cortada pela BR 364, fator determinante na ação antrópica às margens da rodovia e nela ocorrem áreas preservadas das Terras Indígenas Rio Branco e Uru-Eu-Wau-Wau que sobrepõe totalmente o Parque Nacional Picaas Novos.

O estudo da vulnerabilidade à erosão visa a definição de áreas com necessidade de cuidados especiais, preservação e monitoramento, orientando desta forma, um melhor planejamento de ocupação para a região com o adequado uso das terras aos limites e potenciais das classes de vulnerabilidade indicadas.

# CAPÍTULO II

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo é feita uma abordagem referente aos materiais empregados nesta dissertação e do método utilizado para expressar a vulnerabilidade natural à erosão.

### 2.1. ACERVO BIBLIOGRÁFICO

O levantamento foi realizado nas bibliotecas da CPRM, UNIR, PLANAFLORO, nos livros particulares do autor e na Internet, sendo constatada a existência de grande volume de material bibliográfico, necessitando uma triagem de todos os assuntos que fornecessem subsídios indispensáveis ao estudo proposto.

Os dados foram selecionados de acordo com o objetivo da pesquisa, preferencialmente o mais atualizado, uma vez que existem dados do mesmo tema em diferentes fontes.

## 2.2. BASE DE DADOS

A principal fonte de dados utilizados nesta dissertação foi o Banco de Dados do PLANAFLORO, disponibilizado ao Centro Técnico e Operacional de Porto Velho do SIPAM, pela SEPLAD – Secretaria de Estado do Planejamento, Coordenação Geral e Administração, em 37 CD's. Foram utilizados também, dados da CPRM, INPE e NASA (Tabelas 2 e 3).

**Tabela 2 – Dados Temáticos utilizados.**

<b>Tema</b>	<b>Formato</b>	<b>Fonte</b>	<b>Descrição</b>	<b>Escala</b>
Vegetação	Digital	Rondônia, 2002	Mapa de Vegetação no formato Shapefile e textos.	1:250.000
Geomorfologia	Digital	Rondônia, 2002	Mapa Geomorfológico no formato Shapefile e textos.	1:250.000
Solos	Digital	Rondônia, 2002	Mapa de Solos no formato Shapefile e textos.	1:250.000
Geologia	Digital	CPRM, 2003	Mapa Geológico no formato DXF e textos.	1:250.000
Clima	Digital	Rondônia, 2002/ Gama & Saraiva, 2004	Mapa de Precipitação no formato Shapefile e textos.	1:250.000
Base Cartográfica	Digital	Rondônia, 2004	Base cartográfica completa no formato Shapefile.	1:100.000



**Tabela 3 – Imagens utilizadas.**

<b>Formato</b>	<b>Fonte</b>	<b>Descrição</b>	<b>Resolução Espacial</b>
Digital	NASA, 1990	Imagem TM 5 Landsat, bandas 7, 4 e 2, mosaico GeoCover S-20-10 – ano 1990.	28,5m.
Digital	NASA, 2000	Imagem ETM+ 7 – Landsat bandas 7, 4 e 2 “Sharpening” com a banda 8, mosaico GeoCover S-20-10 – ano 2000.	14,25m.
Digital	Rondônia, 2002	Imagem TM 5 – Landsat, bandas 3, 4 e 5, órbita/ponto 230/68 e 231/68 – ano 1995.	30m.
Digital	INPE, 2003	Imagem TM 5 – Landsat, bandas 3, 4 e 5, órbita/ponto 230/68 e 231/68 – ano 2003 - Projeto Prodes Digital.	30m.
Digital	INPE, 2004	Imagem TM 5 – Landsat, bandas 3, 4 e 5, órbita/ponto 230/68 e 231/68 – ano 2004 - Projeto Prodes Digital.	30m.
Digital	NASA, 2000	Imagens SRTM cenas s12w63 e s12w62 – ano 2000.	90m.

O volume de dados disponibilizado é muito grande e exigiu uma atenção especial na sua utilização para não desviar o foco da pesquisa. Moura (2003, p.6) aborda esse aspecto:

*“Um pesquisador, hoje, vê-se as voltas com essa massa de dados a serem manipulados e correlacionados na busca de respostas e há, também, o perigo de que se tornem um labirinto, no qual o encantamento com a nova tecnologia cegue o pesquisador e dificulte, ainda mais, o reconhecimento da saída. Há o risco de se*

*supervalorizar os meios em detrimento dos fins e, nas paredes de um labirinto metodológico, perde-se todo o ganho obtido com a evolução tecnológica.”*

Procurou-se, desta forma, utilizar somente os dados que foram julgados necessários para a elaboração do mapa de vulnerabilidade natural à erosão.

### 2.3. SOFTWARE DE GEOPROCESSAMENTO UTILIZADO

O trabalho foi desenvolvido no SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) versão 4.1 para Windows, disponível para download em < <http://www.dpi.inpe.br/spring/> > (Camara et al. 1996). O SPRING é um software de livre distribuição desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens - DPI do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, concebido como um SIG de 2ª geração, com as seguintes características (NETGIS-Geoprocessamento e Informática Ltda., volume 1, p.1-2, 1998):

- ✓ *“Opera como um banco de dados geográfico sem fronteiras e suporta grande volume de dados (sem limitações de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo banco”;*
- ✓ *“Administra tanto dados vetoriais como dados matriciais (raster), e realiza a integração de dados de Sensoriamento Remoto num SIG”;*
- ✓ *“Prove um ambiente de trabalho amigável e poderoso, através da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente programável pelo usuário (LEGAL - Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra)”;*
- ✓ *“Consegue escalonabilidade completa, isto é, ser capaz de operar com toda sua funcionalidade em ambientes que variem desde microcomputadores a estações de trabalho RISC de alto desempenho”.*

Desta forma demonstrou-se que com a utilização de equipamentos simples e um software de livre distribuição é possível trabalhar com um SIG.

### 2.3.1. Modelo Conceitual do SPRING

O modelo de dados descreve como a realidade geográfica será representada no sistema, assim o modelo de dados é representado por um conjunto de ferramentas conceituais utilizado para estruturar dados em um sistema computacional.

O processo de modelagem é a forma que se dispõe para traduzir o mundo real em outros domínios. Uma das abordagens úteis para este problema é o chamado “paradigma dos quatro universos” (Medeiros, 1999). A Figura 9 ilustra o paradigma dos quatro universos.

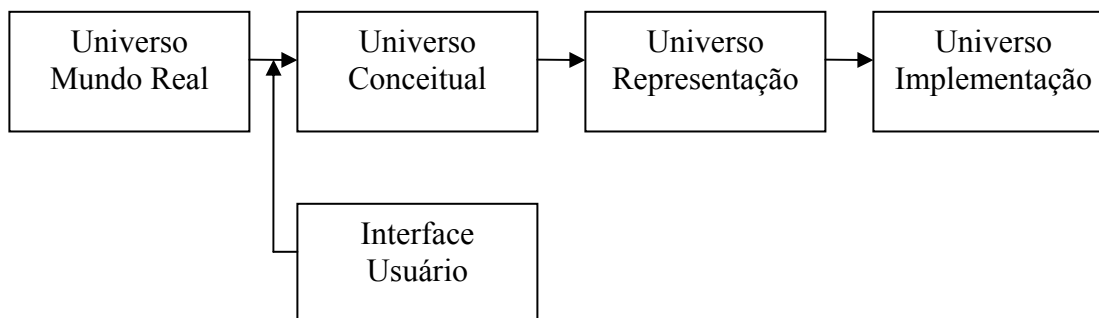


Figura 9 – Modelagem segundo o paradigma dos quatro universos. Fonte: Medeiros, 1999.

Câmara (1996) propôs um modelo de dados para o SPRING, representando uma abordagem unificada das visões de campos e objetos geográficos. O modelo adota o paradigma dos quatro universos. Desta forma, um campo ou objeto geográfico deve ser especificado em nível conceitual e então associado a diferentes representações, em

diferentes estruturas físicas ou formatos, a fim de permitir uma caracterização do dado geográfico que seja próxima à sua conceituação no domínio das aplicações do usuário. No processo conceitual identifica cinco tipos (ou modelos) de dados: temático, numérico, imagem, cadastral e objetos.

O modelo temático refere-se a dados qualitativos, que tipicamente estão associados a propriedades ou atributos de regiões. O modelo numérico refere-se a dados quantitativos que podem assumir valores numéricos. O modelo imagem se refere, tipicamente, a dados de sensores remotos.

O modelo objeto é intimamente relacionado ao conceito de tabela em bancos de dados e está vinculado ao modelo cadastral. Cada categoria de objetos está associada a uma tabela contendo atributos que caracterizam as propriedades de cada objeto representado por uma linha da tabela. O modelo cadastral contém representações vetoriais que deverão ser associadas a objetos de uma ou mais categorias do modelo objeto. Esses modelos são complementares, no sentido que objetos são representados em mapas cadastrais (ou de objetos), já que constituem entidades independentes de representação, projeção e escala. Assim, dados de uma categoria de objetos são associados a polígonos, linhas ou pontos de algum mapa cadastral sempre que necessário.

Os aspectos da modelagem geográfica em nível da representação envolve a escolha das estruturas de dados (vectors, matrizes, trees, etc) que efetivamente dão acesso ao conteúdo do dado; podem existir múltiplas representações para um mesmo objeto ou campo, entretanto, idealmente essas questões devem ser as mais transparentes possíveis para o usuário de SIG.

De uma forma bem resumida no SPRING a realidade geográfica pode ser representada por:

- integrar imagens de sensoriamento remoto e modelos numéricos de terreno com mapas temáticos, mapas cadastrais e redes;
- definir um mapeamento entre objetos geográficos e suas localizações, o que permite a mais de uma informação gráfica estar associada à mesma entidade do mundo real;
- engendrar uma interface de alto nível com conteúdo semântico e,
- permitir a coexistência de representações vetoriais, matriciais e grades num mesmo sistema.

### 2.3.2. Arquitetura dos Sistemas de Informações Geográficas

De acordo com Câmara (1996), a arquitetura de um SIG está dividida em componentes que se relacionam de forma hierárquica, tais como: interface com usuário, entrada e integração de dados, funções de consulta e análise espacial, visualização e plotagem, armazenamento e recuperação de dados (Figura 10).

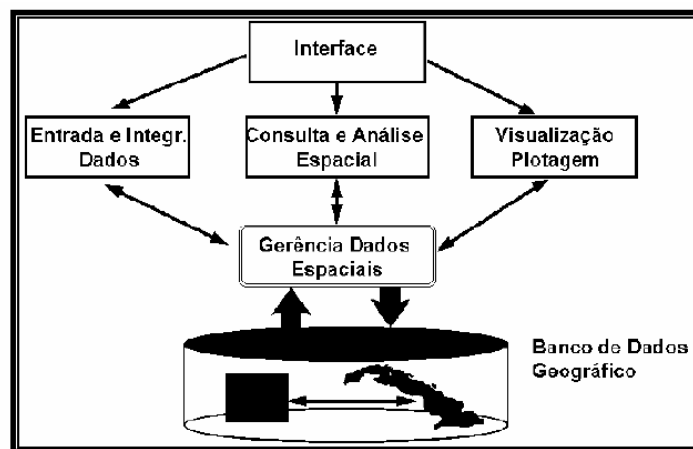


Figura 10 – Estrutura Geral de Sistema de Informação Geográfica. Fonte: Câmara, 1996.

De uma forma simplificada pode-se afirmar que um SIG tem os seguintes componentes:

- Interface com o usuário;
- Entrada e integração de dados;
- Funções de processamento gráfico e de imagens;
- Visualização e plotagem e,
- Armazenamento e recuperação de dados.

*“Estes componentes se relacionam de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerenciamento de banco de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos” Medeiros (1999, p.39).*

### **2.3.3. Linguagem LEGAL**

O que difere um SIG dos outros sistemas de informação são as funções de análise espacial. Estas funções utilizam os atributos espaciais e não espaciais das entidades geográficas da base de dados; gerando cenários e modelos dos fenômenos do mundo real. A álgebra de mapas efetua as operações sobre os diversos tipos de dados no SPRING por meio de uma linguagem de manipulação espacial, denominada LEGAL – Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (NETGIS-Geoprocessamento e Informática Ltda., volume 1, 1998).

O programa é constituído de linhas de comando que são estruturadas em três partes: declarações, instanciações e operações. Na declaração definem-se as variáveis, na instanciação recuperam-se os dados no banco de dados e/ou cria-se novos planos de informação e na operação realizam-se as operações da álgebra de mapas.

## 2.4. MÉTODOS

O método adotado para o desenvolvimento da pesquisa foi baseado na proposta de Crepani *et al.* (1996) que visa à elaboração de mapas da vulnerabilidade natural à erosão fundamentada no conceito de Ecodinâmica (Tricart, 1977). Esse método estabelece uma relação entre os processos de morfogênese e pedogênese e, ainda, utiliza as informações obtidas a partir das imagens de satélites para estudos integrados, com o objetivo de subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico.

Segundo Palmeira, 2004, p. 50:

*“A vulnerabilidade à perda de solo das unidades de paisagem está ligada ao desequilíbrio da dinâmica natural do meio ambiente. Cada componente da paisagem, como Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Clima e a intervenção antrópica, participa desta dinâmica de forma integrada.”*

O mapa de vulnerabilidade para Becker & Egler (1996) retrata a análise do meio físico e biótico para a ocupação racional e uso sustentável dos recursos naturais. Subsídios à gestão territorial podem ser obtidos da associação com os dados de caráter socioeconômicos.

Para a análise de uma unidade de paisagem natural é necessário se conhecer sua gênese, constituição física, forma e estágio de evolução, bem como o tipo da cobertura vegetal que sobre ela se desenvolve. Essas informações são fornecidas pela Geologia,

Geomorfologia, Pedologia e Fitogeografia e precisam estar integradas para que se tenha um retrato fiel do comportamento de cada unidade frente à sua ocupação. Finalmente, é necessário o auxílio da Climatologia para que se conheçam algumas características climáticas da região onde se localiza a unidade de paisagem, a fim de que se anteveja o seu comportamento frente às alterações impostas pela ocupação (Crepani *et al.* 1996; Palmeira, 2004).

Para Crepani *et al.* (1996) a análise morfodinâmica das unidades pode ser feita a partir dos princípios da Ecodinâmica (Tricart, 1977) que define uma relação entre os processos de morfogênese e pedogênese onde ao predominar a morfogênese prevalecem os processos erosivos modificadores das formas de relevo, e ao predominar a pedogênese prevalecem os processos formadores de solos.

Desta forma Crepani *et al.* (1996) utilizam para expressar a vulnerabilidade natural à erosão a atribuição de valores de estabilidade para cada unidade (Tabela 4).

**Tabela 4 - Avaliação da Estabilidade das Categorias Morfodinâmicas.**

<b>Categoria Morfodinâmica</b>	<b>Relação Pedogênese/Morfogênese</b>	<b>Valor</b>
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio Pedogênese/Morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a Morfogênese	3,0

Fonte: Crepani *et al.* 1996.

A Tabela 5 mostra as características que foram levadas em consideração para avaliar a vulnerabilidade à erosão e atribuir os valores para cada unidade cartografada em cada tema.



**Tabela 5 – Características observadas para avaliar a vulnerabilidade à perda de solo das unidades de paisagem.**

<b>Temas</b>	<b>Características</b>
Geologia	História da evolução geológica. Grau de coesão das rochas.
Geomorfologia	Amplitude altimétrica. Grau de dissecação. Declividade.
Pedologia	Maturidade do solo.
Fitogeografia	Densidade da cobertura vegetal.
Clima	Intensidade pluviométrica (Pluviosidade anual/duração do período chuvoso).

Fonte: Palmeira, 2004, p. 59.

Com os valores atribuídos para todas as unidades de cada mapa temático reinterpretado sobre as imagens de satélite, é feita a integração destes mapas através da Álgebra de Mapas (Barbosa, 1997) em um SIG, gerando o Mapa de Vulnerabilidade Natural à Erosão.

# CAPÍTULO III

## 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é feita uma apresentação relativa aos conceitos teóricos fundamentais ao desenvolvimento desta dissertação. Assim sendo, apresentam-se os conceitos e aspectos genéricos de sistema de informações geográficas, geoprocessamento, sensoriamento remoto e algumas inter-relações julgadas importantes.

### 3.1. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Sistemas de Informações Geográficas – SIG, tradução da expressão da língua inglesa *Geographic Information Systems – GIS*, são sistemas informatizados para tratamento de dados geograficamente referenciados. Neste trabalho será empregada a sigla SIG como forma de padronização do termo uma vez que é comum se encontrar na literatura os termos GIS, SIG ou, ainda, SGI. A simples tradução da expressão inglesa pode levar a confusões de que as informações sejam geográficas, o que não é verdade, uma vez que nem todos os dados trabalhados são geográficos, mas o sistema sim, pois os dados são espacializáveis (Moura, 2003). Neste sentido o termo mais apropriado é Sistema Geográfico de Informações onde fica claro que o sistema que é geográfico.

Um dos grandes desafios para o Poder Público é a proposição e implementação de políticas públicas capazes de atender as necessidades de desenvolvimento de forma sustentável de acordo com as demandas da população. Esse desafio se torna viável com a utilização de SIG.

A integração de base de dados geográficos e mapas é uma das tarefas de um SIG, onde a principal proposta é a combinação de dados espaciais, com a finalidade de analisar interações. Desta forma, entre as suas inúmeras aplicações, é possível fazer previsões através de modelos prospectivos, fornecendo apoio para a definição de áreas com maiores probabilidades de conter depósitos minerais, para implantação de loteamentos, seleção de áreas para a implantação de aterros sanitários e, muitas outras aplicações. Possibilitam, ainda, a produção de mapas temáticos com rapidez, precisão e conseqüentemente, com redução de custos. Com essa tecnologia automatizam-se tarefas que eram realizadas manualmente com a sobreposição de mapas em mesa de luz, facilita os cálculos de índices, interpretações e, finalmente, pode-se integrar dados das mais diversas fontes aos dados já existentes, aumentando as possibilidades de análises, consultas e geração de cenários.

São muitos os conceitos de SIG, Silva *et al.* 2004, p. 17, fornecem uma reflexão sobre os mesmos:

*“Exercendo um papel de integrador de tecnologias de campos muito diversificados e apresentando uma razoável variedade de tipos concebidos para diferentes finalidades, não é possível estabelecer uma definição única e universal para os SIG”.*

Por outro lado Bertini & Neto (2004, p.34), justifica a diversidade de conceitos existentes:

*“... Sistemas de Informação Geográfica são uma tecnologia multidisciplinar, estando na fronteira de várias áreas do conhecimento, sendo percebida de maneira diferente por especialistas de diferentes áreas”.*

Desta forma selecionou-se as principais definições de SIG encontradas na literatura:

*“O termo sistemas de informação geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos.” ( Casanova et al. 2005, p. 12).*

*“A geographic information system, or simply GIS, is a computer system for managing spatial data” traduzido como: Um Sistema de informações geográfica, ou simplesmente GIS, é um sistema computacional para manipular dados espaciais. (Bonham-Carter, 1994, p.1).*

*“... é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos” (Câmara, 1995, p.7).*

*“... como uma coleção organizada de hardware, dados geográficos e pessoal envolvido no trabalho, projetado para, eficientemente, capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e apresentar*

*todas as formas de informações referenciadas geograficamente” (Calijur &, Röhm, 1995, p.5).*

*“... como sendo uma combinação de recursos humanos (Peopleware) e técnicos (Hardware/Software), em concordância com uma série de procedimentos organizacionais que proporcionam informações com finalidade de apoiar as gestões diretivas” (Rosa & Brito, 1996, p. 7).*

*“O termo ‘Sistemas de Informações Geográficas’ (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento de dados geográficos.” (NETGIS-Geoprocessamento e Informática Ltda., 1998, volume 1, p. 4.2).*

*“... os SIGs necessitam usar o meio digital, portanto o uso intensivo da informática é imprescindível; deve existir uma base de dados integrada, estes dados precisam estar geo-referenciados e com controle de erro; devem conter funções de análises destes dados que variem de álgebra cumulativa (operações tipo soma, subtração, multiplicação, divisão etc.) até álgebra não cumulativa (operações lógicas)” (Silva, 1999, p. 45).*

*“... como um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação, modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados alfanuméricos” (Rocha, 2000, p. 48).*

*“... são ferramentas projetadas para coletar, manipular e apresentar grandes volumes de dados espaciais” (Davis Junior, 2000, p. 1).*

*“... é um sistema capaz de operar sobre seus dados – que são apenas registros de ocorrências de fenômenos identificados – reestruturando-os para ganhar conhecimento sobre posições, extensões e relacionamentos taxonômicos, espaciais e temporais contidos em suas bases de dados” (Silva, 2001, p. 40).*

Podemos perceber que os SIGs têm inter-relações com os SGBD – Sistemas de Gerenciamento de Bancos de Dados. Segundo Silberschatz *et al.* (1999, p. 1):

*“Um Sistema Gerenciador de Banco de Dados é constituído por um conjunto de dados associados a um conjunto de programas para acesso a esses dados”.*

Desta forma podemos dizer que um SIG trabalha como um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Geográficos, uma vez que seus dados são preferencialmente georreferenciados.

*“... banco de dados geográficos são bancos de dados espaciais utilizados para armazenar informações geográficas, como mapas. Os bancos de dados geográficos são freqüentemente chamados de Sistemas de Informações Geográficas (GIS)”.(Silberschatz et al. 1999, p. 714).*

*“Um banco de dados geográficos é composto por conjuntos de planos de informação, um conjunto de geo-objetos e um conjunto de objetos*

*não-espaciais”.* (NETGIS-Geoprocessamento e Informática Ltda., 1998, volume 1, p. 5.13).

*“ O banco de dados geográficos (BDG) difere do convencional por armazenar, além dos dados alfanuméricos, dados sobre a localização das entidades”* (Moreira, 2003, p. 225).

*“A principal diferença de um SIG para um sistema de informação convencional é a sua capacidade de armazenar tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos.”* (Casanova et al. 2005, p. 12)

### 3.2. GEOPROCESSAMENTO

O geoprocessamento pode ser definido como processamento de dados georreferenciados. Segundo NETGIS-Geoprocessamento e Informática Ltda. (1998, volume 1, p. 4.2) geoprocessamento é definido:

*“como um conjunto de tecnologias voltadas a coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico.”*

Rocha (2000, p. 210) define geoprocessamento:

*“como uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados.”*

Para Medeiros (1999, p. 38):

*“O termo Geoprocessamento denota o conjunto de conhecimento que utilizam técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica”.*

Desta forma as atividades que envolvem o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos para cada tipo de aplicação e esses sistemas são os SIGs (NETGIS-Geoprocessamento e Informática Ltda., volume 1, 1998).

Existe uma confusão entre os termos geoprocessamento e SIG, o geoprocessamento é um conceito mais abrangente incluindo qualquer tipo de processamento de dados referenciados geograficamente, por outro lado, o SIG processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com destaque para análises espaciais e modelagens (NETGIS-Geoprocessamento e Informática Ltda., volume 3, 1998). Ao compararmos os diversos conceitos, tanto de geoprocessamento como de SIG, podemos observar que existe a tendência de o geoprocessamento ser o processamento de dados georreferenciados, e os SIG's os sistemas formados pelos equipamentos, pelos dados e pelas pessoas que operam os equipamentos.

*“O SIG é a ferramenta computacional do Geoprocessamento, disciplina que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica”.* (Florenzano, 2002, p. 36).



### 3.3. SENSORIAMENTO REMOTO

A visão sinóptica de extensas áreas obtida pelas imagens de satélites proporciona um fabuloso potencial para o monitoramento ambiental e o planejamento do território. Pode-se identificar a destruição das florestas, poluição das águas, erosões, e muitas outras formas de degradação do meio ambiente.

*“Do ponto de vista técnico científico, imagens de sensoriamento remoto vem servindo de fontes de dados para estudos e levantamentos geológicos, ambientais, agrícolas, cartográficos, florestais, urbanos, oceanográficos, entre outros. Acima de tudo, as imagens de sensoriamento remoto passaram a representar uma das únicas formas viáveis de monitoramento ambiental em escalas locais e globais, devido à rapidez, eficiência, periodicidade e visão sinóptica que as caracterizam. Neste momento em que a humanidade começa a encarar seriamente a necessidade de monitorar as mudanças globais que vem ocorrendo na superfície do planeta, o sensoriamento remoto aparece como uma das ferramentas estratégicas para o futuro”. (CRÓSTA, 2002, p.9).*

Segundo Florenzano, 2002, p. 9: *“Sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre”*. O termo sensoriamento tem o significado de obtenção de dados e remoto significa longe, distante, sem o contato físico.

*“Sensores remotos: sistemas fotográficos ou óptico-eletrônicos capazes de dectar e registrar, sob forma de imagem ou não, o*

*fluxo de energia radiante ou emitido por objetos distantes”.*  
*(NETGIS-Geoprocessamento e Informática Ltda., volume 3, 1998, p.1.3).*

*“O Sensoriamento Remoto pode ser definido como a aplicação de dispositivos que, colocados em aeronaves ou satélites, nos permitem obter informações sobre objetos ou fenômenos na superfície da Terra, sem contato com eles”.* (Rocha, 2000, p.115).

*“Sensores: são equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada a extração de informações’* (NETGIS-Geoprocessamento e Informática Ltda., volume 3, 1998, p.1.3).

#### 3.4. TOPOLOGIA

Em um SIG os relacionamentos espaciais entre os pontos, linhas e polígonos são de fundamental importância e, esses relacionamentos, são expressos pela topologia:

*“definida como a parte da matemática que estuda as propriedades geométricas que não variam mediante uma deformação”* (NETGIS-Geoprocessamento e Informática Ltda., volume 1, 1998, p. 8.7; Silva, 1999, p. 167).

*“A topologia é a parte da matemática na qual se investigam as propriedades das configurações que permanecem invariantes nas transformações de rotação, translação e escala.”*  
(Casanova, et al. 2005, p. 34).

As relações topológicas permitem a manipulação e a análise dos dados espaciais através dos relacionamentos espaciais de disjunção, adjacência, contingência, igualdade, interseção e cruzamento, representados na Figura 11.

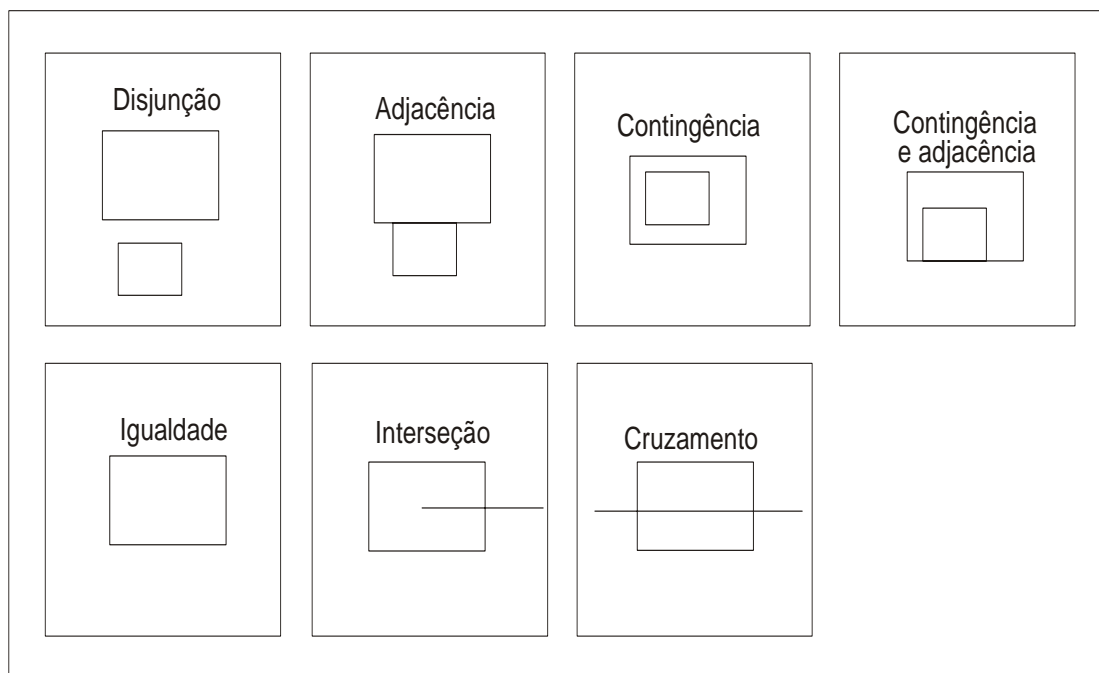


Figura 11 – Principais Relações Topológicas entre Objetos segundo Silva (1999).

*“No caso de dados geográficos é útil ser capaz de determinar relações como adjacência (‘vizinho de’), pertinência (‘vizinho de’), intersecção, e cruzamento.”* (Casanova et al. 2005, p. 34)

Para obtermos bons resultados em trabalhos com SIG as digitalizações dos mapas devem seguir todas as regras de topologia, desta forma evitam problemas que freqüentemente são encontrados ao se utilizar mapas digitalizados sem os cuidados necessários.

### 3.5. ESTRUTURAS DE DADOS

São dois os tipos fundamentais de dados utilizados em geoprocessamento, o raster e o vetorial. Na estrutura raster, também conhecida como matricial ou célula, “o espaço é representado como uma matriz  $P(m, n)$  composto de  $m$  colunas e  $n$  linhas, onde cada célula possui um número de linha e um número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado e cada célula é individualmente acessada pelas suas coordenadas.” (Câmara & Medeiros, 1998, p. 2-19).

*“No caso de representação vetorial, consideram-se três elementos gráficos: ponto, linha e área (polígono). Deve-se ressaltar uma vez mais a importância da topologia na concepção de um SIG.*

*Os pontos, ou elementos pontuais, abrangem todas as entidades geográficas que podem ser perfeitamente posicionadas por um único par de coordenadas X e Y. Entretanto, além das coordenadas, outros dados não-espaciais (atributos) podem ser arquivados para indicar de que tipo de ponto se está tratando.*

*As linhas, arcos, ou elementos lineares são um conjunto de pontos conectados. Além das coordenadas dos pontos que compõem a linha, deve-se armazenar informação que indique*

*de que tipo de linha se está tratando, ou seja, a que atributo ela está associada.*

*As áreas ou polígonos são representados pela lista de linhas que a compõem”. (Câmara & Medeiros, 1998, p. 2-20).*

### 3.6. MAPA DE DISTÂNCIA

Mapa de distância (“*buffer zones*”) é uma ou mais zonas de larguras definidas a partir de elementos de interesse em um mapa.

Segundo Casanova *et al.* 2005, p. 82,

*“Outra operação importante para um GIS é a construção de mapas de distância ou buffer zones, que são áreas construídas ao redor de objetos mantendo uma certa distância”.*

*“Um mapa de distância é um tipo de análise de proximidade (medida de distância entre objetos, comumente medida em unidade de comprimento) que apresenta zonas com larguras especificadas (distâncias) em torno de um ou mais elementos do mapa...” (NETGIS-Geoprocessamento e Informática Ltda., 1998, volume 3, p. 4.14).*

A Figura 12 ilustra a idéia de mapa de distância para pontos, linhas e polígonos.

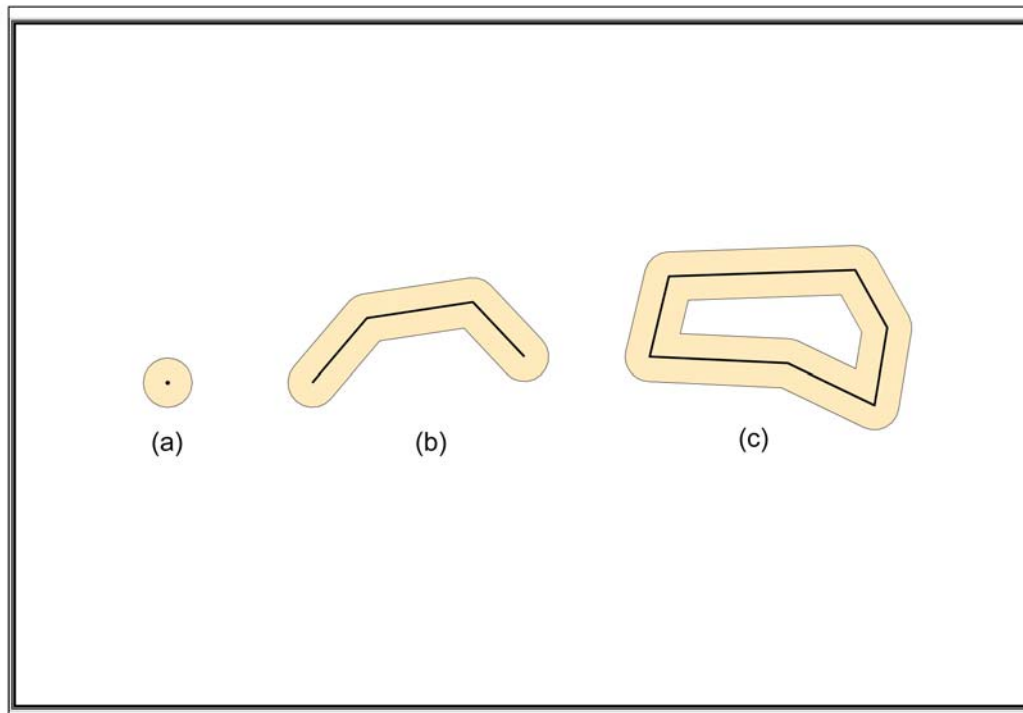


Figura 12 – Mapas de Distâncias elementares ao redor de ponto (a), linha (b) e polígono (c).

### 3.7. ÁLGEBRA DE MAPAS

Segundo (Berry, 1993) in Barbosa, 1997, p. 51; Palmeira, 2004, p. 41:

*“O conceito de álgebra de mapas ou álgebra de campos pode ser visto como uma extensão da álgebra tradicional, com um conjunto de operadores onde as variáveis manipuladas são campos geográficos”.*

Estes operadores manipulam um, dois ou mais geo-campos, sendo que cada geo-campo descreve um atributo diferente ou um mesmo atributo com datas de aquisição diferentes. (Câmara, 1996; Barbosa, 1997; Palmeira, 2004).

No SPRING a álgebra de mapas é implementada através de uma linguagem de manipulação espacial, chamada de LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) (NETGIS-Geoprocessamento e Informática Ltda., 1998, volume 3; Câmara, 1996; Barbosa, 1997).

Nesta dissertação foram realizadas as seguintes operações de álgebra de mapas utilizando a linguagem LEGAL:

a) Ponderação – Transforma geo-campo temático em geo-campo numérico. Este tipo de operação é utilizada para manipulação de dados temáticos (Palmeira, 2004).

b). Média – *“Gera um geo-campo destino em que os valores resultantes de cada posição geográfica são a média aritmética dos valores dos atributos na posição geográfica correspondente aos geo-campos origem. Esta operação é aplicada somente sobre geo-campos numéricos”* (Palmeira, 2004, p.43).

c). Fatiamento - Transforma um geo-campo numérico em um geo-campo temático onde as classes temáticas são associadas a intervalos de valores numéricos.

# CAPÍTULO IV

## 4. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

O conteúdo deste capítulo refere-se à descrição dos aspectos fisiográficos da área estudada como clima, geologia, geomorfologia e solos.

### 4.1. CLIMA

A caracterização do clima para a região da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici, foi elaborada com o auxílio dos meteorologistas da Divisão de Meteorologia do Centro Técnico Operacional de Porto Velho do SIPAM, utilizando os dados de Gama & Saraiva, 2004.

A região de estudo apresenta, segundo a classificação de Köppen, um clima do tipo Aw - Clima Tropical Chuvoso com média climatológica da temperatura do ar durante o mês mais frio superior a 18° C (megatérmico), e um período seco bem definido durante a estação de inverno, quando ocorre na região um moderado déficit hídrico, com índices pluviométricos inferiores a 50 mm/mês.



Os principais fenômenos atmosféricos ou mecanismos dinâmicos que provocam a chuva na região são às altas convecções diurnas - água evaporada no local e a evapotranspiração, associada aos fenômenos atmosféricos de grande escala tais como: a Alta da Bolívia - anticiclone que se forma em alto nível da atmosfera (200 hPa) durante os meses de verão e situa-se sobre o altiplano boliviano; a Zona de Convergência Intertropical, e as Linhas de Instabilidade - conglomerados de nuvens cumulonimbos que se formam na costa N-NE do Oceano Atlântico devido à circulação de brisa marítima.

O clima da área de estudo caracteriza-se, ainda, por apresentar uma homogeneidade espacial e sazonal da temperatura média do ar. O mesmo não ocorre em relação à chuva, que apresenta uma variabilidade temporal, e em menor escala espacial, devido aos diferentes fenômenos atmosféricos que atuam no ciclo anual da precipitação.

O regime térmico apresenta pouca variação ao longo do ano. A média anual da temperatura do ar é em torno de 24° C a 26° C, com temperatura máxima entre 31° C e 34° C, e temperatura mínima entre 17° C e 23° C. Em alguns anos, em poucos dias dos meses de junho, julho e/ou agosto a influência de sistemas frontais oriundos da região Sul do País, os quais se deslocam em direção à região amazônica causam o fenômeno denominado de "friagem". Durante estes meses às temperaturas mínimas do ar, podem atingir valores inferiores a 15° C. Devido à curta duração do fenômeno este não influencia, sobremaneira, as médias da temperatura mínima do ar que variam entre 17° C e 23° C.

A média anual da precipitação pluvial varia entre 1.500 a 1.900 mm/ano, onde no decorrer do ano ocorrem duas estações bem definidas: uma estação chuvosa com sete meses de duração, onde se concentra mais que 90% da precipitação anual, e uma estação seca onde as chuvas são escassas. O período mais chuvoso está compreendido entre os meses de outubro e abril, e o período mais seco entre os meses de junho e agosto. Os meses de maio e setembro são os meses de transição entre um regime e outro. A média

climatológica da precipitação pluvial para os meses de junho, julho e agosto é inferior a 20 mm/mês. O verão é o período mais chuvoso na região (Figura 13).

A média anual da umidade relativa do ar é em torno de 80% a 90% no verão. Valores um pouco inferiores são observados no outono-inverno. Dado a característica do regime pluvial, observa-se que a amplitude anual da umidade do ar é mais acentuada que a observada pela temperatura do ar. Durante os meses de inverno os registros de umidade relativa do ar são em torno de 70%.

A variação anual da evapotranspiração potencial (ETP) apresenta o mesmo ciclo da precipitação pluvial. No caso em estudo, embora não haja registros da ETP, pode-se assumir que dado às características do ecossistema, a ETP é alta durante todo o ano, com valores superiores a 100 mm/mês. O total anual da ETP não excede o da precipitação anual observada. No entanto, deve atingir valores superiores à precipitação mensal nos meses de maio, junho, julho e agosto.

## 4.2. CONTEXTO GEOLÓGICO

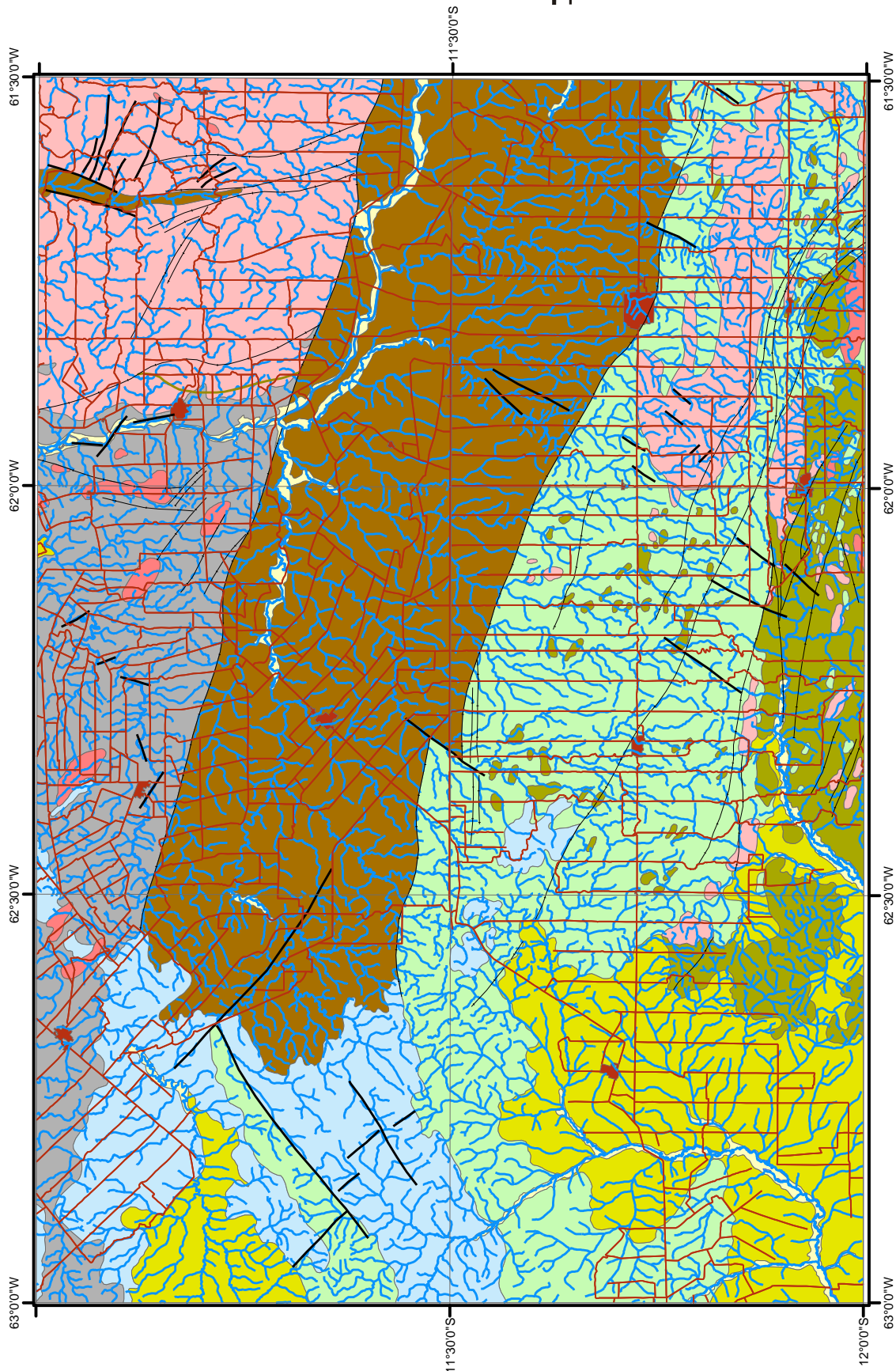
O contexto geológico da área da Folha SC.20 – Z – C – Presidente Médici, é composto por litologias do Paleoproterozóico até o Cenozóico, (Figura 14).

### 4.2.1. Paleoproterozóico

#### 4.2.1.1. Complexo Jamari (PMj)

As litologias do Complexo Jamari (**PMj**) tem ampla distribuição na porção centro-oriental de Rondônia, com as suas melhores exposições ao longo do curso médio do rio Jamari e na foz do rio Massangana. Isotta *et al.* (1978) propôs a denominação de Complexo Jamari, em substituição ao termo Complexo Xingu, para





**LEGENDA**

- CENOZÓICO**
- Depósitos Aluvionares
- Coberturas Sedimentares Indiferenciadas
- PALEOZÓICO**
- Formação Pimenta Bueno
- MESOPROTEROZÓICO**
- Formação Palmeiral
- Suíte Intrusiva Rio Parado
- Grupo Nova Brasília
- Formação Migratimópolis
- Formação Rio Branco
- Suíte Intrusiva Serra da Providência
- PALEOPROTEROZÓICO**
- Complexo Jamari

- Conexões Geológicas**
- Fatura e Falha
- Falha Extensional

- Convenções Cartográficas**
- Drenagem
- Mancha Urbana
- Estrada

Fonte: CPRM, 2003

10 5 0 10 km  
Sistema de Projeção UTM  
Datum horizontal SAD69  
2005

Figura 14 - Mapa Geológico da Folha SC.20-Z-C - Presidente Médici

uma associação heterogênea de rochas polideformadas, transformadas em condições de P/T compatíveis com metamorfismo de grau médio a alto, constituída por gnaisses, migmatitos, granitos, anfíbolitos e granulitos. Scandola *et al.* (1997) restringiram ao Complexo Jamari as rochas ortoderivadas, separando áreas de predomínio de paragneisses, xistos e migmatitos que passaram a designar de Complexo Gnáissico-Migmatítico Jarú. Nos trabalhos atuais estão sendo adotadas as denominações de Complexo Jamari para ortogneisses tonalíticos e quartzo-dioríticos dominantes, com intercalações de lentes subordinadas de enderbitos, gnaisses calcissilicáticos, granada-biotita-sillimanita gnaisses, mica xistos e raros anfíbolitos. Todo o conjunto exhibe grau variável de migmatização e desenvolvimento de trama milonítica.

As relações de contato entre os diferentes litotipos do Complexo não são claras, embora contatos por falhas de alto ângulo sejam observados.

Os ortogneisses tonalíticos e quartzo-dioríticos ocorrem, geralmente, na forma de lajeados e muito raramente constituem formas de relevo positivo. De outra forma, os gnaisses paraderivados ocorrem em cristas e morros alongados.

Os ortogneisses tonalíticos e quartzo-dioríticos exibem um bandamento máfico/félsico bem definido, com espessuras centimétricas e freqüentes mobilizados quartzo-feldspáticos granatíferos dobrados e boudinados. Apresentam estrutura milonítica dominante caracterizada por porfiroclastos de plagioclásio envoltos por faixas estreitas e irregulares de minerais máficos e esteiras de agregados de quartzo e feldspatos.

A disposição das rochas do Complexo Jamari dá-se por meio de faixas e megalentes alternadas em contato por cavalgamentos frontais e oblíquos que evoluem para transcorrências. Os mobilizados quartzo-feldspáticos e porções de rochas supracrustais formam dobras isoclinais, ptigmáticas e intrafoliais que podem evoluir para dobras em bainha. Dobramentos tardios também se desenvolveram nos mobilizados

e nas frações de rochas máficas e são decorrentes de cisalhamento diferencial, localizado dentro das zonas de cavalgamentos ou relacionados aos movimentos transcorrentes finais. As condições de metamorfismo são da fácies anfíbolito superior, como pode ser evidenciado pela paragênese mineral com granada e sillimanita nas paraderivadas e diopsídio e hornblenda nos ortognaisses.

#### **4.2.2. Mesoproterozóico**

##### ***4.2.2.1. Suíte Intrusiva Serra da Providência (Msp / Msp(gb))***

Leal *et al.* (1976) denomina Granito Serra da Providência para intrusões graníticas de textura rapakivi que afloram na serra homônima. Tassinari *et al.* (1984) passaram a referir essa unidade como Suíte Intrusiva Serra da Providência. Gabros, charnockitos e mangeritos foram incluídos na Suíte por Rizzotto *et al.* (1995), assim como o mangerito do Maciço União e o charnockito de Ouro Preto (Bettencourt *et al.* 1995), além de vários *stocks* deformados e intrusivos no Complexo Jamari (Scandolara *et al.* 1999). As rochas da referida suíte distribuem-se principalmente entre o médio curso do rio Machado e o alto curso do rio Branco constituindo um batólito que sustenta a serra homônima. Também ocorrem vários outros corpos isolados na forma de *stocks* que se distribuem tanto a leste como a oeste da Serra da Providência.

O batólito Serra da Providência apresenta forma ovalada com 140 km de extensão por 40 km de largura, constituído pela associação gabro-charnockito-mangerito-granito. Quatro fácies graníticas foram reconhecidas por Rizzotto *et al.* (1995) sendo assim constituídas: monzogranitos porfiríticos (piterlitos) com viborgitos subordinados, monzogranitos porfiríticos, monzogranitos pórfiros e sienogranitos granofíricos. Os granitos e rochas associadas são intrusivos no Complexo Jamari embora sejam raras as evidências diretas de relações de contato. Em imagens de satélite essa relação de intrusão é mais facilmente observada. As rochas da suíte formam um

conjunto de elevações com destaque morfoestrutural marcante facilmente observadas nas imagens de sensores remotos.

Os piterlitos são classificados petrograficamente como hornblenda-biotita monzogranitos contendo fenocristais euédricos a ovalados de microclínio de até 5 cm de diâmetro e freqüentemente encontram-se manteados por uma fina auréola cinza-esbranquiçada de plagioclásio. A presença de enclaves máficos quartzo-dioríticos é bastante freqüente nesta fácies e feições de mistura mecânica de magmas (*mingling*) também são comuns. Os sienogranitos mostram textura granofírica, com cavidades miarolíticas preenchidas por quartzo e fluorita.

Essa suíte granítica não apresenta somente analogia textural com os granitos rapakivi, mas também uma assinatura geoquímica perfeitamente compatível com os granitos do tipo A.

No contexto dos granitos deformados, ocorre uma ampla variação nas características estruturais/texturais das rochas, desde tipos fracamente foliados até protomilonitos e milonitos bandados. Os protomilonitos são mais freqüentes na borda oeste do batólito Serra da Providência e em largas zonas da associação charnockito-granito entre as cidades de Ouro Preto d'Oeste e Ji-Paraná. As rochas protomiloníticas foram originadas por um sistema transpressivo de direção nor-noroeste e cinemática sinistral (Scandolaro, 1998). A foliação sigmoidal é observada tanto em macroescala (núcleos graníticos envoltos por faixas de protomilonitos) como em microescala através de porfiroclastos de feldspato alcalino bordejados por palhetas de biotita. As condições da temperatura de metamorfismo nestas zonas são compatíveis com a fácies xisto verde superior a anfíbolito.

#### **4.2.2.2. Grupo Nova Brasilândia (Mrb, Mmg e Mmg(cs))**

Desde a década de setenta os levantamentos geológicos efetuados pela CPRM já indicavam a existência de rochas metamórficas relacionadas a uma provável seqüência metavulcano-sedimentar na região sudeste de Rondônia. Scandola *et al.* (1992) descrevem, na região de Nova Brasilândia - Rolim de Moura - Alta Floresta, uma seqüência metavulcano-sedimentar que reúne rochas supracrustais de baixo/médio grau metamórfico, constituídas por xistos, filitos, paragnaisses, anfibólitos, metagabros, calcissilicáticas, quartzitos, formações ferríferas e, raramente metatufos, denominando-a Seqüência Metavulcano-sedimentar Nova Brasilândia.

Recentemente, Rizzotto (1999) eleva a unidade à condição de “grupo”, subdividindo-a em duas formações:

- Formação Migrantinópolis, constituída por rochas supracrustais psamo-pelíticas como paragnaisses, xistos e calcissilicáticas, reconhecidas como uma unidade metaturbidítica terrígeno-carbonática, cuja seção-tipo é definida pelos afloramentos que ocorrem nas cabeceiras do rio Lacerda de Almeida e na Linha 138, a 19 km a leste da cidade de Nova Brasilândia d'Oeste;
- Formação Rio Branco, constituída por rochas metabásicas como *sills* e *stocks* de metagabros, metagabro-noritos, metadiabásios e metabasaltos, com intercalações subordinadas de gnaisses calcissilicáticos, com seção-tipo bem exposta na usina hidrelétrica do rio Branco, distante cerca de 4,5 km da cidade de Alta Floresta d'Oeste. São intrusivos (em parte contemporâneos) nos metaturbiditos da Formação Migrantinópolis.

#### **4.2.2.3. Suíte Intrusiva Rio Pardo (Mrp)**

Três fácies graníticas tardicinemáticas de natureza subalcalina a alcalina foram descritas na região sudeste de Rondônia por Silva *et al.* (1992), as quais foram agrupadas na Suíte Intrusiva Rio Pardo. Os corpos graníticos da Suíte Rio Pardo encontram-se expostos nas proximidades das cidades de Alta Floresta d'Oeste e Santa Luzia d'Oeste.



As rochas da suíte exibem contato tectônico por meio falhas de cisalhamento transcorrente sinistral com as rochas metassedimentares do Grupo Nova Brasilândia e também são intrusivas no referido Grupo. Apresentam formas alongadas concordantes com a foliação regional das encaixantes. São constituídos, predominantemente, por monzogranitos e sienogranitos; quartzo-sienitos e microclínio sienitos subordinados, além de raros diques aplíticos e pegmatitos. A presença de enclaves máficos quartzo-dioríticos com inclusões de fenocristais de feldspato alcalino idênticos aos do granito, sugerem interação mecânica de magmas contrastantes (magmas *mingling*). Ocasionalmente apresentam cavidades mirolíticas centimétricas preenchidas por quartzo, biotita e fluorita.

Os aspectos petrográficos caracterizam as rochas como leucocráticas, de granulação fina a grossa, com tipos porfíricos subordinados. Exibem uma moderada anisotropia planar marcada pelo alinhamento das lamelas de biotita e dos cristais de feldspatos, os quais indicam cristalização magmática sincinemática e, localmente, deformação no estado sólido. As texturas são do tipo hipidiomórfica-granular e granoblástica-alongada nas porções mais deformadas. As características petrográficas indicam que as rochas passaram por deformação nos estágios magmáticos e submagmáticos, com reorientação dos cristais em ambiente de alta temperatura. A mineralogia essencial é composta por plagioclásio, microclínio, quartzo e biotita, tendo a hornblenda como principal acessório, além de titanita, apatita, allanita e zircão. Epidoto, clorita e mica branca são os minerais de alteração mais frequentes.

Possui todas as características compatíveis aos granitos do tipo A.

A deformação nos granitos é heterogênea, mostrando variedades pouco foliadas até tipos com forte foliação milonítica, principalmente nas bordas dos corpos. Nestas porções, o metamorfismo atingiu temperaturas compatíveis com a fácies xisto verde superior.

#### **4.2.2.4. Formação Palmeiral (Mnp)**

A Formação Palmeiral foi definida, inicialmente, por Sayão Lobato *et al.* (1966), tendo como área-tipo os afloramentos nas redondezas da vila de Palmeiral, situada às margens do rio Madeira. Posteriormente, esta terminologia foi estendida por Souza *et al.* (1975) para os arenitos e conglomerados que sustentam as serras dos Pacaás Novos e Uopianes. Recentemente, foram englobadas nesta unidade as rochas siliciclásticas que afloram na região do igarapé Preto, no sul do Amazonas, e aquelas da região limítrofe entre Rondônia e Mato Grosso.

A Formação Palmeiral é constituída essencialmente de ortoconglomerados, quartzo-arenitos e arenitos arcossianos. Bahia (1997) separou seis litofácies, as quais compreendendo ortoconglomerados maciço ou com estratificação incipiente, arenito com estratificação horizontal, arenito com estratificação cruzada acanalada, arenito com estratificação cruzada tabular, arenito com estratificação cruzada sigmoidal e arenito maciço. Os conglomerados são do tipo oligomíticos, constituídos essencialmente de seixos e calhaus arredondados e achatados de quartzo-arenito, quartzo leitoso e subordinadamente de sílex, quartzito e rochas vulcânicas félsicas. Os seixos ocorrem estratificados e imbricados. Os arenitos variam de finos a médios, ocorrendo subordinadamente frações grossas, com grau de seleção moderado a bem selecionado. O arcabouço dos arenitos é geralmente fechado, com porções de arcabouço aberto devido à presença abundante de matriz. São compostos por grãos de quartzo, sílex e, eventualmente, feldspatos e vulcanitos, além de caulinita e illita e níveis de manganês (Bahia, 1997).

Os litótipos da Formação Palmeiral foram depositados em bacia do tipo sinéclise, relacionada a um sistema fluvial *braided* proximal ou de leque fluvial (Bahia, 1997), cuja sedimentação foi confinada posteriormente em estruturas do tipo *grabens*, dos quais destacam-se os *grabens* dos Pacaás Novos, Uopianes e São Lourenço (Leal *et al.* 1978; Bahia, 1997; Quadros *et al.* 1998). A análise das paleocorrentes nos diversos

compartimentos de ocorrência da Formação Palmeiral, utilizando-se das medidas de atitudes de *foresets* da estratificação cruzada 2D, dos eixos de estratos curvados da estratificação 3D, de imbricação dos seixos oblatos nos conglomerados e da orientação do eixo maior de seixos prolatos, mostram um sentido de paleofluxo de NNE para SSW (Bahia, 1997). Utilizando-se do estudo das populações de zircões detríticos dos arenitos, Santos *et al.* (2002) sugerem uma bacia do tipo *foreland* para a deposição dos sedimentos da Formação Palmeiral.

### 4.2.3. Fanerozóico

#### 4.2.3.1. Formação Pimenta Bueno (PCpb)

Essa unidade foi descrita inicialmente por Nahas *et al.* (1974), sendo chamada de Formação Pimenta Bueno (**PCpb**) por Leal *et al.* (1978). Seus afloramentos encontram-se nos *grabens* de Pimenta Bueno e Colorado, localizados no extremo noroeste da Bacia dos Parecis. A Formação Pimenta Bueno é constituída de folhelhos, arenitos, siltitos e conglomerados suportados pela matriz.

O contato inferior da formação é com embasamento cristalino e o contato superior é com a Formação Fazenda da Casa Branca, podendo ser observados a leste do centro de Cacoal.

Os folhelhos são de coloração marrom, micáceos, intercalados com siltito marrom ou arenitos claros. Os arenitos são marrons com pintas claras; granulometria média, composto de quartzo, feldspato e muscovita; acamamento plano-paralelo e estratificação cruzada tabular e acanalada são comuns. No centro de Rolim de Moura *ripples marks* foram encontradas. Os conglomerados suportados pela matriz são avermelhados, com seixos e *boulders* subarredondados de granitos, gnaisses e rochas básicas e seixos angulosos de xistos e quartzitos. Seus diâmetros máximos são de 40 centímetros. Associados a esses conglomerados ocorrem siltito com laminação plano-

paralela, na qual existem grãos de areia flutuando e seixos dispersos, deformando a laminação (unidade *dropstone*).

Segundo Bahia & Pedreira (1996), os folhelhos foram depositados em ambiente marinho raso, evidenciado pela presença de acritarcas do Gênero *Spheridium*, identificados por Cruz (1980). As estruturas sedimentares dos arenitos sugerem sua deposição em ambiente fluvial, em canais tipo *braided*, com abundante suprimento de areia, a qual apresenta uma composição feldspática, indicando um clima desértico ou glacial. A associação diamictito - unidade *dropstone* - representada pelo conglomerado mais o siltito com seixos dispersos na laminação, é interpretado como evidência de clima glacial; os diamictitos correspondem ao tilito de alojamento, formado pela deposição de “debris” na base da geleira. A unidade *dropstone* resulta da queda de clástos dos “icebergs” durante a deposição do siltito, em ambiente marinho.

#### **4.2.4. Cenozóico**

##### ***4.2.4.1 Coberturas Sedimentares Indiferenciadas (TQi)***

Os sedimentos inconsolidados a parcialmente consolidados desta unidade ocorrem por toda a região do Vale do Guaporé, seguindo desde as nascentes desse rio até o vale do médio curso do rio Madeira. Ocorrem, também, na região de Nova Califórnia, Mutum-Paraná e Porto Velho, estendendo-se para nordeste ao longo da margem direita do rio Madeira e do vale do baixo curso do rio Machado. Figueiredo & Olivatti (1974) denominaram de Formação Guaporé os depósitos sedimentares do vale do rio homônimo, os quais foram divididos em dois níveis: o nível inferior é constituído por sedimentos argilo-arenosos fracamente lateritizados, com o topo contendo grãos subangulosos grossos a médios de quartzo e lentes de silte e argila caoticamente distribuídas no perfil, sendo formadas pelo assoreamento de pequenas lagoas; o nível superior, ocorre nas regiões da planície de inundação do rio Guaporé, que permanecem

alagadas durante todo o ano. Os sedimentos finos (silte e argila) predominam com lentes intercaladas de areia.

Os sedimentos representam depósitos de leques aluviais, coluviais, planícies de inundação e lagos e são constituídos por areia, silte, argila, cascalho, além de laterita imatura. No trecho do Alto-Estrutural Guajará-Mirim / Porto Velho, os depósitos de planície de inundcao são restritos a faixas localizadas próximas ao canal principal do rio Madeira, com excecao na região de Abunã, onde o rio inflete bruscamente para NE, assumindo uma direcao aproximada de N60E, ao longo da qual se formou uma extensa planície fluvial, denominada de Bacia do Abunã (Souza Filho *et al.* 1999), originada em funcao da queda brusca do gradiente topográfico, provavelmente relacionado a abatimentos de blocos, sendo estes depósitos holocênicos, juntamente com os depósitos pleistocênicos, denominados por Adamy & Romanini (1990) de Formacao Jaciparan.

O ambiente de planície de inundcao constitui áreas planas cujos depósitos sedimentares recentes encontram-se densamente vegetados por floresta aluvial. No Vale do Guaporé a planície de inundcao encontra-se limitada por escarpas esculpidas nos depósitos terciários, estando em contato direto com o ambiente de pântano, contato este marcado por modificaoes vegetacionais bem definidas entre floresta aluvial da planície de inundcao e gramíneas dos pântanos. Esses depósitos encontram-se recortados pelos canais meandantes dos rios Guaporé e Mamoré, onde são comuns as feioes de lagos de meandros e meandros colmatados abandonados, além de depósitos de barras com cristas de linhas de acrescao lateral, desenvolvidas durante o processo de migracao do canal fluvial.

As coberturas sedimentares indiferenciadas são desprovidas de fósseis. Assim sendo, utilizaram-se os dados sedimentológicos (texturais e estruturais), geomorfológicos e a lateritizacao subsequente, para posicionar cronoestratigraficamente essa unidade no plioceno ao holoceno.

#### ***4.2.4.2. Depósitos Aluvionares (Qha)***

Esses depósitos estão relacionados às drenagens atuais, caracterizados e identificados como materiais fluviais associados ao leito do rio e/ou flúvio-lacustres das faixas periodicamente inundáveis nas cheias. Sua deposição é de idade holocênica, já em condições de clima úmido, condicionadas fortemente por estruturas neotectônicas. Esses sedimentos aluvionares fossilíferos e afossilíferos, freqüentemente, estão mineralizados a ouro, cassiterita e outros minerais pesados e alcançam maior expressão ao longo dos canais fluviais e nas planícies de inundação dos rios Guaporé, Mamoré, Madeira e seus afluentes de maior representação.

O padrão de sedimentação fluvial holocênico dos rios amazônicos é caracterizado por depósitos de acreção lateral e vertical extremamente potentes e de evolução muito rápida. Os primeiros incluem barras em pontal, barras de meio de canal e depósitos de carga de fundo. Associado ao ambiente de canal fluvial, ocorre o ambiente de planície de inundação, representado por lagos residuais formados pela migração das cristas de acreção lateral das barras, cujos depósitos são originados pelos processos sedimentares atuantes fora dos canais, incluindo os sedimentos mais finos, acumulados durante o transbordamento e pelos depósitos arenoargilosos de diques marginais.

Os depósitos de barras de canal são acumulações arenosas aflorantes em épocas de estiagem, separando os canais, bem representadas no rio Madeira, que se comporta como um rio meandrante com alguns segmentos evoluindo para o padrão entrelaçado.

Os depósitos de diques marginais constituem-se em cordões sinuosos, cuja altura maior desenvolve-se perto da margem do canal, onde formam bancos íngremes e estreitados em direção às bacias de inundação marginais. Caracterizam-se pela alternância de camadas de areias finas com sedimentos siltico-argilosos.

Os depósitos de planície de inundação são exclusivamente de granulometria fina (silte e argila), margeando os canais dos rios, apresentando-se como regiões úmidas de densa cobertura vegetal, favorecendo a acumulação de grande quantidade de matéria orgânica.

#### 4.3. COBERTURA VEGETAL

Para a descrição da cobertura vegetal da Folha SC.20 – Z – C – Presidente Médici, utilizou-se os dados de Rondônia, 2002 (Figura 15).

##### **4.3.1. Florestas Ombrófilas**

Florestas tropicais úmidas, pluviais, sempre verdes. Dossel bem distinto, com indivíduos emergentes e sub-bosque estratificado. Ocorre sobre latossolos, podzólicos, lateritas de idades variadas desde o Quaternário (aluviais), predominando do Terciário até o Pré-Cambriano.

Abertas: Florestas com dossel descontínuo, permitindo ausência de área foliar entre 30 e 40 %. Podem estar associadas à palmeiras, cipós, bambus e sororocas.

Densas: Florestas com dossel contínuo, fechado. Dominância de árvores na abóbada, sem associações co-dominantes.

##### Floresta Ombrófila Aberta Aluvial / Floresta de Áreas Inundáveis (Aa)

Este tipo de floresta cresce em áreas de solos hidromórficos, rasos, mal drenados, em terrenos planos de até 100 m de altitude e nas planícies de inundação de rios com forte sazonalidade como o Guaporé, São Miguel, Corumbiara e Cautário. A topografia é acidentada, com pequenas formações erosivas.

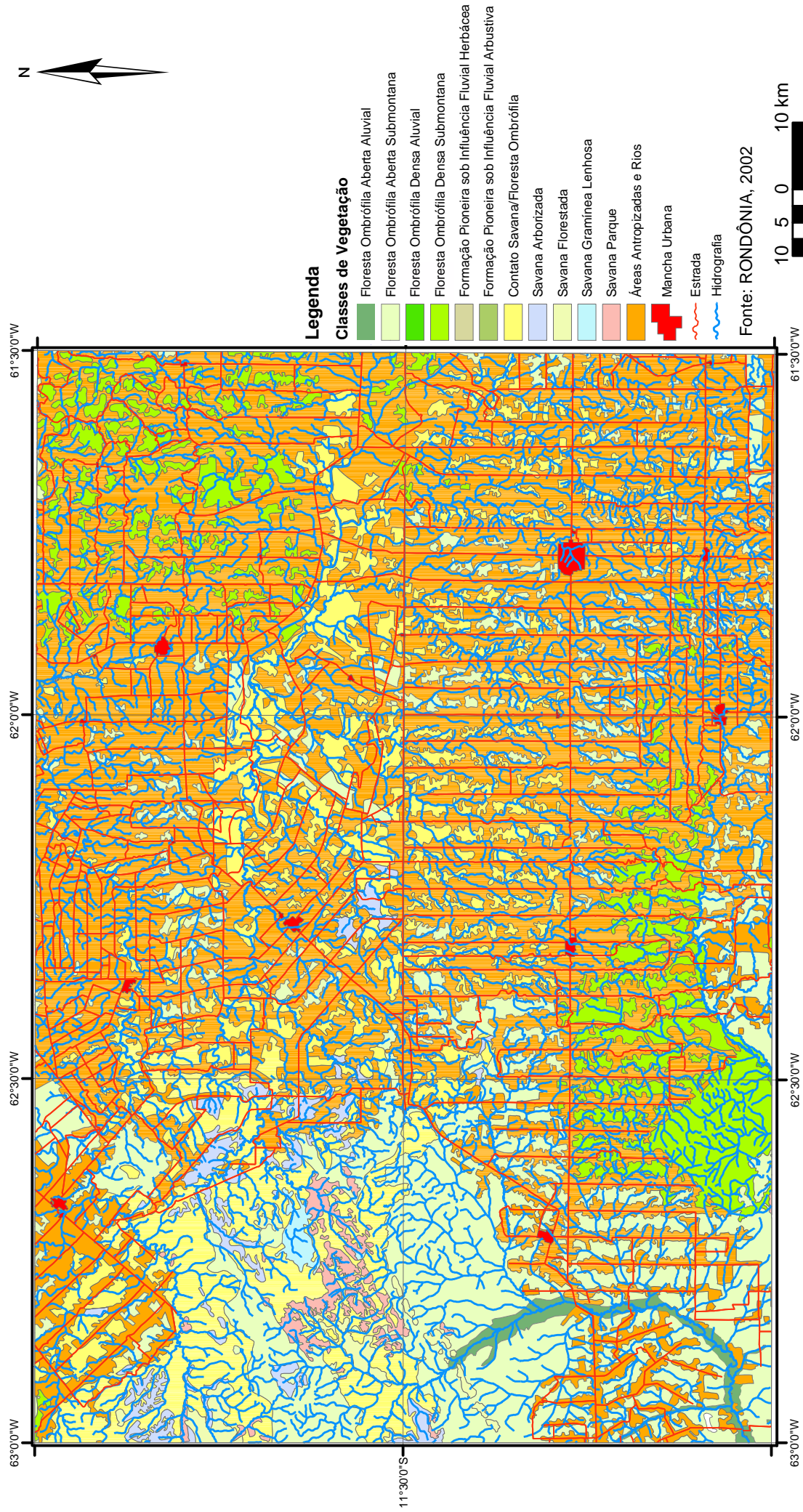


Figura 15 - Mapa de Vegetação da Folha SC.20-Z-C - Presidente Médici

Sistema de Projeção UTM  
Datum horizontal SAD69  
2005



As florestas aluviais, geralmente, possuem porte mediano, até 30 m de altura, latifoliadas e sempre verdes, com caducifolia insignificante (menos de 5 %).

O dossel pode ser uni-estratificado, com alguma emergência ocasional e abertura de até 30 %. O sub-bosque geralmente é denso, com dominância do estrato arbustivo-herbáceo, possibilitando pouca visibilidade.

A densidade pode ser superior a 600 árvores por hectare. Nos solos distróficos a densidade é maior, mas o tamanho médio das árvores diminui.

São comuns espécies como o açáí (*Euterpe precatoria*), a paxiúba barriguda (*Iriartea ventricosa*), a paxiúba comum (*Socratea exorrhiza*) e a sororoca (*Phenakospermum guianense*) dentre outras.

As florestas de áreas inundáveis apresentam dossel com emergentes e abertura menor do que nas florestas abertas não inundadas (até 20 %). Na maioria das vezes o sub-bosque é limpo.

Os indivíduos arbóreos freqüentemente apresentam raízes tabulares, sendo que algumas espécies podem apresentar caducifolia, em resposta ao excesso de água, como as *Hevea spp.*

São comuns espécies tolerantes a inundações como *Virola surinamensis*, *Virola crebinervia*, *Iriartea ventricosa*, *Euterpe*, *Mauritia*. Ocorrem ainda o jaraí (*Sarcaulus brasiliensis*), a jacareúba (*Calycophyllum brasiliense*), etc.

Estes dois tipos de florestas foram incluídos em uma única classe de legenda devido à impossibilidade da separação das mesmas na escala de trabalho de 1:250.000.

### Floresta Aberta Submontana (As)

Estas florestas crescem sobre solos antigos, rasos, fortemente intemperizados, com afloramento de rochas e seixo superficial, rolado do cristalino. A topografia é declivosa (até 40°). A paisagem é dominada por vales e ravinas.

Este tipo de floresta possui indivíduos emergentes ao dossel, podendo estar associadas à palmeiras e cipós. Entre as palmeiras, destacam-se o babaçu (*Attalea phalerata*), o coco-cabeçudo (*Attalea martiana*) e a inajá (*Attalea maripa*).

Nos vales profundos, de difícil acesso, nas fontes d'água de rios que nascem nas serras é possível encontrar enclaves de vegetação higrófila com o aparecimento de indivíduos de açaí, sororoca e paxiúba. No dossel ocorrem espécies arbóreas como o cumaru (*Dipteryx odorata*), o margonçalo (*Hieronima laxiflora*) e a gema-de-ovo (*Poecilanthe effusa*).

### Floresta Ombrófila Densa Aluvial (Da)

Essas florestas crescem sobre solos de origem hidromórfica, mal drenados e rasos. Podem ficar saturados durante as chuvas de inverno, inundando o terreno. Algumas vezes é possível distinguir os canais de drenagem, produzindo um relevo irregular. Ocorrem com frequência nas bacias dos rios de água branca como o Mamoré e o Madeira, bem como naqueles de água mais escura como o Guaporé, o Cautário e o Ouro Preto.

Nesse tipo de floresta são comuns as espécies que crescem sobre solos não consolidados como a paxiúba e o açaí.

A densidade varia bastante, mas geralmente possuem maior número de árvores do que as florestas densas que crescem em terrenos do período terciário, onde as árvores são maiores.

#### Floresta Ombrófila Densa Submontana (Ds)

Tipo florestal de porte elevado que cresce principalmente sobre os planaltos e nos interflúvios tabulares do período Paleozóicos e do período Mesozóicos das serras dos Parecis e Pacaás Novos. Cresce sobre solos rasos, antigos e arenosos como podzólicos vermelhos e areias quartzosas.

Associadas a essa categoria podem aparecer enclaves de matas de cipós e de bambu, provavelmente produzidas por modificações abruptas no solo.

São comuns espécies arbóreas frondosas como o breu sucububa (*Tetragastris altissima*), o jatobá (*Hymenaea courbaril*), o jutaí pororoca (*Dialium guianensis*), o quaruba cedro (*Vochysia innundata*) e a cedrorana (*Cedrelinga catanaeformis*), dentre outras.

#### **4.3.2. Formações Pioneiras**

Vegetação florestal ou não que cresce sobre terrenos quaternários inconsolidados, apresentando diferentes graus de inundação. Dossel geralmente uni-estratificado nas formações pioneiras arbóreas. O porte e a contribuição do estrato herbáceo são determinados pela influência fluvial e pela cota altimétrica do terreno. Locais mais baixos e com maior período de inundação favorecem formações pioneiras herbáceas.

#### Formação Pioneira sob Influência Fluvial Arbustiva (Pb)

É uma categoria de vegetação pioneira também associada a áreas de aluvião recente, não consolidada, localizadas em cotas altimétricas baixas (até 50 m), submetida a longos períodos de inundação. O relevo é plano, com depressões que tornam favoráveis os processos de inundação e colmatagem. No inverno essas áreas estão ligadas à calha dos rios e, no verão, formam-se pântanos e lagoas onde dominam ervas e capins aquáticos.

São comuns espécies susceptíveis a inundação como buriti, caranã etc.

#### Formação Pioneira sob Influência Fluvial Herbácea e/ou Graminóide (Ph)

Constituem formações campestres que crescem sobre solos também aluviais, inundáveis, não consolidados e localizados a baixas cotas altimétricas (até 50 m), próximo à calha dos rios. Este ambiente passa a maior parte do tempo inundado. São conhecidos regionalmente como campos naturais alagados.

São comuns a este ambiente espécies de gramíneas aquáticas como as canaranas (*Hymenachne amplexicaule*), *Axonopus purpusii*, o arroz-bravo (*Oryza perennis*) e ciperáceas como a taboa (*Cyperus giganteus*) e junco (*Eleocharis spp.*).

As áreas mais deprimidas e profundas formam lagoas dominadas por macrofila aquáticas como *Eichornia crassipes*, *Cabomba aquática*, *Nymphaea sp*, *Limnaceae*, *Salvinia*, *Azolla* e o alface-d'água.

#### **4.3.3. Savanas / Cerrados**

São formações com feições xeromórficas produzidas por estacionalidade ou estresse edafo-climático de origem hídrica ou de saturação de alumínio e ferro. As

savanas brasileiras, denominadas cerrados, podem ser definidas como ambientes onde existe um estrato herbáceo ou graminoso contínuo, exceto em algumas feições florestadas como o cerradão.

#### Savana Florestada (Cerradão) (Cd)

Forma de savana transitória para floresta, crescendo sobre solos ácidos e pobres, mas com certo grau de retenção hídrica, o que permite o aumento de biomassa. Corresponde a feição cerradão.

São comuns espécies como *Bowdichia virgilioides*, *Coccoloba latifolia*, *Andira sp.*, *Byrsonima crassa* etc.

#### Savana Arborizada (Cerrado Arbóreo-Arbustivo) (Ca)

Áreas densamente povoadas por elementos arbóreos, formando ilhas, somando-se ao estrato arbustivo. Esta categoria corresponde à forma típica de cerrado.

Predominam espécies características como *Curatella americana*, *Pseudobombax sp.*, *Qualea sp.* e *Tabebuia rósea*.

#### Savana Parque (Campo Cerrado) (Cp)

Desenvolve-se em solos pobres e fortemente lixiviados, alguns muito rasos com drenagem deficiente. Restringe o estrato arbóreo-arbustivo aos tensos e montículos mais altos; produzindo falhas na cobertura graminosa com exposição de areias quartzosas. Corresponde aos campos cerrado. São comuns espécies como a lixeira (*Curatella americana*) que predomina no estrato arbóreo e o pau-de-tucano (*Vochysia sp.*) dentre outras.

Savana gramíneo-lenhosa (Cerrado herbáceo-arbustivo: Campos limpo, sujo e de murundu) (Cg)

Áreas de cerrado com estrato herbáceo-graminoso dominante (até 90 % da cobertura do solo), algumas com feições mais lenhosas como os campos sujo e de murundu. Estes últimos podem ocorrer em áreas pobres, fortemente lixiviadas e sujeitas e estresse hídrico. Podem se desenvolver sobre terrenos arenosos ou lateritas hidromórficas mal drenadas.

São comuns capins e ciperáceas de fácil combustão como *Aristida sp.*, *Panicum sp.*, *Hyparrhenia rufa*, *Echinochloa sp.* dentre outras.

#### **4.3.4. Áreas de Contato**

No geral essas áreas estão localizadas no limite de formações geomorfológicas ou nas transições climáticas onde ocorrem a distribuição de manchas, em mosaico, de duas formações. Os contrastes são maiores onde as transições são entre formações savânicas e florestas. O estado de Rondônia possui uma grande parte de seu território composto por formações transientes entre os domínios geomorfoclimáticos da Amazônia e do Brasil Central.

##### **Contato Savana / Floresta Ombrófila (SO)**

Feição discriminada para a Chapada dos Parecis, em terrenos antigos do paleozóico, ocorrendo também em terrenos de relevo dissecado de mesozóico e pleistoceno. Os solos são geralmente pobres. As transições mais significativas são entre as savanas abertas (parque) e florestas ombrófilas abertas com palmeiras e cipós.

São comuns espécies como o umiri (*Humiria floribunda*) e a jacareúba (*Callophyllum brasiliense*). Nas formações savânicas associadas ocorrem a lixeira

(*Curatella americana*), o pau-de-tucano (*Vochysia sp.*), *Salvertia convaliodora* e veredas de burutis (*Mauritia flexuosa*).

#### 4.4. GEOMORFOLOGIA

A geomorfologia da Folha SC.20 – Z – C – Presidente Médici, foi obtida através dos dados de Rondônia, 2002 (Figura 16).

##### **4.4.1. Planícies Aluviais e Depressões (A)**

Este conjunto de unidades geomorfológicas é geneticamente originado por processos agradacionais, realizados, neste caso, em ambientes fluviais na sua maioria e eventualmente por processos lacustres ou associados a áreas com escoamento impedido.

##### Depressões, Lagos, Deltas/Cones (A.1)

São áreas onde o sistema fluvial comporta-se semelhantemente a um padrão distributário, ou onde as baixas declividades não permitem o escoamento concentrado em canais fluviais estando sujeitas a inundações excepcionais. Na área de estudo ocorrem os A.1.2.1 – Lagos Artificiais.

##### Terraços Fluviais (A.2)

Os terraços fluviais foram delimitados em função da rede de drenagem atual. Compreendem terrenos alçados em até 15/20 metros acima das planícies fluviais. Estes terraços foram subdivididos em função de suas características morfológicas e da dinâmica atual.

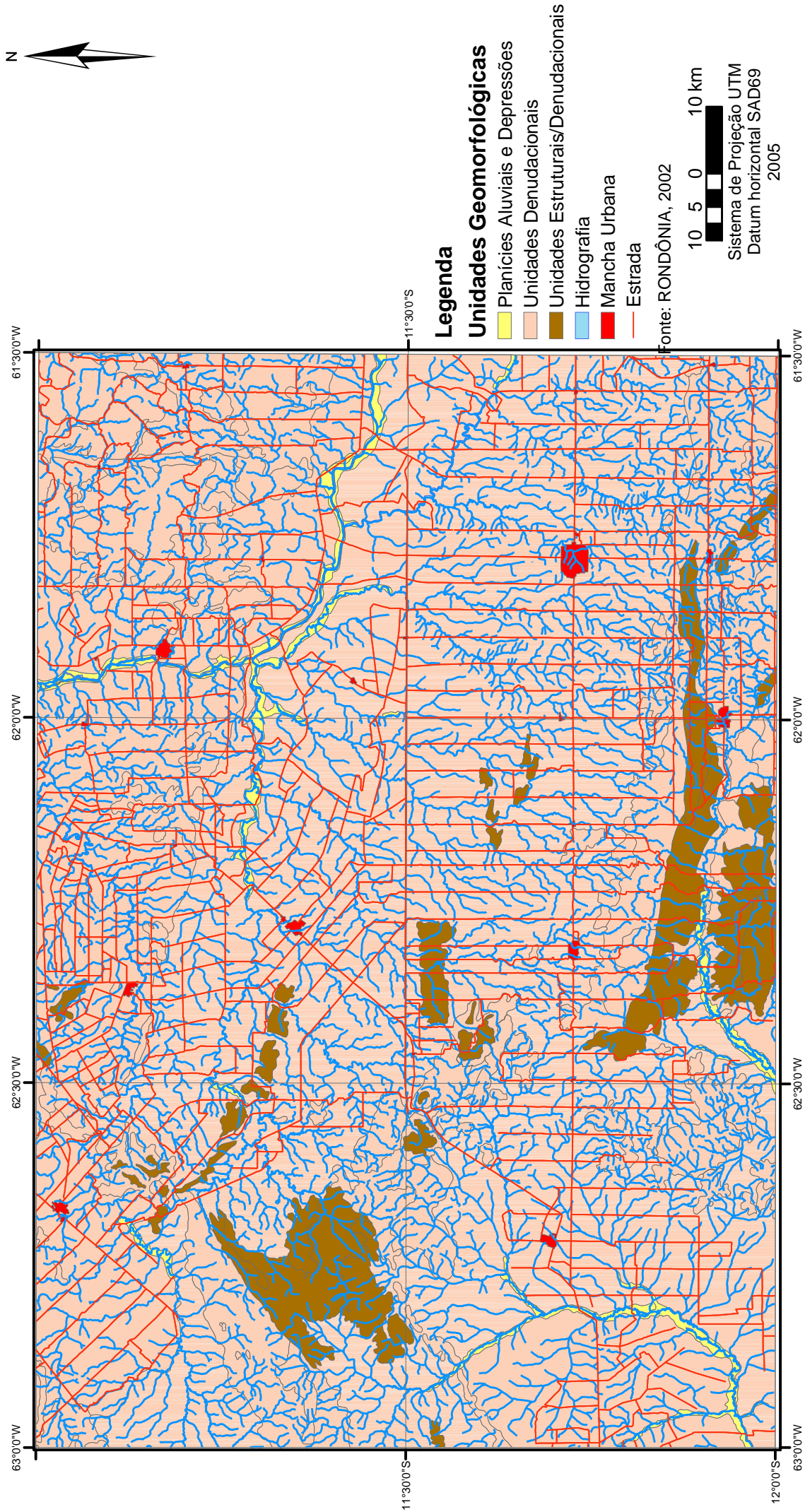


Figura 16 - Mapa Geomorfológico da Folha SC.20-Z-C - Presidente Médici



Desta forma foi observada a altitude relativa do terraço em relação à planície; a presença ou não de áreas pantanosas; marcas de leitos abandonados, bem como se o processo de dissecação fluvial encontra-se instalado sobre estes terraços. Detectaram-se quatro diferentes tipos de terraços no estado de Rondônia. Sendo encontrado na área da Folha Presidente Médici somente o A.2.1.1 – Terraços Altos não Dissecados.

### Planícies Fluviais (A.3)

Foram mapeadas neste conjunto as planícies fluviais, subdivididas entre aquelas que margeiam rios de grande porte, denominadas de Planícies Fluviais dos Rios Principais, e aquelas que margeiam os tributários de menor porte, denominadas de Planícies Fluviais de Rios Secundários. Esta subdivisão é feita apenas para enquadrar os rios e suas planícies em função da abrangência dos processos deposicionais, não havendo qualquer distinção entre os processos que atuam em uma ou em outra.

Uma faixa de planícies bastante ampla e extensa encontra-se ao longo do rio Ji-Paraná, estendendo-se desde a jusante da cidade de Ji-Paraná até a confluência com o rio Madeira.

O padrão de relevo é composto por planícies aluviais elaboradas por um rio de padrão meandrante, fato este associado a uma baixa declividade do perfil longitudinal do rio, que não possui energia suficiente para cortar a área em linha reta, necessitando meandrar para encontrar o melhor caminho para o escoamento.

As planícies fluviais elaboradas por rios com padrão retilíneo têm como principal exemplo alguns setores da faixa fluvial do rio Ji-Paraná. Esta planície não apresenta marcas de paleocanais em forma de meandros. Localmente são observadas faixas marginais ao rio, prováveis diques marginais, que acompanham o curso atual. Também são observadas pequenas soleiras, fato que ocasiona pequenas discontinuidades na

planície, servindo de anteparo para os sedimentos depositados as montantes e também para dinamizar o fluxo a jusante.

#### **4.4.2. Unidades Denudacionais (D)**

##### Footslopes (D.1)

Compreende áreas posicionadas topograficamente abaixo de uma superfície que está sendo erodida, podendo sofrer processos de erosão, mas também de deposição a partir de processos gravitacionais. Muitas vezes chegam a conformar escarpas erosivas, com presença de *free face* e depósitos gravitacionais no sopé.

Este sistema, na área mapeada, pode corresponder também a áreas de transição entre unidades geomorfológicas, ou áreas de transição entre os níveis de suave e média dissecação de uma mesma unidade. Nos rebordos erosivos proeminentes, os processos de dissecação fluvial são preponderantes na esculturação do modelado, gerando um desmantelamento da escarpa e um forte processo de recuo de cabeceiras. Na área em estudo encontra-se a unidade D.1.2 – Dissecação Média

##### Superfície de Aplainamento (D.2)

As superfícies de aplainamento é o tipo de unidade geomorfológica que ocupa a maior parcela de território do Estado de Rondônia, possuindo caimento geral no sentido dos grandes rios que cortam o Estado. Compreende extensas superfícies aplainadas, tratadas na literatura geomorfológica brasileira como elaboradas por processos de pediplanação.

São superfícies que abrangem centenas de quilômetros quadrados e possuem pendentes regionais geralmente abaixo de 1%. Como se tratam de áreas elaboradas em clima seco, encontram-se retocadas pela atuação do clima úmido que atualmente existe

nesta região. Este retoque é dado pela instalação de uma rede de drenagem com grande variação de densidade, ocorrendo áreas com forte dissecação e alta densidade de drenagem e áreas com fraca dissecação e baixa densidade de drenagem. Apesar disto, a inércia do sistema ainda permite analisar estas áreas como superfícies de aplainamento.

Outro aspecto que mostra transformação neste sistema é o intenso processo de meteorização das rochas e formação de espessos mantos de colúvios e solos. Resíduos do processo de aplainamento são observados pela existência de *inselbergs* e campos de matacões dispersos por toda a superfície.

#### Agrupamentos de Morros e Colinas (D.3)

Esta unidade geomorfológica compreende relevos em formas de morros e colinas dispersos por todo o Estado. Representa relevos residuais, associado a diferentes embasamentos litológicos e não possuindo controle estrutural evidente.

Este sistema se apresenta como uma área de colinas e morros dissecados pela ação fluvial. Ocorrem dispersos em toda a área mapeada, conformando um relevo muito dissecado, circundado por áreas aplainadas. Localmente recebem denominação de serras, em função de desníveis de até 150 metros.

A caracterização de complexos de *inselbergs* e *inselbergs isolados* está associada à interpretação de que estas áreas seriam remanescentes de um processo de aplainamento elaborado em clima árido ou semi-árido, semelhante ao existente no Nordeste do Brasil atualmente.

Estes *inselbergs* persistiram na paisagem em função de seu posicionamento geográfico, pois geralmente encontram-se afastados das grandes redes de drenagem e também em função de diferenciação litológica e estrutural.

### **3.4.3. Unidades Estruturais/Denudacionais (S)**

#### **Superfícies Tabulares (S.1).**

O padrão de formas predominantes é composto por interflúvios amplos e levemente tabulares, com fundos de vale geralmente abertos e amplos. Pequenas planícies fluviais formam-se em setores restritos da rede de drenagem.

#### **Agrupamentos de Morros e Colinas com Controle Estrutural (3)**

Corresponde a unidades geomorfológicas associadas ao forte controle estrutural que resulta em alinhamento das formas de relevo. Compreendendo um grande adensamento de morros, entremeados por vales abertos e conectados com a superfície de aplanamento circundante.

Conformam relevos em forma de Morros e Colinas, geralmente agrupados e localmente denominados de serras, pois se encontram alçados geralmente a mais de 100 metros dos relevos aplanados que geralmente os circundam.

#### ***Cuestas e Hogback* (4)**

Compreendem relevos assimétricos, associadas a faixas de dobramentos, com grande amplitude e correspondendo, nesta área, a relevos de caráter residual, circundados por superfícies de aplanamento.

## **4.5. SOLOS**

Na Figura 17 observamos o mapa de solos elaborado a partir dos dados de Rondônia, 2002.

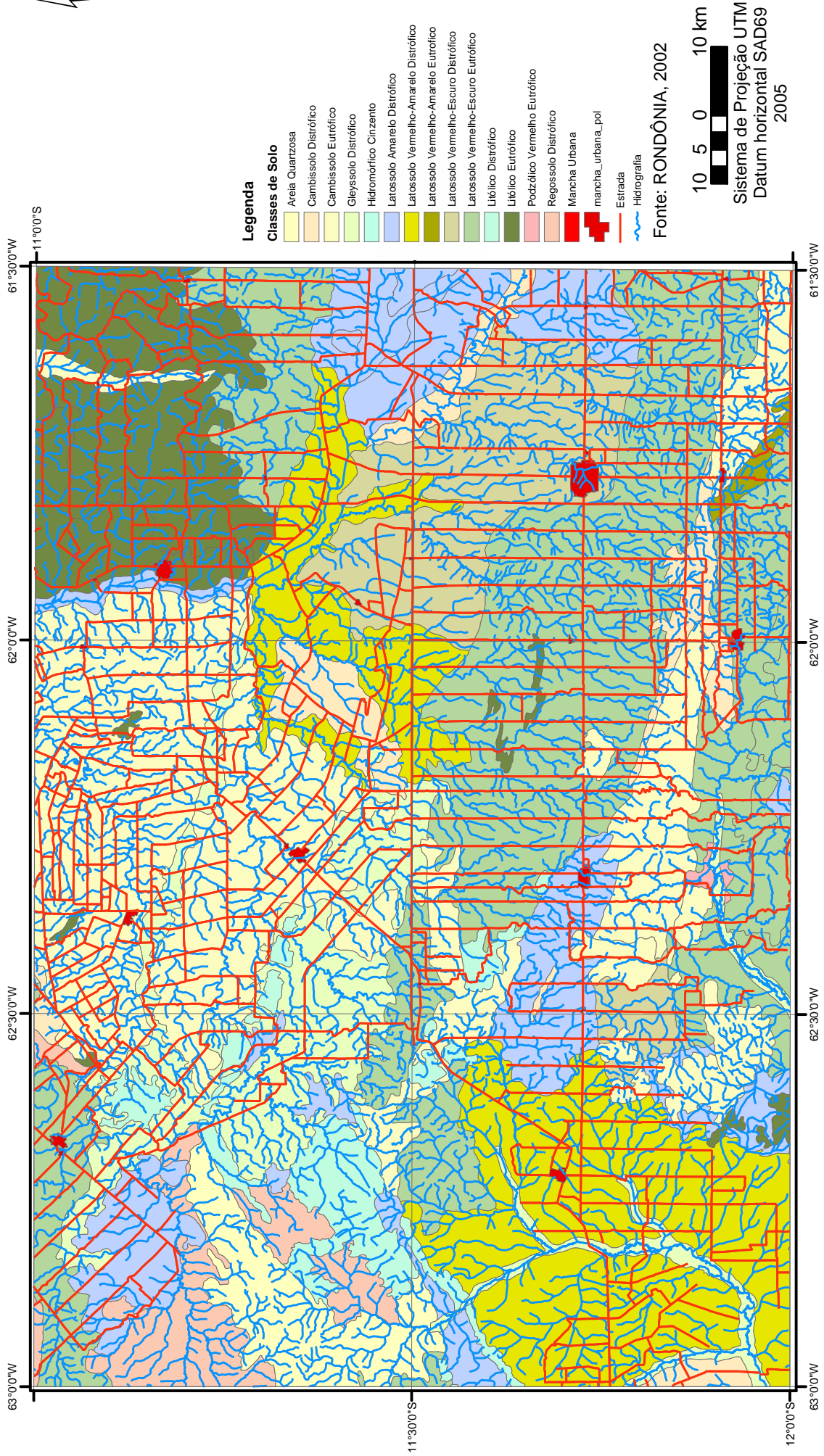


Figura17 - Mapa de Solos da Folha SC.20-Z-C - Presidente Médici

#### **4.5.1. Cambissolo**

Classe de solo muito expressiva no Estado, ocorre em terras firmes, predominando fertilidade natural baixa, pedregoso, pouco profundo (superior a 0,5 m e inferior a 1,00) e em relevo ondulado. Encontra-se Cambissolo Eutrófico e Cambissolo Distrófico .

#### **4.5.2. Regossolo Distrófico**

São solos pouco desenvolvidos (menor ou igual a 0.5 m de profundidade) e ocorrem em relevo ondulado a escarpado próximo ao afloramento de rocha. Sua fertilidade natural varia conforme o tipo de rocha, predominando a fertilidade natural média a alta. Apresenta quantidade significativa de fragmentos de rochas na superfície.

#### **4.5.3. Gleysolo Distrófico**

O nome origina da cor cinza, do inglês *gray*. Forma se a partir dos processos de redução influenciado pelo lençol freático que satura o solo com água em um determinado período do ano. Predomina a textura argilosa, baixa fertilidade natural, mal drenados e ocorrem em relevo plano.

#### **4.5.4. Hidromórfico Cinzento**

São solos que ficam inundados no período das chuvas e possuem baixa fertilidade natural. Foram mapeados na área as seguintes subordens: Latossolo Amarelo (coloração bruno-amarelado, baixo teor de ferro), Latossolo Vermelho-Amarelo (coloração vermelho-amarelo, teor de ferro intermediário), e Latossolo Vermelho-Escuro (coloração vermelho-escuro com teor de ferro elevado). A fertilidade natural é baixa, com exceção ao Latossolo Vermelho que a fertilidade natural é média a alta, assim os demais necessitam de correção e adubação para uso agrícola.

# CAPÍTULO V

## **5. CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS, INTEGRAÇÃO E PROCESSAMENTO DE DADOS**

### 5.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta os procedimentos utilizados nesta dissertação que, como forma de sistematização, foram divididos em quatro partes descritas a seguir:

- Aquisição de dados de diversas fontes;
- Criação do banco de dados geográficos;
- Integração e processamento dos dados e
- Discussões.

### 5.2. AQUISIÇÃO DE DADOS DE DIVERSAS FONTES

Para a criação do banco de dados geográficos utilizaram-se os dados temáticos de geomorfologia, solos, vegetação e clima do PLANAFLORO (Rondônia, 2002), para

geologia optou-se por utilizar as informações da companhia de Pesquisa de Recursos minerais (CPRM, 2003) por serem mais atualizadas e, por outro lado, testarmos a interoperabilidade entre as diversas fontes. A base cartográfica selecionada foi a da SEDAM (Rondônia, 2004) na escala 1:100.000 e as imagens orbitais do INPE (2003 e 2004) e NASA (1990, 2000a e 2000b). Esse conjunto visou à formação de um banco de dados com a integração de dados de diversas instituições permitindo, assim, o acompanhamento ou monitoria da evolução territorial das alterações ambientais verificadas na Folha SC. 20-Z.C – Presidente Médici, envolvendo séries temporais de dados.

*“Segundo [GEF97], os SIGs têm sido bastante utilizados a partir dos anos 80 como suporte para tomada de decisões em áreas como administração pública, meio ambiente, marketing, etc. Cada produto de software comercial de SIG se desenvolveu independentemente, com poucas terminologias e teorias em comum. Como resultado, é bastante complicado para diferentes sistemas compartilharem dados, para usuários treinados em um sistema utilizarem outro, ou para compartilhar aplicativos desenvolvidos em diferentes sistemas. O termo interoperabilidade sugere um mundo ideal onde não existiriam estes problemas, ou pelo menos onde estes fossem minimizados” Almeida, M.A. (1999, p. 27).*

Não ocorreram grandes problemas na integração dos dados mesmo sendo eles de sistemas diferentes, todos foram importados no SPRING sem perda dos mesmos. Foram feitas as associações necessárias entre os dados disponíveis com as categorias existentes no SPRING sempre respeitando o modelo conceitual. Os dados a serem importados têm necessariamente que estarem contidos no retângulo envolvente do projeto em uso.



Na importação é informado a projeção e o datum original e, o próprio processo de importação, remapeia para a projeção e datum do projeto em uso, estas informações devem constar nos metadados dos arquivos utilizados.

### 5.3. CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS

As técnicas de geoprocessamento procuram abstrair o mundo real, transferindo ordenadamente as suas informações para um sistema computacional. Essa transferência se inicia com a criação de uma base de dados geográficos que é de fundamental importância para o geoprocessamento e deve ter uma definição clara dos parâmetros, indicadores e variáveis, que serão necessários ao projeto a ser implementado. A montagem da base de dados, além de muito onerosa (Figura 18) exige um tempo longo para sua materialização, portanto a aquisição dos dados foi feita das bases de dados dos diversos órgãos oficiais que atuam no Estado, como PLANAFLORO, SEDAM, CPRM, e, ainda, do INPE e da NASA.

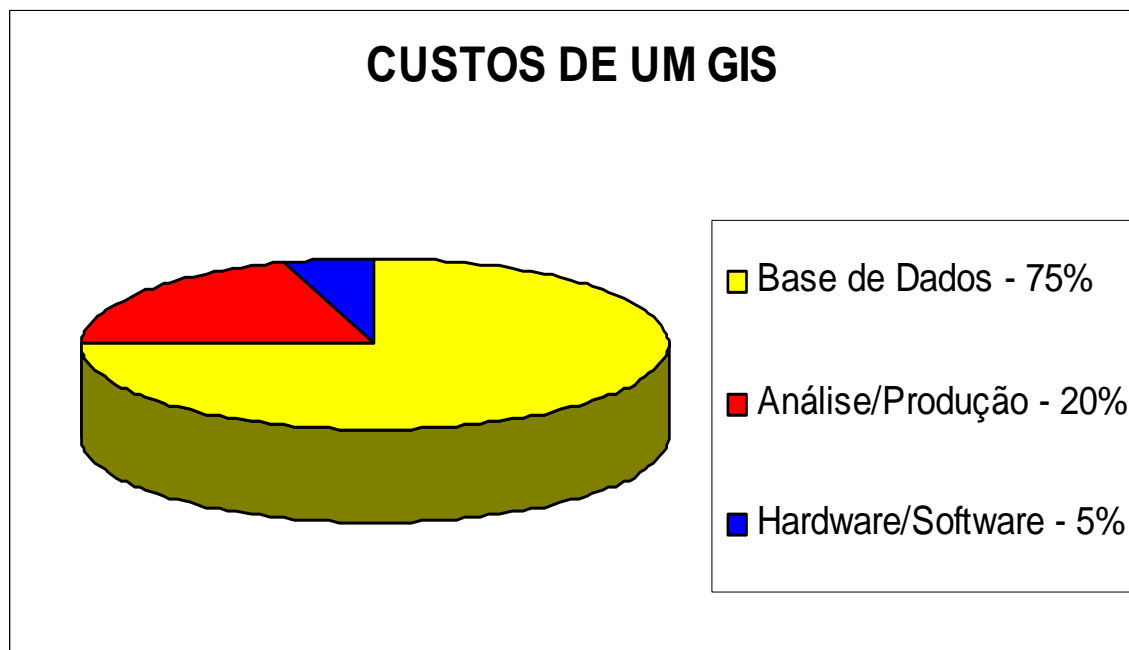


Figura 18 – Custos de um GIS.

Destaca-se que uma boa base de dados, bem estruturada e consistente é, sem sombra de dúvidas, muito importante em geoprocessamento. Segundo Silberschatz *et al.* (1999), os bancos de dados geográficos, armazenam informações relacionadas a localizações espaciais e fornecem suporte eficiente para consultas e indexações, com base nessas localizações espaciais. A base de dados será composta de mapas, imagens e textos que indexados permitem as consultas necessárias para a análise e tomada de decisões.

Para iniciar o trabalho foi criado um banco de dados no SPRING utilizando-se o Access como gerenciador de banco de dados. Criou-se o projeto que denominamos de Folha SC.20-Z-C, na projeção UTM e datum SAD69, e com as seguintes coordenadas geográficas longitude 1 = o 63° 10' 0.00", latitude 1 = s 12° 10' 0.00", longitude 2 = o 61° 20' 0.00" e latitude 2 = s 10° 50' 0.00". A escolha da projeção UTM e datum SAD69, foi em função da digitalização da base cartográfica originalmente nesta projeção. O Sistema de projeção UTM é utilizado na produção das cartas topográficas do sistema Cartográfico Nacional produzidos pelo IBGE e DSG, conforme normas estabelecidas pela Comissão Nacional de Cartografia – CONCAR.

Para inserir os dados no SPRING deve-se previamente definir o modelo de dados do banco com o tipo mais adequado de categoria, ou seja, se numérico, temático, cadastral, imagem, objeto ou não espacial e os planos de informações (PIs) para receber os dados. Em outras palavras, a forma de como será feita a representação do mundo real. No SPRING a qualquer momento pode-se criar ou alterar as categorias ou mesmo os planos de informações, não necessitando ser elaborado um modelo de dados completo para o projeto na hora de sua criação.

### 5.3.1. Importação dos Arquivos DXF

O formato DXF (*Drawing Interchange File*) foi criado para o intercâmbio entre o Autocad e os outros programas.

*“O SPRING importa dados DXF dos modelos temático e numérico e para tal, é necessário que os dados tenham sido digitalizados segundo alguns critérios” (NETGIS-Geoprocessamento e Informática Ltda., volume 1, 1998, p.11.23).*

Os dados de geologia foram digitalizados na CPRM através do MaxiCad e exportados para o formato DXF. O MaxiCAD trabalha com o método de digitalização do polígono inteiro (*whole polygon*), ou seja, as linhas comuns dos polígonos são representadas duas vezes uma para cada polígono (Almeida, L. F. B. de, 1999), este tipo de digitalização pode trazer muitos problemas de topologia, a duplicação das linhas comuns pode levar a criação de polígonos espúrios, dependendo, fundamentalmente, da acuidade na digitalização. Por outro lado, o SPRING trabalha com o método de digitalização arco-nó-polígono, onde as linhas comuns dos polígonos são digitalizadas uma só vez, este método é mais consistente topologicamente. Para transformar o tipo de digitalização do MaxiCAD para o do SPRING, utilizou-se a ferramenta de limpar vetor que elimina fragmentos duplicados e faz a topologia automática. A importação foi feita para a categoria temática com a classificação manual dos polígonos.

### 5.3.2. Importação dos Shapefiles

Foram importados os *shapefiles* de uso e vegetação, solos, geomorfologia e pluviometria, de Rondônia, 2002 e a base cartográfica, de Rondônia, 2004. O SPRING

através de ferramentas de importação transforma os *shapefiles* em PIs cadastrais que cria a tabela de objeto automaticamente.

Os arquivos no formato *shapefile* têm a topologia denominada de “*whole polygon*” e devem ser transformados para a topologia arco-nó-polígono, utilizada pelo SPRING o que é feito através de ferramentas de limpeza de vetor (topologia automática). A importação dos arquivos no formato *shapefile* se deu normalmente sem problemas de importação ou consistência de dados.

Destaca-se que os arquivos originais da SEDAM (Rondônia, 2004) no formato cobertura do ArcInfo são pobres em atributos, apresentam apenas um código identificador, geralmente uma letra-símbolo, e com raras exceções, apresentam outros atributos. “*O banco de dados geográficos (BDG) difere do convencional por armazenar, além dos dados alfanuméricos, dados sobre a localização das entidades*” (Moreira, 2003, p. 225). Na realidade as coberturas do ArcInfo do banco de dados geográficos do PLANAFLORO (Rondônia, 2002) são somente códigos associados às entidades gráficas, o que não permite fazer consultas para gerar novas informações.

Para identificar a unidade cartografada (solos, geomorfologia, vegetação) foi necessário pesquisar os textos individuais de cada tema e os mapas originais impressos. Existe uma base de dados para cada tema, exceto para geomorfologia que só foi escrito o texto. Por outro lado, essas bases de dados temáticas estão em sistemas específicos, como os sistemas de solo e vegetação. Os dados de geologia encontram-se em Access, os de hidrologia, hidrogeologia e clima, em Excel. O consórcio responsável pela execução dos trabalhos (Rondônia, 2002), atuou com equipes distintas, conseqüentemente os dados temáticos foram armazenados utilizando-se soluções diferentes, como por exemplo, o sistema de solos (SIGTERON). Mais grave, ainda, é o caso da geomorfologia, que são apresentados em texto, tornam difícil o trabalho em geoprocessamento, não permitindo consultas às tabelas para gerar novas informações.

Desta forma, é necessário uma modelagem de um banco de dados geográficos com as informações completas, ou seja, que todos os elementos geográficos tenham associados uma tabela de atributos representativa do tema.

### **5.3.3. Importação das Imagens**

As imagens Landsat TM 5, dos anos 2003 e 2004 foram obtidas no INPE através do site do Projeto Prodes Digital < <http://www.obt.inpe.br/prodes/>>. No site da Nasa <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>>, obteve-se as imagens Landsat ETM<sup>+</sup> 7, ano 2000 e as imagens Landsat TM 5, ano 1990 (Mosaico GeoCover). As imagens SRTM <<http://srtm.usgs.gov/>>, SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) pertencentes a um projeto conjunto da NASA (National Aeronautics and Space Administration), NGA (National Geospatial-Intelligence Agency) e ASI (Agência Espacial Italiana) objetivando um modelo digital de elevação (MDE) da Terra (Crepani & Medeiros, 2004), (Figura 19 e 20).

Todas as imagens foram obtidas com correção geométrica de alta qualidade. De uma forma geral, quase todas as imagens de satélites disponibilizadas pelas mais diversas instituições de pesquisa, já estão corrigidas geometricamente por meio de um modelo matemático que usa as informações transmitidas pelo satélite, junto com os dados da imagem. Desta forma, os dados de posição e velocidade do satélite (efemérides), de altitude da plataforma e de alguns parâmetros inerentes ao funcionamento do sensor, são utilizados para definir as coordenadas geográficas de cada pixel (célula) no momento da aquisição do mesmo.

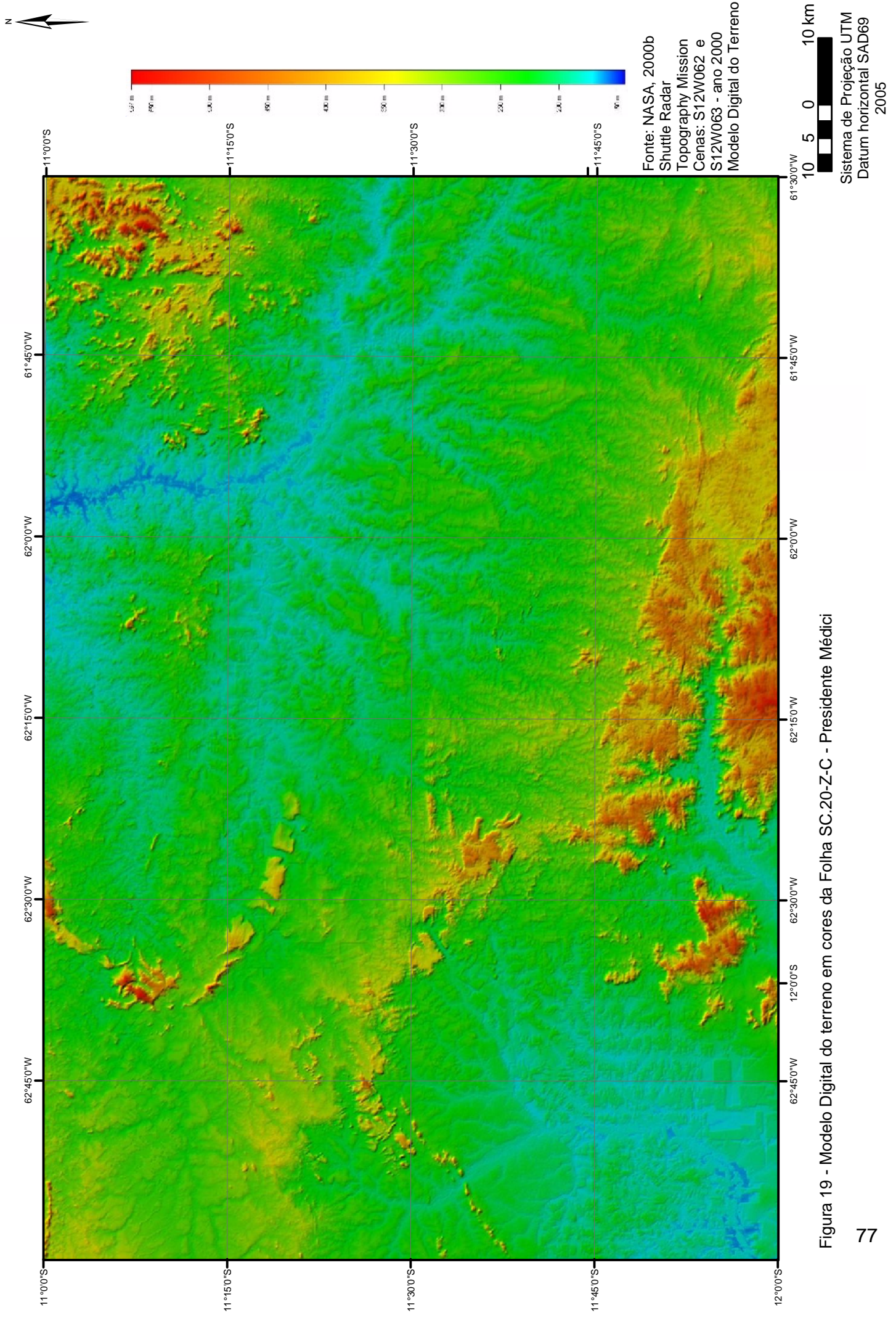


Figura 19 - Modelo Digital do terreno em cores da Folha SC.20-Z-C - Presidente Médici

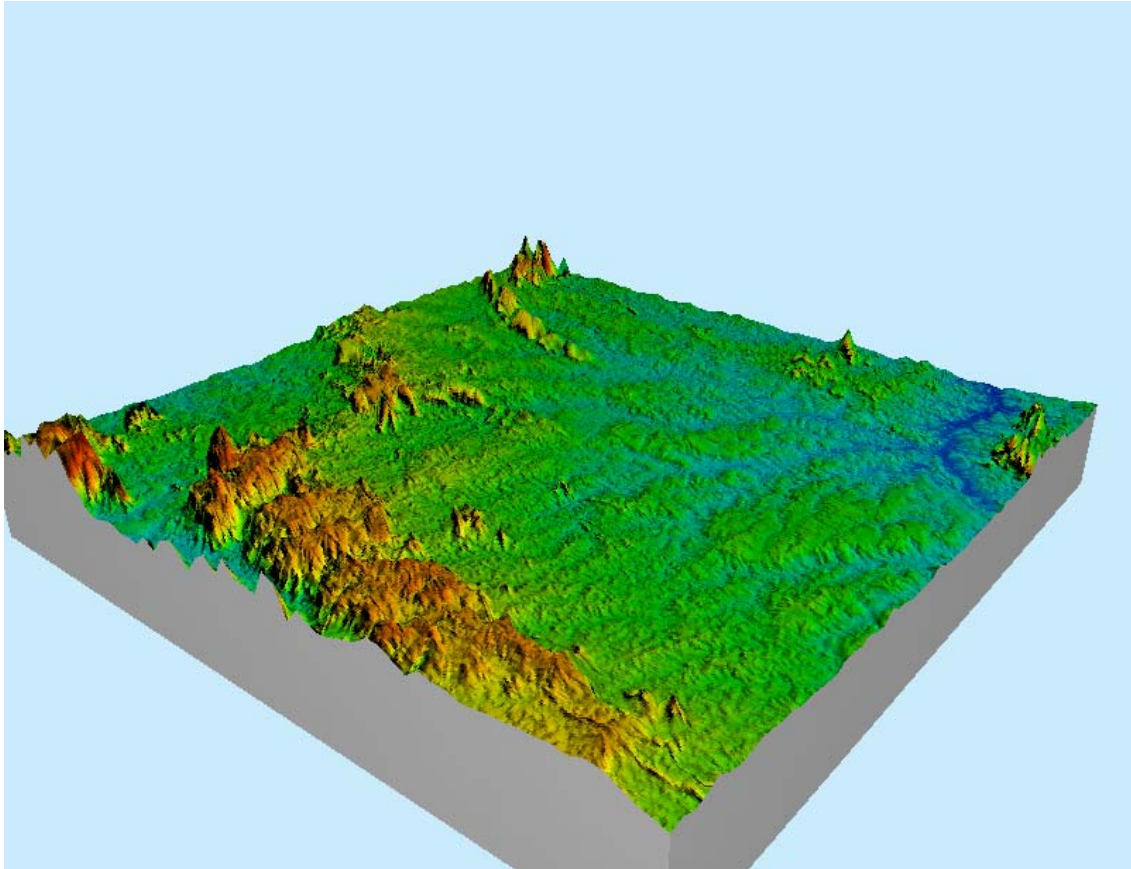


Figura 20 - Bloco diagrama da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici.

#### 5.4. INTEGRAÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

A metodologia de mapeamento da vulnerabilidade natural à erosão desenvolvida por Crepani *et al.* 1996, adota imagens de satélite como âncora para, a partir da análise e interpretação, efetuar a justaposição das informações temáticas. Nesta etapa optamos por utilizar uma imagem híbrida (Gaio Jr. *et al.* 2005) Landsat ETM<sup>+</sup> 7, ano 2000, com SRMT, do mesmo ano, que confere uma significativa definição para análise visual e auxilia na justaposição dos temas.

Foram utilizadas as imagens do mosaico ortorretificado de imagens ETM<sup>+</sup> GeoCover LandSat 7 de 2000, que apresentam uma resolução espacial de 14,25 metros resultante do “*sharperning*” das bandas 2, 4 e 7 com a banda pancromática (Banda 8), e

imagens do SRMT na forma de grade de modelos numéricos do terreno (MNT) com resolução de 90 metros. Para criar a imagem do SRMT para compor a imagem híbrida LandSat / SRMT foi criada uma imagem sombreada a partir do refinamento da grade de MNT.

#### **5.4.1. Refinamento da Grade de MNT e Geração de Imagem Sombreada**

O refinamento da grade retangular de MNT consiste em diminuir o espaçamento entre os pontos da grade original por interpolação criando uma nova grade, onde o valor da cota z da nova grade é estimado através de interpolador bicúbico (Crepani & Medeiros, 2004). Através do interpolador bicúbico do SPRING foi possível gerar uma nova grade de MNT com resolução de 14,25 metros igual à resolução do mosaico ortorretificado de imagens ETM<sup>+</sup> GeoCover LandSat 7.

O passo seguinte foi à geração de uma imagem sombreada onde se consideram o ângulo azimutal e o ângulo de elevação da fonte luminosa, além do exagero do relevo, possibilitando visualizar as diferenças de relevo (Crepani & Medeiros, 2004).

Foram utilizados os seguintes parâmetros para a imagem sombreada empregada na composição com o LandSat:

Azimute = 135°

Elevação = 45°

Exagero de Relevo = 3 metros

A imagem obtida a partir desses parâmetros apresenta tonalidades de cinza, onde as áreas iluminadas aparecem em tonalidades claras e as áreas sombreadas em tonalidades escuras, numa gradação entre o branco e o preto. As áreas planas apresentam-se em tonalidades intermediárias (Crepani & Medeiros, 2004).



Na Figura 21 é mostrada a imagem sombreada com resolução de 14,25 metros, azimute = 135°, elevação = 45° e exagero de relevo de 3 metros que foi utilizada para compor a imagem híbrida com o LandSat..

#### **5.4.2. Geração de Imagem Híbrida**

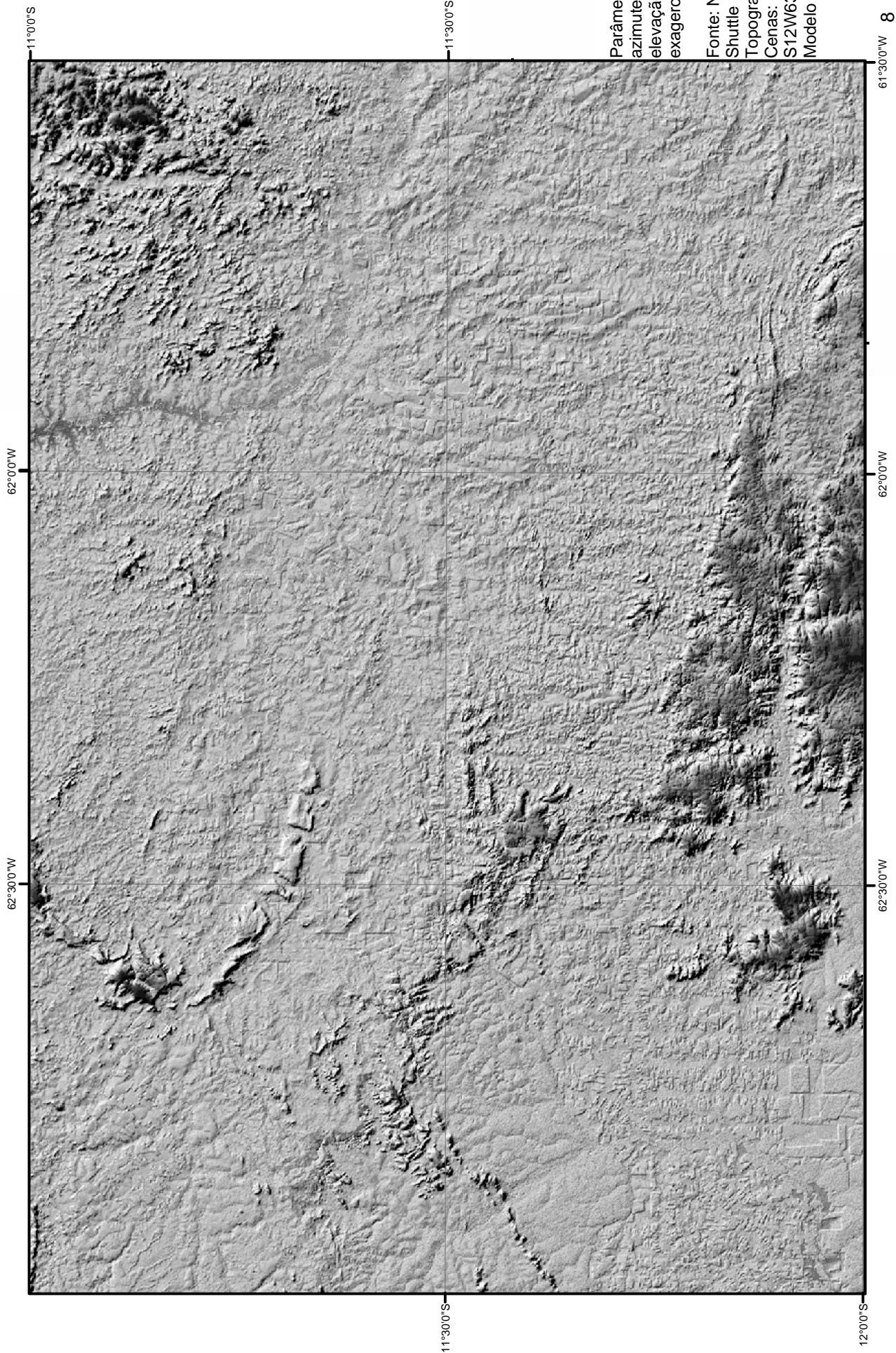
Com a imagem do mosaico ortorretificado ETM<sup>+</sup> GeoCover LandSat 7 de 2000 com resolução espacial de 14,25 metros e a imagem sombreada com resolução espacial de 14,25 metros, gerada a partir do processamento de imagens do SRMT na forma de grade de modelos numéricos do terreno com resolução de 90 metros, foi composta a imagem híbrida Landsat / SRMT.

A melhor imagem híbrida foi obtida na composição RGB, com a banda 5 do Landsat no canal vermelho (R), a imagem sombreada no canal verde (G) e a banda 3 do Landsat no canal azul (B).

Na Figura 22 é mostrada a imagem híbrida, com resolução de 14,25 metros, composta pela fusão de imagem LandSat e a imagem sombreada, gerada a partir do processamento de imagens do SRMT.

#### **5.4.3. Análise e Reinterpretação dos Dados Temáticos**

Os dados temáticos foram analisados, reinterpretados e ajustados com edição em tela usando-se como âncora a imagem híbrida LandSat/SRMT que conferiu uma melhor definição e visualização do relevo. Facilitando os ajustes e a reinterpretação das unidades temáticas.



Parâmetros:  
azimute = 135°  
elevação = 45°  
exagero = 3 metros

Fonte: NASA, 2000b  
Shuttle Radar  
Topography Mission  
Cenas: S12W062 e  
S12W63 - ano 2000  
Modelo Digital do Terreno

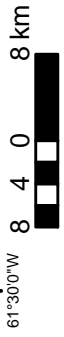
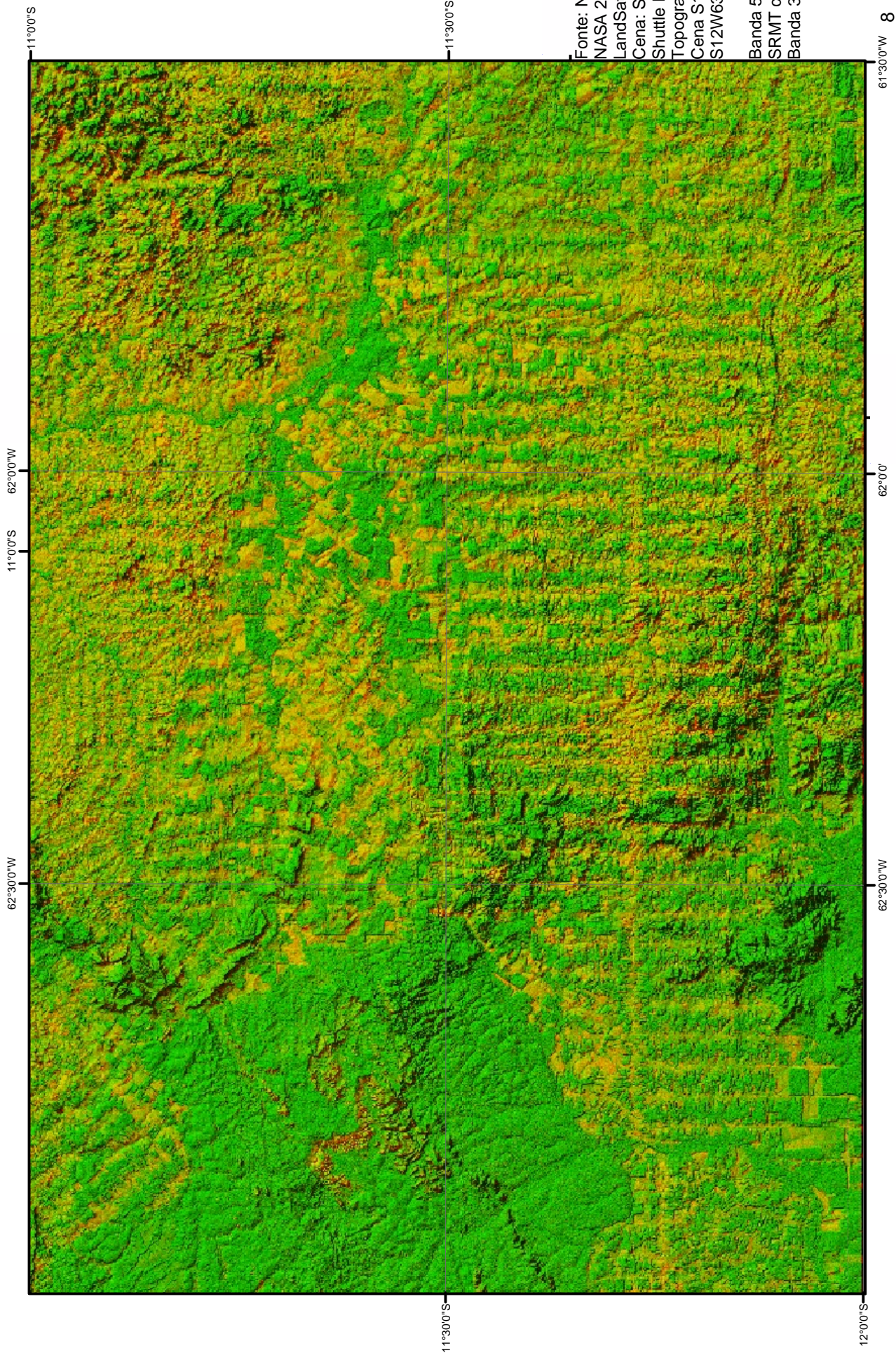


Figura 21 - Imagem Sombreada da Folha SC.20-Z-C - Presidente Médici

Sistema de Projeção UTM  
Datum horizontal SAD69  
2005



Fonte: NASA, 2000a e  
NASA 2000b  
LandSat 7 - ano 2000  
Cena: S-20-10 e  
Shuttle Radar  
Topography Mission  
Cena S12W062 e  
S12W63 - ano 2000  
Banda 5 canal vermelho  
SRMT canal verde  
Banda 3 canal azul



Figura 22 - Imagem Híbrida Landsat/SRMT da Folha SC.20-Z-C - Presidente Médici

Sistema de Projeção UTM  
Datum horizontal SAD69  
2005

*“A reinterpretação dos dados temáticos sobre imagens de satélite é importante para garantir que os novos Planos de Informação criados tenham uma justaposição perfeita entre si. Deste modo, os processos que deram origem às diferentes unidades de paisagem podem ser mapeados e georreferenciados, evitando que sejam criados polígonos sem representação no mundo real” (Palmeira, 2004, p. 53).*

Os dados importados do PLANAFLORO (Rondônia, 2002) para o modelo cadastral foram transformados no modelo temático, ou seja, os dados de geomorfologia, solos e vegetação. Com os temas geologia, solos, geomorfologia, vegetação e precipitação no modelo temático, procedeu-se a transformação em matriz de cada um deles, objetivando-se as operações de álgebra de mapas.

O próximo passo foi à operação de ponderação, onde através de um programa em linguagem LEGAL transformaram-se os dados temáticos em uma matriz numérica (MNT) com os pesos predefinidos para cada unidade cartografada. Para efetuar a ponderação foram pesquisados os valores para cada unidade de geologia, solos, geomorfologia, vegetação e clima (precipitação).

#### **5.4.4. Atribuição dos índices**

A Metodologia desenvolvida para subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico prevê os valores em função do grau de coesão das rochas, ou seja, quanto maior o grau de coesão mais próximo de 1 será o índice (Crepani *et al.* 1996).

Indiscutivelmente, as rochas que sofreram deformações têm seu grau de coesão original reduzido de acordo com a deformação sofrida, ou seja, as deformações geram zonas de fraqueza nas rochas e vias preferenciais de percolação de fluidos no interior das mesmas. Desta forma, incluímos um mapa de distância de falhas e fraturas para atribuir

novos pesos, uma vez que estas estruturas causam uma considerável diminuição no grau de coesão das rochas afetadas por essas deformações. Apresenta-se a Figura 23 - Mapa de Distâncias de Falhas e Fraturas da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici.

Como primeiro passo elaborou-se a tabela de Índices de Geologia, Tabela 6 e a Tabela 7 – Índices Buffer de Falhas. No Buffer de falhas foram utilizadas duas faixas de distâncias uma de 0 a 500 metros e outra de 501 a 1000 metros para representar os diferentes graus de coesão das rochas deformadas.

**Tabela 6 - Índices de Geologia.**

<b>Descrição</b>	<b>Índices</b>
Rio – drenagens	0,0
Qha – Depósitos Aluvionares	3,0
TQi – Coberturas Sedimentares Indiferenciadas	2,8
PCpb – Formação Pimenta Bueno	2,6
Mnp – Formação Palmeiral	2,3
Mrp – Suíte Intrusiva Rio Pardo	1,4
Mrb – Formação Rio Branco	1,7
Mmg(cs) – Formação Migrantinópolis (rochas calcissilicáticas)	1,8
Mmg – Formação Migrantinópolis	2,0
Msp – Suíte Intrusiva Serra da Providência	1,4
Msp(gb) – Suíte Intrusiva Serra da Providência (Gabros, charnockitos e mangeritos)	1,6
Pjm – Complexo Jamari	1,6

**Tabela 7 - Índices de Buffer de Falhas.**

<b>Campo</b>	<b>Distância Em Metros</b>	<b>Acréscimo Ao Índice De Geologia</b>
próximo	0 a 500 metros	50%
longe	501 a 1.000 metros	25%

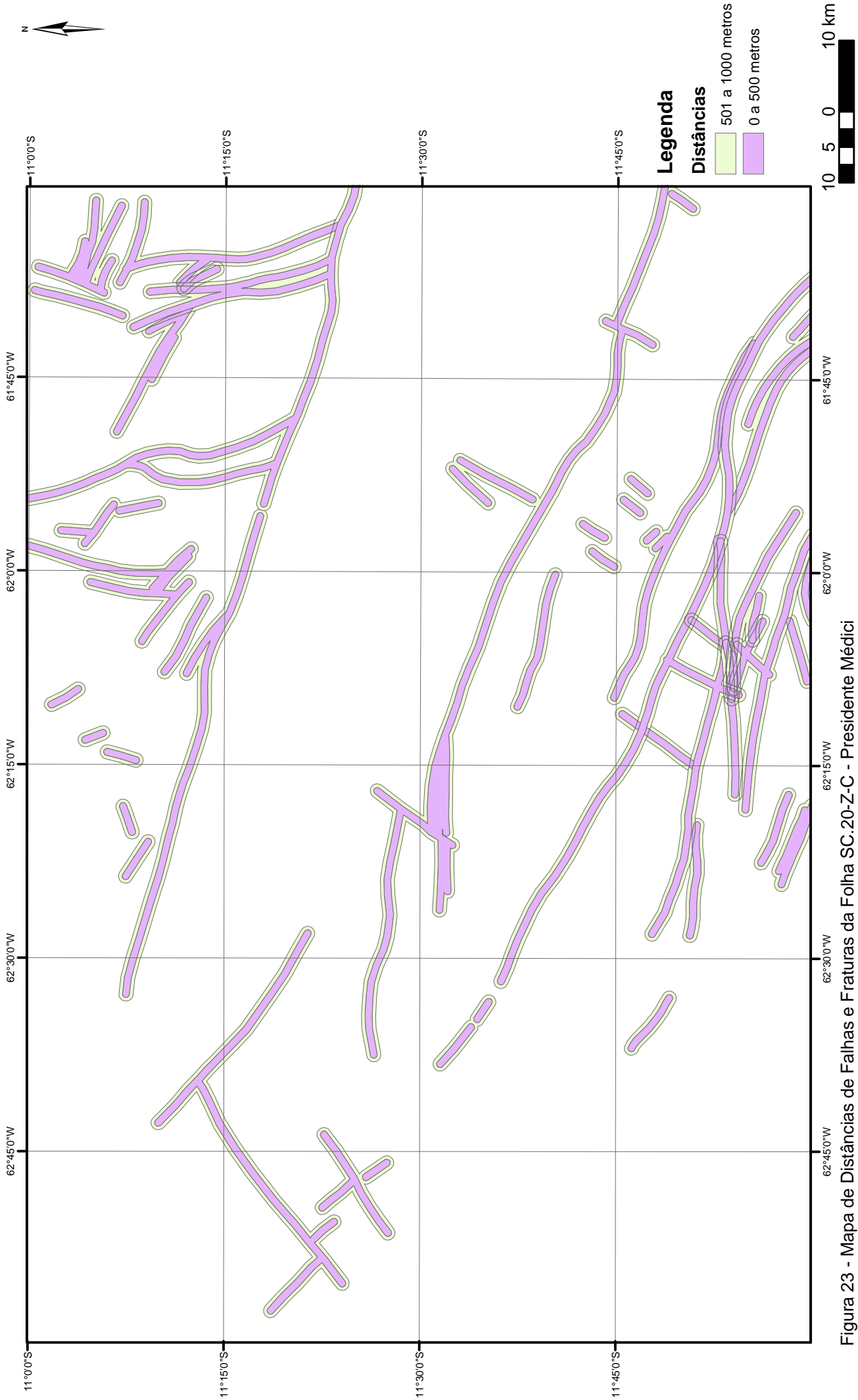


Figura 23 - Mapa de Distâncias de Falhas e Fraturas da Folha SC.20-Z-C - Presidente Médici

Sistema de Projeção UTM  
Datum horizontal SAD69  
2005

Atribuídos os índices de geologia e os índices de distâncias de falhas e fraturas, passou-se a definir os índices de vegetação.

Para o tema vegetação, a densidade de cobertura vegetal é o parâmetro para a definição do índice, conforme a proteção proporcionada à unidade de paisagem, ou seja, quanto mais baixa a densidade de cobertura vegetal, mais próximo de 3 é o índice (Crepani *et al.* 1996). Na Tabela 8 – Índices de Vegetação, apresenta-se o resultado da definição dos índices conforme a cobertura vegetal.

**Tabela 8 - Índices de Vegetação.**

<b>Unidade</b>	<b>Descrição</b>	<b>Índices</b>
Aa	Floresta Ombrófila Aberta Aluvial / Floresta de Áreas Inundáveis	1,5
As	Floresta Ombrófila Aberta Submontana	1.3
Da	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	1,0
Ds	Floresta Ombrófila Densa Submontana	1.0
Pb	Formação Pioneira sob Influência Fluvial Arbustiva	2.5
Ph	Formação Pioneira sob Influência Fluvial Herbácea e/ou Graminóide	2.7
So	Contato Savana/Floresta Ombrófila	1.8
Cd	Savana Florestada (Cerradão)	2,5
Ca	Savana Arborizada (Cerrado Arbóreo Arbustivo)	2,4
Cp	Savana Parque (Campo Cerrado)	2,2
Cg	Savana Gramínea Lenhosa (Cerrado Herbáceo Arbustivo: Campos Limpos, Sujos e de Murundu)	2,8
OO	Áreas desflorestadas	3,0
hidrografia	Drenagens	0,0

Na seqüência dos trabalhos, a etapa seguinte foi definir os índices para as unidades geomorfológicas. Os valores de estabilidade das unidades geomorfológicas são dependentes das formas de relevo e do grau de dissecação. Na Tabela 9 pode-se observar o resultado da definição dos índices de geomorfologia .

**Tabela 9 - Índices de Geomorfologia.**

<b>Unidade</b>	<b>Descrição</b>	<b>Índices</b>
RIO	Drenagens	0,0
A	Planícies Aluviais e Depressões	
2	Terraços Fluviais	
A211	Terraços Altos não Dissecados	2,8
3	Planícies Inundáveis e Vales	
A32	Rios Secundários	3,0
D	Unidades Denudacionais	
1	Footslopes.	
D12	Dissecação Média	1,4
2	Superfície de Aplainamento	
D2111	Nível I (> 300 m) com Interflúvios Tabulares e Nenhum ou Esporádicos Inselbergs e Tors	1,5
D2121	Nível I (> 300 m) com Dissecação Baixa a Média e Nenhum ou Esporádicos Inselbergs e Tors	1,6
D2132	Nível I (> 300 m) com Dissecação Alta, Muitos Tors e Hillocks Residuais.	2,0
D2210	Nível II (< 300 m) com Relevo Plano e Evidências de Superfícies com Couraças Ferruginosas.	1,5
D2211	Nível II (< 300 m) com Dissecação Baixa e Nenhum ou Esporádicos Inselbergs e Tors	1,6
D2212	Nível II (< 300 m) com Dissecação Baixa e Muitos Tors e Hillocks Residuais	2,0
D2221	Nível II (< 300 m) com Dissecação Média e Nenhum ou Esporádicos Inselbergs e Tors	1,6
D2222	Nível II (< 300 m) com Dissecação Média e Muitos Tors e Hillocks Residuais	1,8
3	Agrupamentos de Morros e Colinas	
D31	Aberto com Colinas/Inselbergs Baixos e Médios	2,3
D32	Denso com Colinas/Inselbergs Médios e Altos	2,4
S	Unidades Estruturais/Denudacionais	
1	Superfícies Tabulares	
S110	Planas com Ferricrete Cap Rock	1,5
S111	Em Rochas Sedimentares com Baixa Dissecação	1,6
S112	Em Rochas Sedimentares com Baixa e Média Dissecação	1,8
3	Agrupamentos de Morros e Colinas com Controle Estrutural	
S31	Agrupamentos Abertos	2,0
S32	Agrupamentos Densos	2,3
4	Cuestas e Hogback	
S421	Hogback com Dissecação Baixa	2,3
S422	Hogback com Dissecação Média a Alta	2,0



O passo seguinte foi à identificação dos índices para as unidades de solos. As unidades de solos mais estáveis receberam valores de índice próximos de 1 e as unidades de solos mais instáveis receberam os valores de índice próximo de 3 (Tabela 10).

**Tabela 10 - Índices de Solos.**

<b>Tipo de solo</b>	<b>Componentes</b>	<b>Cálculo</b>	<b>Índices</b>
CD2	CD		2,5
CD4	CD		2,5
CD5	CD + AD	$(0,6 \times 2,5) + (0,4 \times 3,0)$	2,7
CD7	CD + LAD	$(0,6 \times 2,5) + (0,4 \times 1,0)$	1,9
CD9	CD + PVE	$(0,6 \times 2,5) + (0,4 \times 2,0)$	2,3
CE1			2,5
CE2	CE + BV	$(0,6 \times 2,5) + (0,4 \times 2,0)$	2,3
CE5	CE + LVE	$(0,6 \times 2,5) + (0,4 \times 1,0)$	1,9
CE6	CE + LAD	$(0,6 \times 2,5) + (0,4 \times 1,0)$	1,9
CE8	CE + LLE	$(0,6 \times 2,5) + (0,4 \times 1,0)$	1,9
ED3	ED + O + WD	$(0,7 \times 2,5) + (0,2 \times 3,0) + (0,1 \times 2,5)$	2,6
GD3	GD + PT	$(0,6 \times 3,0) + (0,4 \times 3,0)$	3,0
GD11	GD + LAD	$(0,6 \times 3,0) + (0,4 \times 1,0)$	2,2
GD14	GD + RE	$(0,6 \times 3,0) + (0,4 \times 3,0)$	3,0
HC1			3,0
LAD1			1,0
LAD5			1,0
LAD6			1,0
LAD7			1,0
LAD16	LAD + GD	$(0,6 \times 1,0) + (0,4 \times 3,0)$	1,8
LAD25	LAD + LLD	$(0,6 \times 1,0) + (0,4 \times 1,0)$	1,0
LAD27	LAD + LLD	$(0,6 \times 1,0) + (0,4 \times 1,0)$	1,0
LAD30	LAD + LVE	$(0,6 \times 1,0) + (0,4 \times 1,0)$	1,0
LAD39	LAD + PAD	$(0,6 \times 1,0) + (0,4 \times 2,0)$	1,4
LLD6	LLD + AD	$(0,6 \times 1,0) + (0,4 \times 3,0)$	1,8
LLD16	LLD + LLD		1,0
LLD22	LLD + CD	$(0,6 \times 1,0) + (0,4 \times 2,5)$	1,6
LLE10	LLE + CE + BV	$(0,7 \times 1,0) + (0,2 \times 2,5) + (0,1 \times 2,0)$	1,7
LVD1			1,0
LVD2	LVD + LLD	$(0,6 \times 1,0) + (0,4 \times 1,0)$	1,0
LVE5	LVE + CE	$(0,7 \times 1,0) + (0,3 \times 2,5)$	1,45
LVE7	LVE + LAE		1,0
LVE8	LVE + LLD		1,0
LVE9	LVE + LLD		1,0
LVE10	LVE + LLE		1,0
PVE4	PVE + LAD	$(0,6 \times 2,0) + (0,4 \times 1,0)$	1,6
Q4	Q + GD		3,0
RD1			3,0
RE1			3,0
RE2	RE + CD	$(0,6 \times 3,0) + (0,4 \times 2,5)$	2,8
RE5	RE + PE + LLE		2,6
Cidade			3,0
RIO			0,0

Segundo Crepani *et al.* (1996), uma unidade de paisagem natural é estável, quando favorece o processo de pedogênese, ou seja, quando o ambiente favorece a formação e o desenvolvimento do solo.

Com os índices de solos definidos iniciou-se a definição dos índices para o clima.

Segundo Palmeira (2004), a erosão hídrica causada pelo impacto das chuvas e arraste de partículas do solo, ou pelo movimento do rio em seu leito é a forma mais comum e mais importante de erosão. Também defende como as principais características físicas da chuva envolvidas nos processos erosivos são a quantidade ou pluviosidade total, a intensidade pluviométrica (mais importante) e a distribuição sazonal.

Assim, as unidades de paisagem localizadas em regiões que apresentam menores índices pluviométricos anuais e maior duração para o período chuvoso receberão valores próximos à estabilidade (1,0), aos valores intermediários associam-se os valores de vulnerabilidade/estabilidade ao redor de (2,0), e às unidades de paisagem localizadas em regiões de maiores índices de pluviosidade anual e menor duração do período chuvoso atribuem-se valores próximos da vulnerabilidade (3,0) (Crepani *et al.* 1996; Palmeira, 2004).

Na Tabela 11 são mostrados os índices de vulnerabilidade à erosão relacionados aos valores de intensidade pluviométrica.

**Tabela 11 - Índices de Intensidade Pluviométrica.**

<b>Intensidade pluviométrica (mm/ano)</b>	<b>Vulnerabilidade</b>
1500	1,75
1600	1,80
1700	1,85
1800	1,90
1900	1,95

Com todos os pesos definidos, passou-se para a elaboração dos mapas de evidências.

#### **5.4.4. Elaboração dos mapas de evidências**

Para a elaboração dos mapas de evidências, transformaram-se os planos de informações do modelo temático do formato vetorial em matriz, todos com o mesmo tamanho de pixel. Foram transformados em matriz os PIs geologia e distâncias de falhas, vegetação, geomorfologia, solos e clima (precipitação).

O próximo passo foi às transformações dos PIs no modelo temático em PIs no modelo numérico. Para essa transformação utilizou-se a programação em LEGAL.

Com os pesos definidos, foi efetuada a transformação do PI temático geologia em um PI numérico, através do programa em LEGAL apresentado a seguir, que recupera o PI temático geologia e transforma em um PI no modelo numérico, onde cada unidade geológica passa a receber um valor referente ao índice atribuído à mesma conforme a Tabela 6 (página 84).

```
{  
  //Programa elaborado para converter o mapa temático de geologia em mapa  
  //de geologia no modelo numérico através do comando PONDERE.  
  //declaração  
  Tematico vrgeo ("geologia_tm");  
  Numerico vrpond ("Numerico");  
  Tabela tabgeo (Ponderacao);  
  // instanciação  
  vrgeo = Recuperar (Nome = "geologia");  
  vrpond = Novo (Nome = "geologiaponderado", ResX = 30, ResY = 30, Escala =  
  250000, Min = 0, Max = 3);
```

```

tabgeo = Novo (CategoriaIni = "geologia_tm",
"rio" : 0.0,
"Qha" : 3.0,
"TQi" : 2.8,
"pjm" : 1.6,
"pcpb" : 2.6,
"Mmg" : 2.0,
"Mrb" : 1.7,
"Mrp" : 1.4,
"Mnp" : 2.3,
"Msp" : 1.4,
"Mmg(cs)" : 1.8,
"Msp(gb)" : 1.7);
//Operação
vrpond = Pondere (vrgeo, tabgeo);
}

```

Como resultado obteve-se o mapa geológico no modelo numérico resultante da operação de ponderação. Na Figura 24 - Mapa Geológico no Modelo Numérico, apresentado a seguir, observa-se o mapa no formato para ser utilizado na álgebra de mapas, ou seja, cada unidade geológica representada por seu peso referente ao grau de coesão das rochas.

Quanto mais resistente mais próximo de um será o índice, e quanto menos resistente mais próximo de três será o índice. A representação do PI no modelo numérico é feita através de uma grade numérica e de uma imagem em tons de cinza onde quanto mais próximo de um mais escuro e quanto mais próximo de três mais claro é o tom de cinza.



O passo seguinte foi à transformação do Mapa de Distâncias de Falhas, no modelo temático, para o modelo numérico através do programa em LEGAL apresentado a seguir, onde as distâncias das fraturas e falhas nas faixas de 0 a 500 e 501 a 1000 metros, receberam os índices de acordo com a Tabela 7 (página 84).

```
{
//Programa elaborado para converter o mapa temático de distâncias das estruturas
em mapa
//de distâncias estruturas no modelo numérico através do comando PONDERE
//Declaração
Tematico vrbuf ("geologia_tm");
Numerico vrpond ("Numerico");
Tabela tabbuf (Ponderacao);
// Instanciação
vrbuf = Recuperar (Nome = "buffer_estruturas");
vrpond = Novo (Nome = "bufferponderado", ResX = 30, ResY=30, Escala = 250000,
Min = 0, Max = 3);
tabbuf = Novo (CategoriaIni = "geologia_tm",
"proximo" : 1.5, "longe" : 1.25);
//Operação
vrpond = Pondere (vrbuf, tabbuf);
}
```

O resultado desta operação está representado na Figura 25 – Mapa de Distâncias de Falhas e Fraturas no Modelo Numérico, onde foram dados pesos as zonas de influência dos falhamentos e fraturas.

Para representar a coesão das rochas fraturadas e não fraturadas, foram combinadas as informações da geologia com as estruturas (falhas e fraturas), zonas de rochas com menor coesão. Utilizou-se o programa em LEGAL a seguir que atribuiu um

índice inferior às unidades geológicas cortadas pelo Mapa de Distância de Fraturas, ou seja, a unidade não cortada pelo Mapa de Distância de Fraturas recebe o seu índice original e, quando cortada pelo Mapa de Distância de Fraturas passa a receber um índice 50% maior para a faixa de 0 a 500 metros e 25% maior para a faixa 501 a 1.000 metros, caracterizando, desta forma, as zonas onde o mesmo tipo litológico tem um grau de coesão menor, o que não está previsto na metodologia proposta por Crepani *et al.* 1996.

```
{
// programa em LEGAL desenvolvido para ponderar geologia e distância das
estruturas
// Declaração
Numerico vrgeo ("Numerico");
Numerico vrbuf ("Numerico");
Numerico vrgeobuf ("Numerico");
Numerico vrnovo ("Numerico");
// Instanciação
vrgeo = Recuperere (Nome = "geologiaponderado");
vrbuf = Recuperere (Nome = "bufferponderado");
vrgeobuf = Novo (Nome = "geobufponderado", ResX=30, ResY=30, Escala = 250000,
Min = 0, Max = 3);
//Operação
vrgeobuf = (vrgeo*vrbuf);
vrnovo = Novo (Nome = "novo", ResX=30, ResY=30, Escala = 250000, Min = 0, Max =
3);
vrnovo = vrgeobuf > 3 ? 3 : vrgeobuf;
}
```

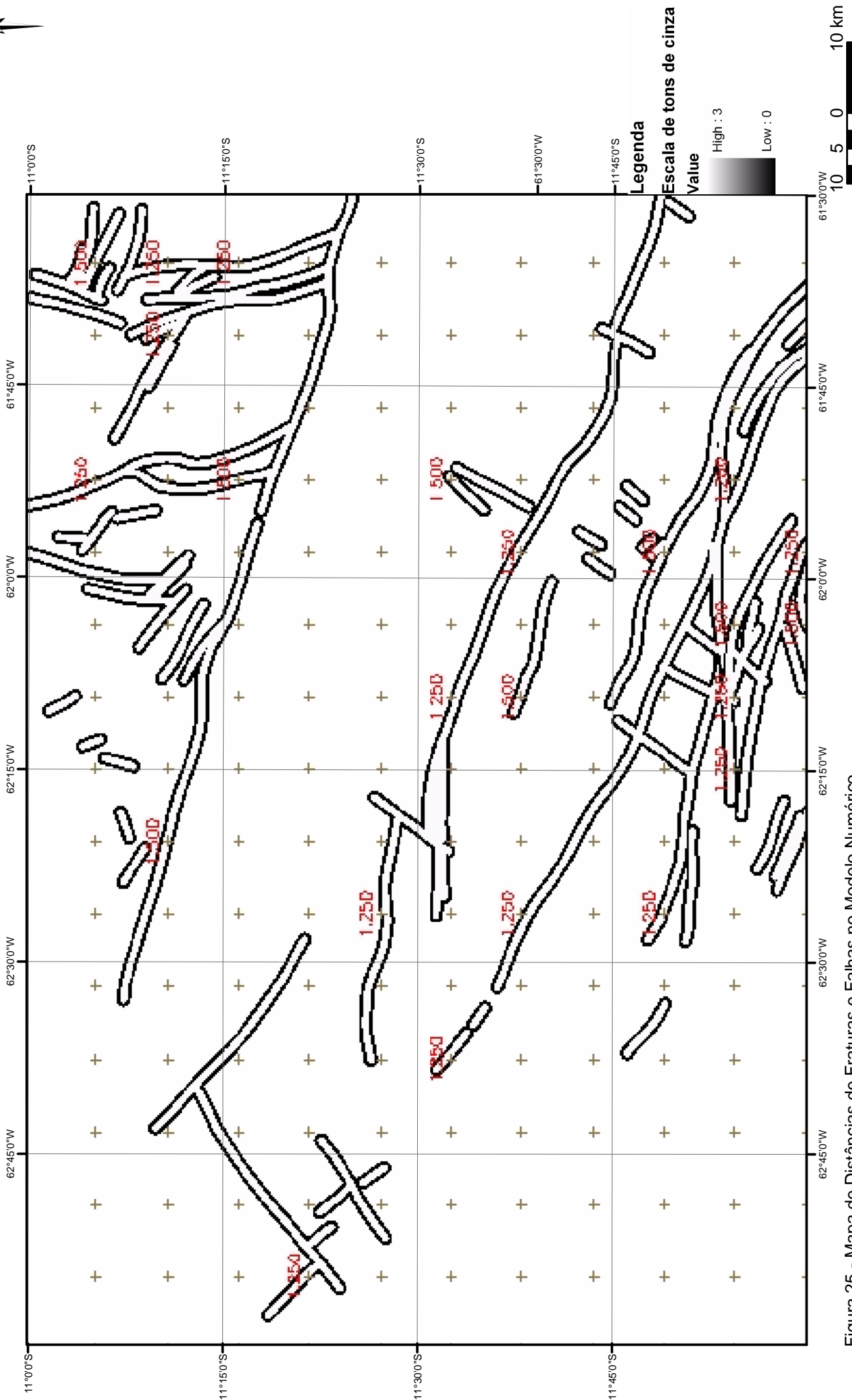


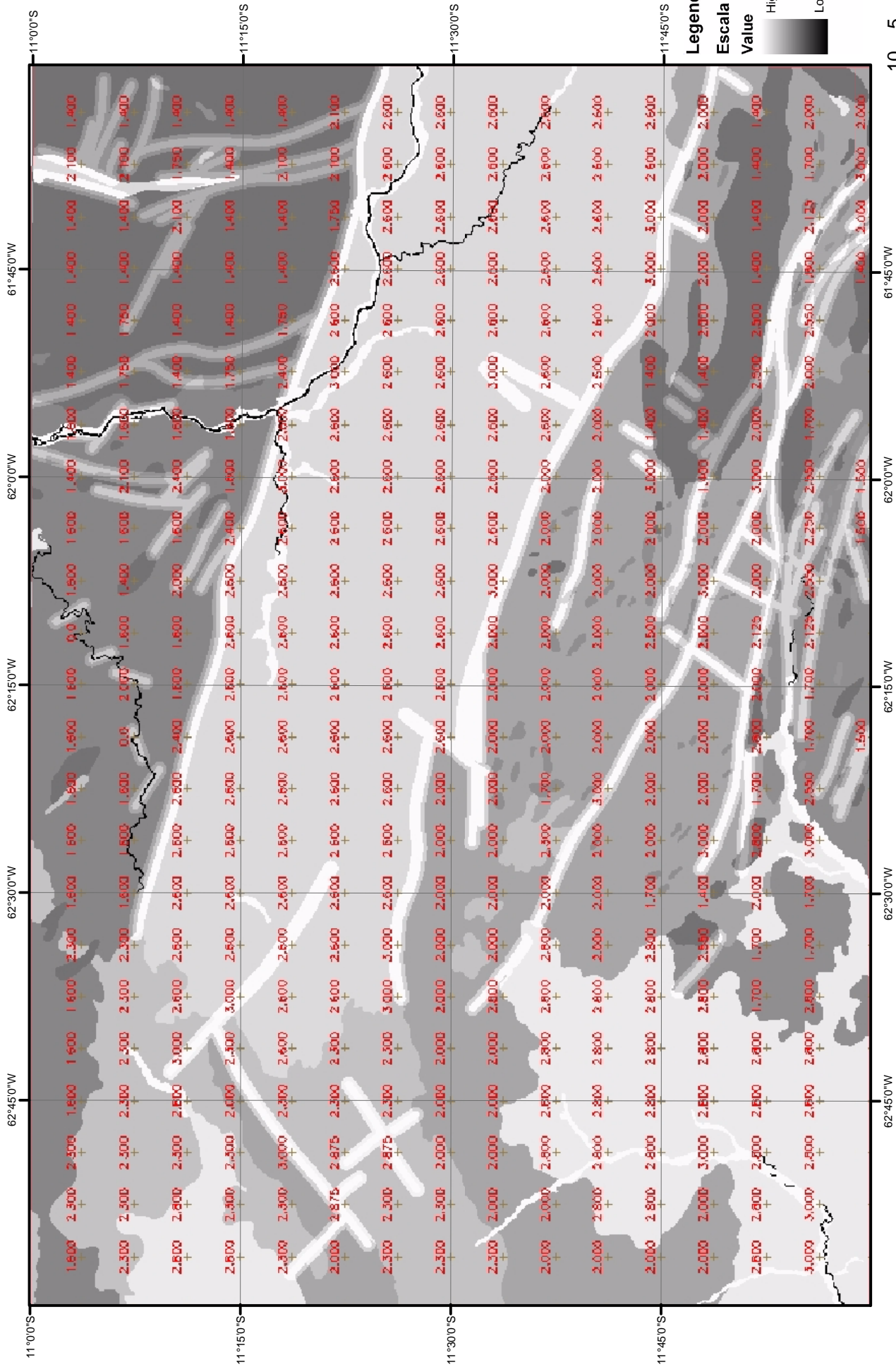
Figura 25 - Mapa de Distâncias de Fraturas e Falhas no Modelo Numérico



O resultado é o mapa no modelo numérico obtido através do programa em LEGAL, onde foram associados os índices de geologia com os índices das zonas de falhamentos e fraturamentos conforme podemos observar na Figura 26 – Mapa de Geologia e Distâncias de Fraturas e Falhas no Modelo Numérico. Desta forma, as zonas próximas às falhas e fraturas, passam a receber um índice menor representando o mundo real onde as rochas fraturadas apresentam uma significativa redução em sua coesão.

Com o índice de densidade de cobertura vegetal definido para cada unidade cartografada, conforme a Tabela 8 (página 86), o passo seguinte foi a elaboração de um programa em LEGAL para efetuar a transformação do Mapa de Vegetação no Modelo Temático em um Mapa de Vegetação no Modelo Numérico. O programa em LEGAL a seguir efetuou a transformação.

```
{
//Programa para converter o mapa temático de vegetação em mapa
//no modelo numérico de vegetação através do comando PONDERE
//declaração
Tematico vrvgt ("usveg_tm");
Numerico vrpond ("Numerico");
Tabela tabveg (Ponderacao);
// instanciação
vrvgt = Recuperar (Nome = "tm");
vrpond = Novo (Nome = "vegetacaoponderado", ResX = 30, ResY = 30, Escala =
250000, Min = 0, Max = 3);
tabveg = Novo (CategoriaIni = "usveg_tm",
"Aa" : 1.5,
"As" : 1.3,
"Ca" : 2.4,
"Cd" : 2.5,
"Cg" : 2.8,
```



**Legenda**

**Escala de tons de cinza**

**Value**

High : 3

Low : 0



Figura 26 - Mapa de Geologia e Distâncias de Fraturas e Falhas no Modelo Numérico

Sistema de Projeção UTM  
Datum horizontal SAD69  
2005

```
"Cp" : 2.2,  
"Da" : 1.0,  
"Ds" : 1.0,  
"OO" : 3.0,  
"Pb" : 2.5,  
"Ph" : 2.7,  
"So" : 1.8,  
"hidrografia" : 0.0);  
//operação  
vrpond = Pondere (vrvg, tabveg);  
}
```

O resultado é o mapa no modelo numérico obtido através do programa em LEGAL, onde foram atribuídos índices de densidade da cobertura vegetal conforme podemos observar na Figura 27 – Mapa de Vegetação no Modelo Numérico.

Neste mapa pode-se observar que as unidades de vegetação que foram atribuídos índice 1 ou próximo a 1, estão com tons de cinza mais escuros e as unidades vegetais que foram atribuídos índice 3 ou próximo a 3, estão com tons de cinza mais claros.

Na seqüência com os índices de geomorfologia definidos, escreveu-se o programa em LEGAL a seguir, com o objetivo de transformar o Mapa Geomorfológico no Modelo Temático em Mapa Geomorfológico no Modelo Numérico de acordo com os índices da Tabela 9 (página 87).

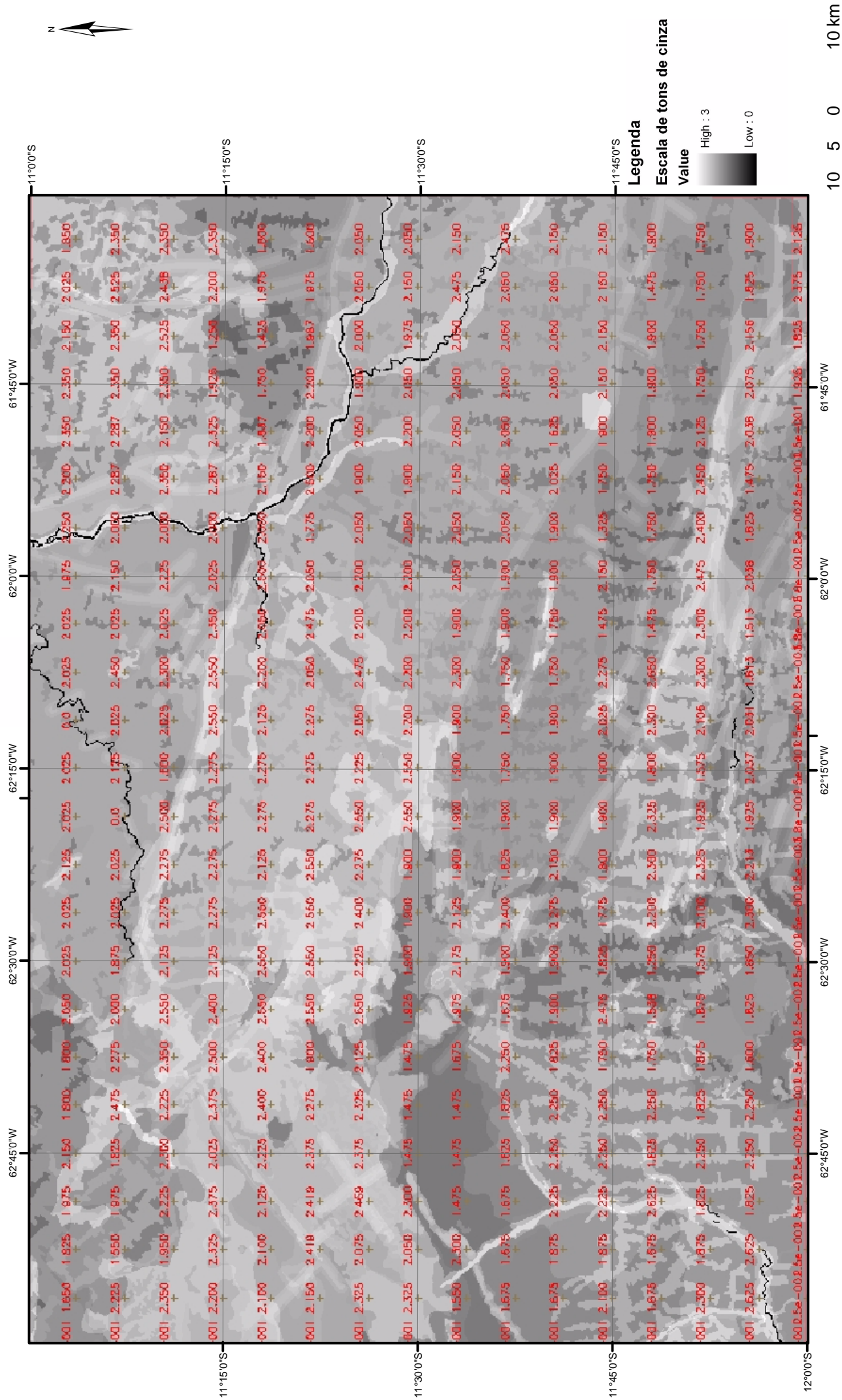


Figura 27 - Mapa de Vegetação no Modelo Numérico

```

{
//Programa elaborado para converter o mapa temático de geomorfologia em mapa
//no modelo numérico de geomorfologia através do comando PONDERE
//declaração
Tematico vrgeom ("geomorfo_tm");
Numerico vrpond ("Numerico");
Tabela tabgeom (Ponderacao);
// instanciação
vrgeom = Recupere (Nome = "geomorfologia");
vrpond = Novo (Nome = "geomorfologiaponderado", ResX = 30, ResY = 30, Escala =
250000, Min = 0, Max = 3);
tabgeom = Novo (CategoriaIni = "geomorfo_tm",
"RIO" : 0.0,
"A121" : 1.0,
"A211" : 2.8,
"A32" : 3.0,
"D12" : 1.4,
"D2111" : 1.5,
"D2121" : 1.6,
"D2132" : 2.0,
"D2210" : 1.5,
"D2211" : 1.6,
"D2212" : 2.0,
"D2221" : 1.6,
"D2222" : 1.8,
"D31" : 2.3,
"D32" : 2.4,
"S110" : 1.5,
"S111" : 1.6,
"S112" : 1.8,
"S31" : 2.0,

```

```

"S32" : 2.3,
"S421" : 2.3,
"S422" : 2.0);
//operação
vrpond = Pondere (vrgeom, tabgeom);
}

```

O resultado da operação é o mapa no modelo numérico obtido através do programa em LEGAL, apresentado acima, onde foram atribuídos índices que representam a estabilidade das unidades de paisagem com relação a geomorfologia, conforme podemos observar na Figura 28 – Mapa Geomorfológico no Modelo Numérico.

Com os pesos de solos definidos, o passo seguinte foi à transformação do Mapa de Solos no Modelo Temático, em Mapa de Solos no Modelo Numérico através do programa em LEGAL a seguir, de acordo com os índices da Tabela 10 (página 88).

```

{
//Programa para converter o Mapa Temático de Solos em Mapa
//Numérico de Solos através do comando PONDERE
//Declaração
Tematico vrsolo ("solos_tm");
Numerico vrpond ("Numerico");
Tabela tabsolo (Ponderacao);
// Instanciação
vrsolo = Recuperar (Nome = "solos");
vrpond = Novo (Nome = "solosponderado", ResX = 30, ResY = 30, Escala = 250000,
Min = 0, Max = 3);
tabsolo = Novo (CategoriaIni = "solos_tm",
"CD2" : 2.5,

```



"CD4" : 2.5,  
"CD5" : 2.7,  
"CD7" : 1.9,  
"CD9" : 2.3,  
"CE1" : 2.5,  
"CE2" : 2.3,  
"CE5" : 1.9,  
"CE6" : 1.9,  
"CE8" : 1.9,  
"ED3" : 2.6,  
"GD11" : 2.2,  
"GD14" : 3.0,  
"GD3" : 3.0,  
"HC1" : 3.0,  
"LAD1" : 1.0,  
"LAD16" : 1.8,  
"LAD25" : 1.0,  
"LAD27" : 1.0,  
"LAD30" : 1.0,  
"LAD39" : 1.4,  
"LAD5" : 1.0,  
"LAD6" : 1.0,  
"LAD7" : 1.0,  
"LLD16" : 1.0,  
"LLD22" : 1.6,  
"LLD6" : 1.8,  
"LLE10" : 1.7,  
"LVD1" : 1.0,  
"LVD2" : 1.0,  
"LVE10" : 1.0,  
"LVE5" : 1.45,



```

"LVE7" : 1.0,
"LVE8" : 1.0,
"LVE9" : 1.0,
"PVE4" : 1.6,
"Q4" : 3.0,
"RD1" : 3.0,
"RE1" : 3.0,
"RE2" : 2.8,
"RE5" : 2.6,
"cidade" : 3.0,
"RIO" : 0.0);
//Operação
vrpond = Pondere (vrsolo, tabsolo);
}

```

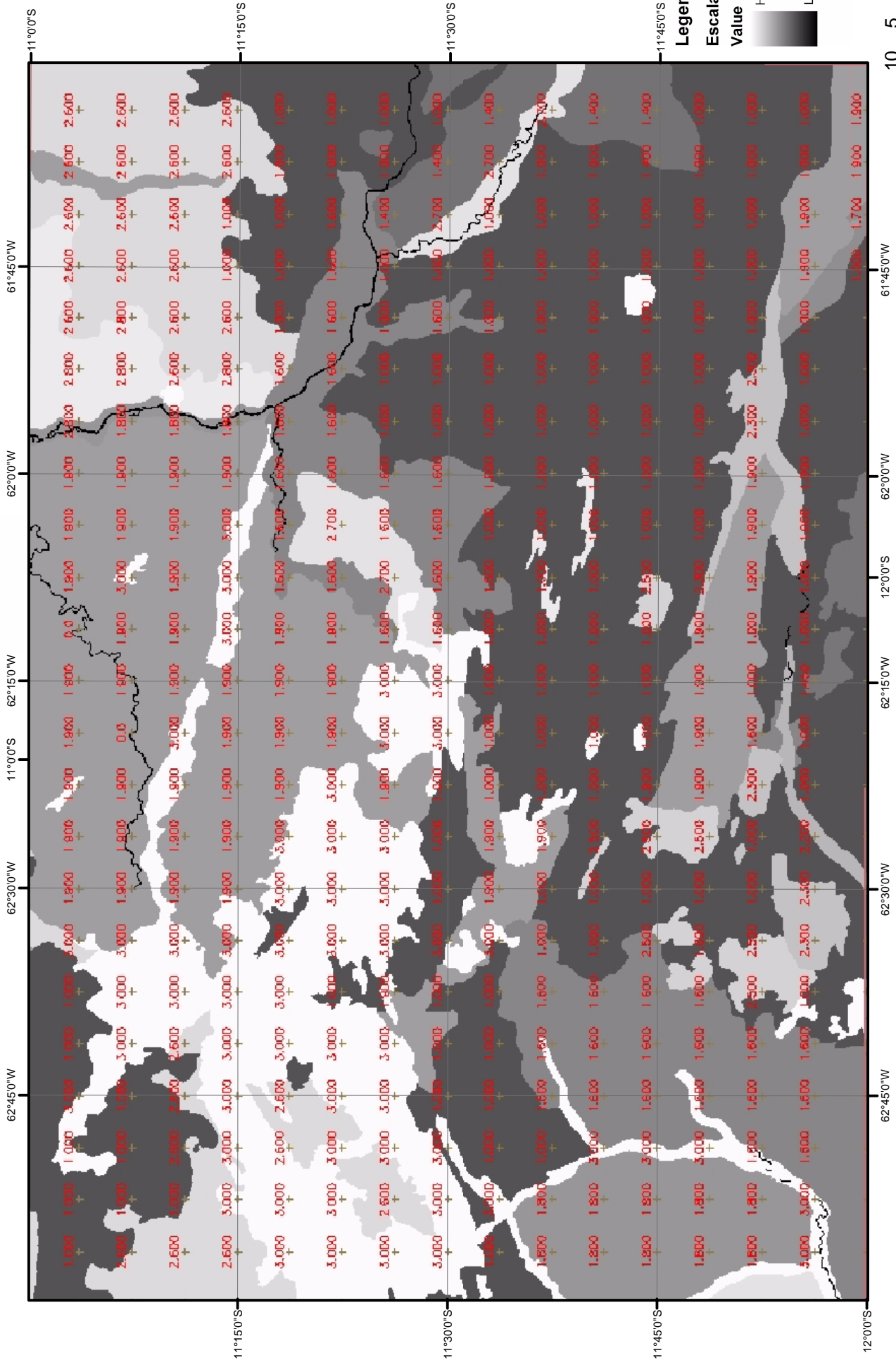
O resultado é o mapa no modelo numérico obtido através do programa em LEGAL, descrito a cima, onde foram atribuídos índices de estabilidade das unidades de solo conforme podemos observar na Figura 29 – Mapa de Solos no Modelo Numérico.

Finalmente com os índices de vulnerabilidade à erosão relacionados aos valores de intensidade pluviométrica definidos, o passo seguinte foi à transformação do Mapa de Precipitação no modelo temático, em Mapa de Precipitação no modelo numérico através do programa em LEGAL a seguir, de acordo com os índices da Tabela 11 (página 89).

```

{
//Programa para converter o mapa temático de precipitação em mapa
//no modelo numérico de precipitação através do comando PONDERE
//declaração
Tematico vrpre ("precipitacao");

```



10 5 0 10 km  
Sistema de Projeção UTM  
Datum horizontal SAD69  
2005

Figura 29 - Mapa de Solos no Modelo Numérico

```

Numerico vrpond ("Numerico");
Tabela tabpre (Ponderacao);
// instanciação
vrpre = Recuperere (Nome = "precipita");
vrpond = Novo (Nome = "precipond", ResX = 30, ResY = 30, Escala = 250000, Min =
0, Max = 3);
tabpre = Novo (Categorialni = "precipitacao",
"1500" : 1.75,
"1600" : 1.80,
"1700" : 1.85,
"1800" : 1.90,
"1900" : 1.95);
//operação
vrpond = Pondere (vrpre, tabpre);
}

```

O resultado da operação é mostrado na Figura 30, Mapa de Intensidade de Precipitação no modelo numérico obtido através do programa em LEGAL, apresentado acima, onde foram atribuídos índices que representam a estabilidade das unidades de paisagem com relação a intensidade de precipitação.

#### **5.4.6. Elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Natural a Erosão**

Com todos os mapas temáticos transformados em mapas no modelo numérico (Mapas de evidências), o passo seguinte foi escrever um programa em LEGAL para combinar os quatro mapas de acordo como proposto por Crepani *et al.* 1996. Para a elaboração de mapas de vulnerabilidade natural à erosão, Crepani *et al.* 1996 define que a média aritmética dos mapas resulta no Mapa de Vulnerabilidade Natural à Erosão.

(Geologia + Vegetação + Geomorfologia + Solos + Clima)/5 = Vulnerabilidade

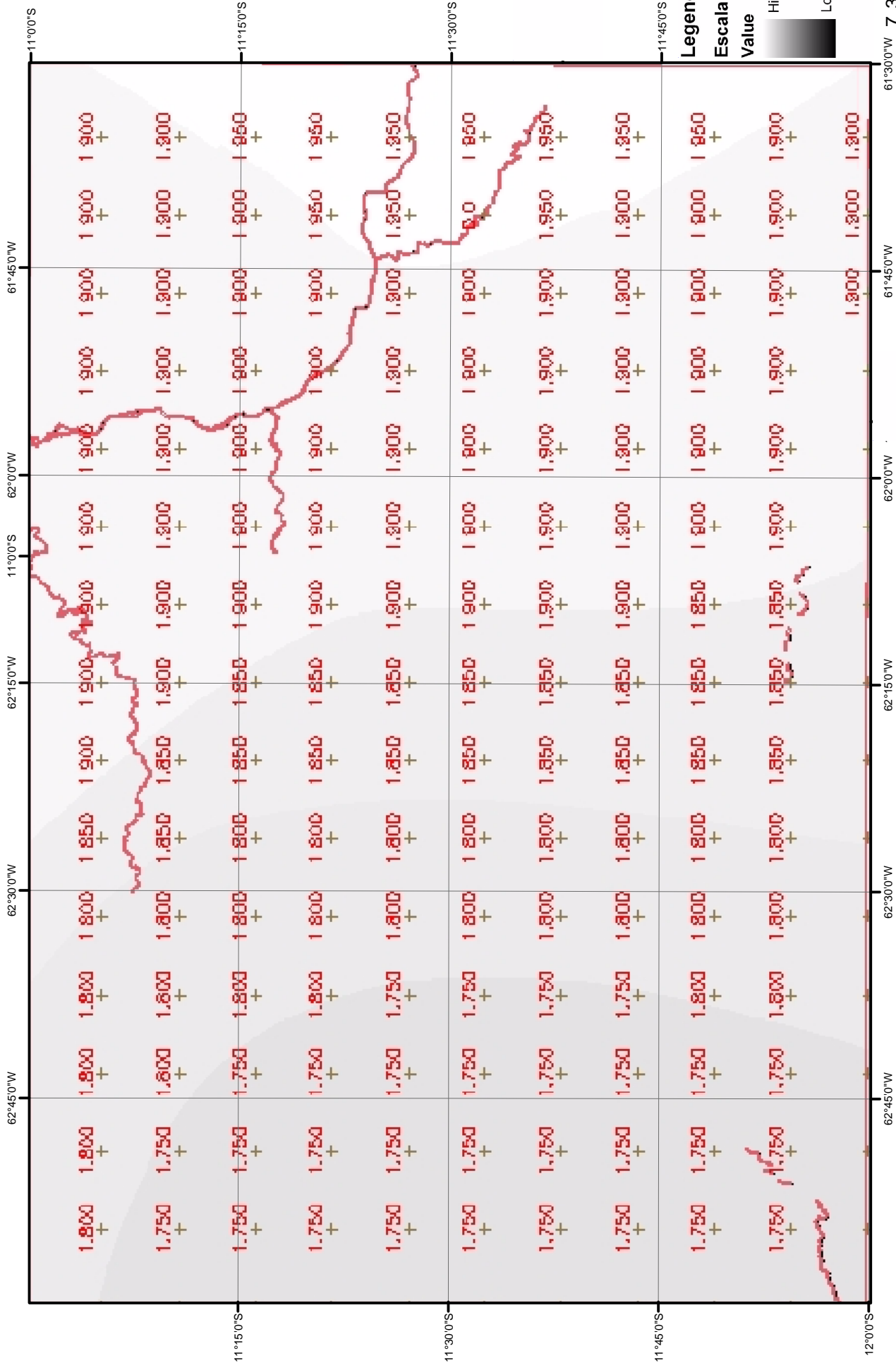


Figura 30 - Mapa de Intensidade de Precipitação no Modelo Numérico

A Figura 31 mostra a seqüência utilizada na elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Natural à Erosão e a seguir o programa em LEGAL que efetua a álgebra de mapas:

```
{
// program em LEGAL desenvolvido para gerar o mapa de vulnerabilidade
// Declaracao
Numerico vrgeo ("Numerico");
Numerico vrveg ("Numerico");
Numerico vrsolo ("Numerico");
Numerico vrgeom ("Numerico");
Numerico vrpre ("Numerico");
Numerico vrvul ("Numerico");
// Instanciacao
vrgeo = Recuperere (Nome = "novo");
vrveg = Recuperere (Nome = "vegetacaoponderado");
vrsolo = Recuperere (Nome = "solosponderado");
vrgeom = Recuperere (Nome = "geomorfologiaponderado");
vrpre = Recuperere (Nome = "precipond");
vrvul = Novo (Nome = "vulnerabilidade", ResX=30, ResY=30, Escala = 250000, Min =
0, Max = 3);
//Operacao
vrvul = (vrgeo + vrgeom + vrveg + vrsolo + vrpre )/5;
}
```

O resultado é o mapa no modelo numérico apresentado na Figura 32.

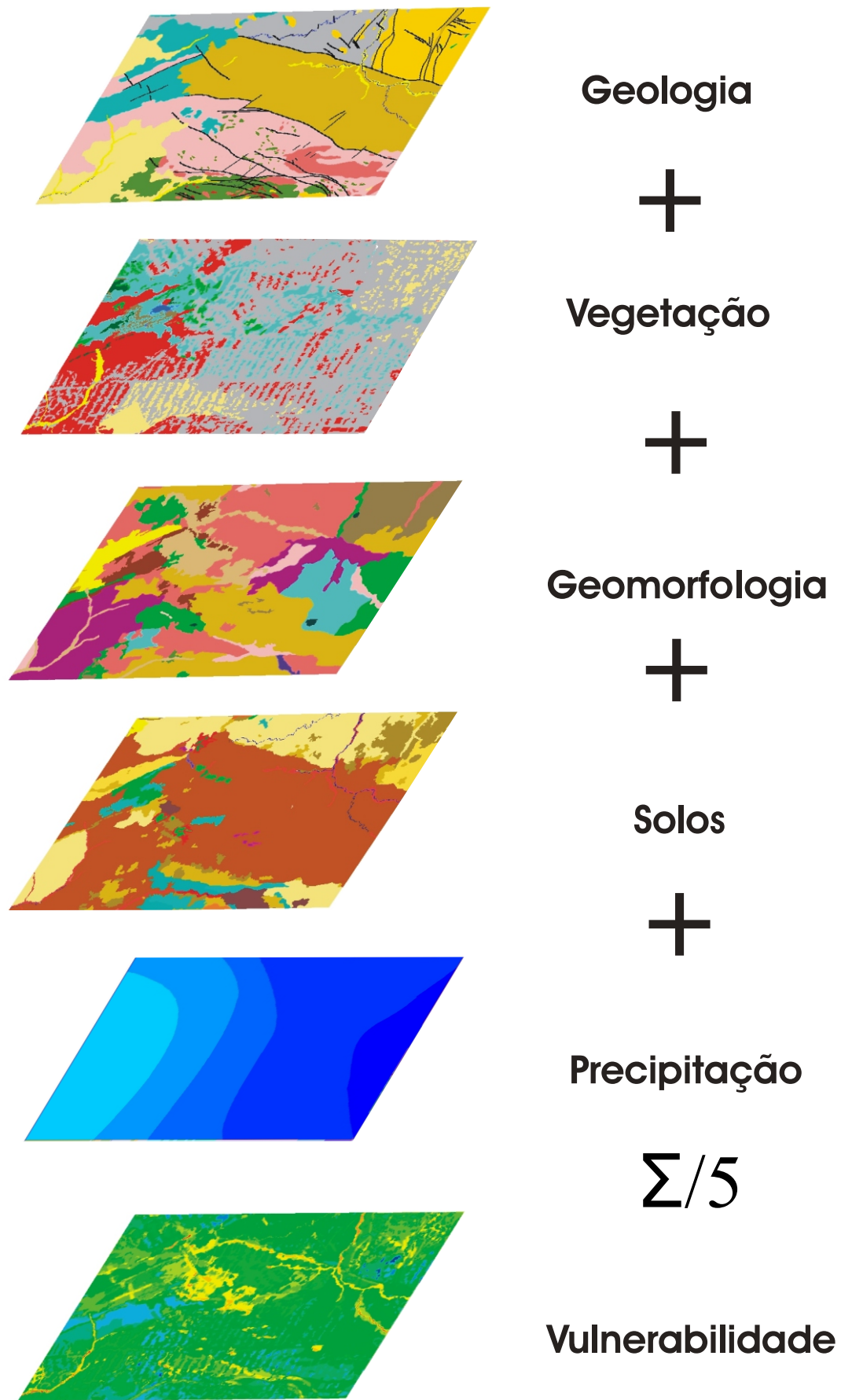


FIGURA 31 - Sequência utilizada na elaboração do mapa de Vulnerabilidade

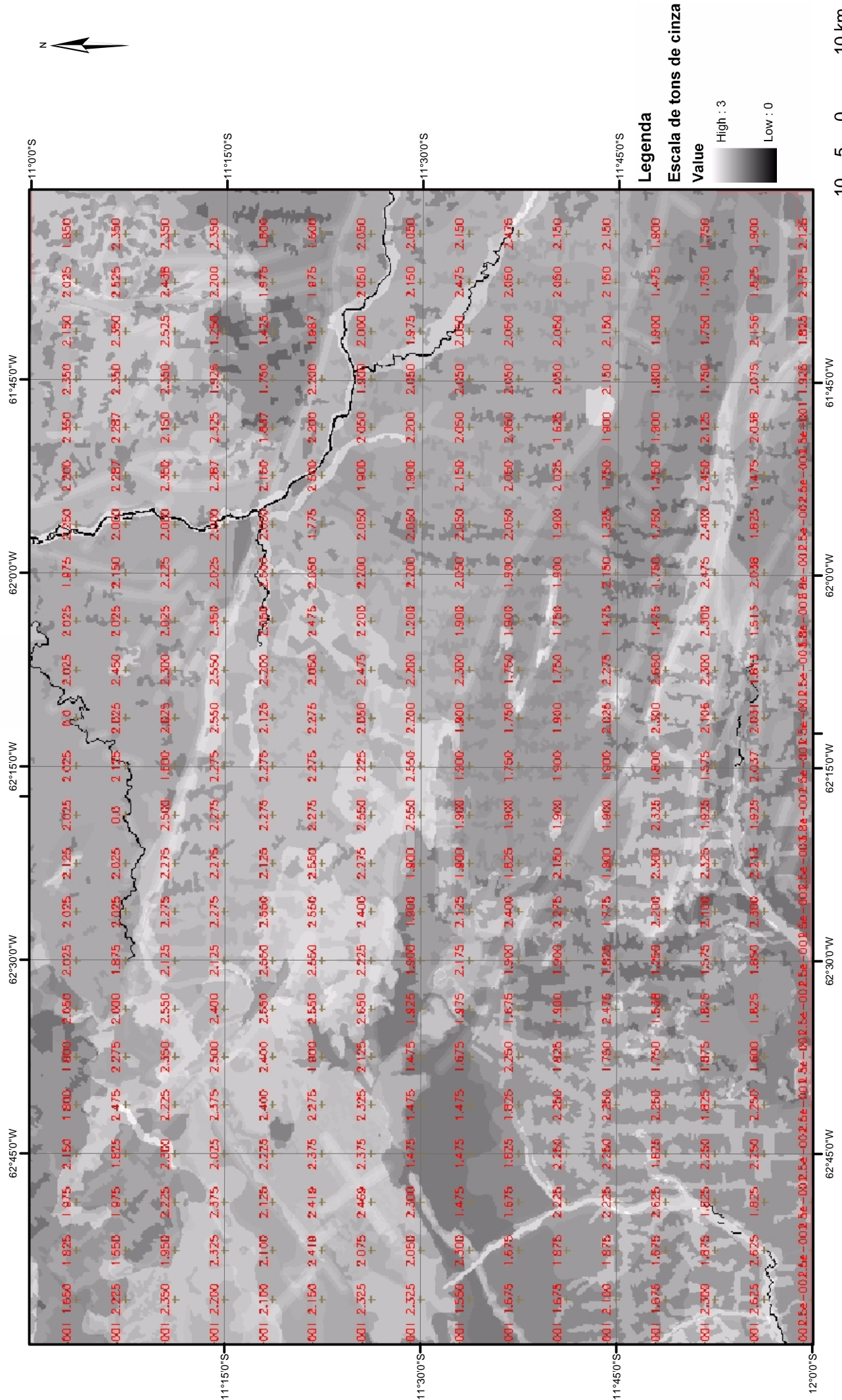


Figura 32 - Mapa de Vulnerabilidade no Modelo Numérico

Para uma apresentação em um mapa coroplético, com a indicação do índice de vulnerabilidade, transformou-se o Mapa de Vulnerabilidade no Modelo Numérico em um Mapa de Vulnerabilidade no Modelo Temático. A transformação deu-se através do programa em LEGAL, a seguir, que efetua o fatiamento da grade numérica em passos iguais a 0,1 no intervalo de 1 a 3 e, cada intervalo de valores, é associado a uma classe temática, conforme a Tabela 12 que mostra as 21 classes de vulnerabilidade, o grau de vulnerabilidade e as suas cores.

**Tabela 12 – Classes de Vulnerabilidade.**

Classe	Escala de vulnerabilidade			Grau de vulnerabilidade	Cor
C1		3,0		VULNERÁVEL (Morfogênese)	
C2		2,9			
C3		2,8			
C4	V	2,7			
C5	U	2,6			
C6	L	2,5	E	MODERADAMENTE VULNERÁVEL	
C7	N	2,4	S		
C8	E	2,3	T		
C9	R	2,2	A	MEDIANAMENTE ESTÁVEL/ VULNERÁVEL (Morfogênese/Pedogênese)	
C10	A	2,1	B		
C11	B	2,0	I		
C12	I	1,9	L		
C13	L	1,8	I		
C14	I	1,7	D	MODERADAMENTE ESTÁVEL	
C15	D	1,6	A		
C16	A	1,5	D		
C17	D	1,4	E	ESTÁVEL (Pedogênese)	
C18	E	1,3			
C19		1,2			
C20		1,1			
C21		1,0			

Fonte: Modificado de Crepani *et al.* (1996, p.17).



A seguir apresenta-se o programa em LEGAL desenvolvido para a elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Natural a Erosão no modelo temático, com 21 classes de vulnerabilidade (mapa coroplético).

```
{
// programa em LEGAL desenvolvido para transformar o PI de vulnerabilidade do
modelo numérico para um PI no modelo temático.
//Declaração
Numerico vrvulnerab ("Numerico");
Tematico vrmmapafinal ("vulnerabilidade");
Tabela tabvulnerabilidade (Fatiamento);
// Instanciação
vrvulnerab = Recuperar (Nome = "vulnerabilidade");
vrmmapafinal = Novo (Nome = "vulnerabilidade_final", ResX=30, ResY=30, Escala =
250000);
//Operação
tabvulnerabilidade = Novo (CategoriaFim="vulnerabilidade",
[1.0,1.0999] : "C21",
[1.0999, 1.1999] : "C20",
[1.1999, 1.2999] : "C19",
[1.2999, 1.3999] : "C18",
[1.3999, 1.4999] : "C17",
[1.4999, 1.5999] : "C16",
[1.5999, 1.6999] : "C15",
[1.6999, 1.7999] : "C14",
[1.7999, 1.8999] : "C13",
[1.8999, 1.9999] : "C12",
[1.9999, 2.0999] : "C11",
[2.0999, 2.1999] : "C10",
[2.1999, 2.2999] : "C9",
```

```

[2.2999, 2.3999] : "C8",
[2.3999, 2.4999] : "C7",
[2.4999, 2.5999] : "C6",
[2.5999, 2.6999] : "C5",
[2.6999, 2.7999] : "C4",
[2.7999, 2.8999] : "C3",
[2.8999, 2.9999] : "C2",
[2.9999, 3.0] : "C1");
vrmapafinal = Fatie (vrvulnerab, tabvulnerabilidade);
}

```

O resultado pode ser observado na Figura 33 – Mapa de Vulnerabilidade Natural à Erosão – 21 Classes, um mapa coroplético com a indicação do índice de vulnerabilidade representando por uma cor conforme apresentado na Tabela 12 – Classes de Vulnerabilidade.

*“Foram selecionadas 21 cores obtidas a partir da combinação aditiva das três cores primárias (azul, verde e vermelho), de modo que se associasse a cada classe de vulnerabilidade/estabilidade sempre a mesma cor, obedecendo ao critério de que ao valor médio de maior estabilidade (1,0) associa-se a cor azul, ao intermediário (2,0) associa-se a cor verde e às unidades de maior vulnerabilidade (3,0), associa-se a cor vermelha. Às unidades de paisagem com valores médios intermediários entre 1,0 e 2,0 associam-se cores resultantes da combinação, entre o azul e o verde, crescendo a participação do segundo a medida que se obtenha valores próximos a 2,0. Às unidades de paisagem com valores médios intermediários entre 2,0 e 3,0 associam-se cores resultantes da combinação entre o verde e o vermelho, crescendo a participação do segundo a medida que se obtenha valores próximo a 3,0” (Crepani et al. 1996, p. 16).*

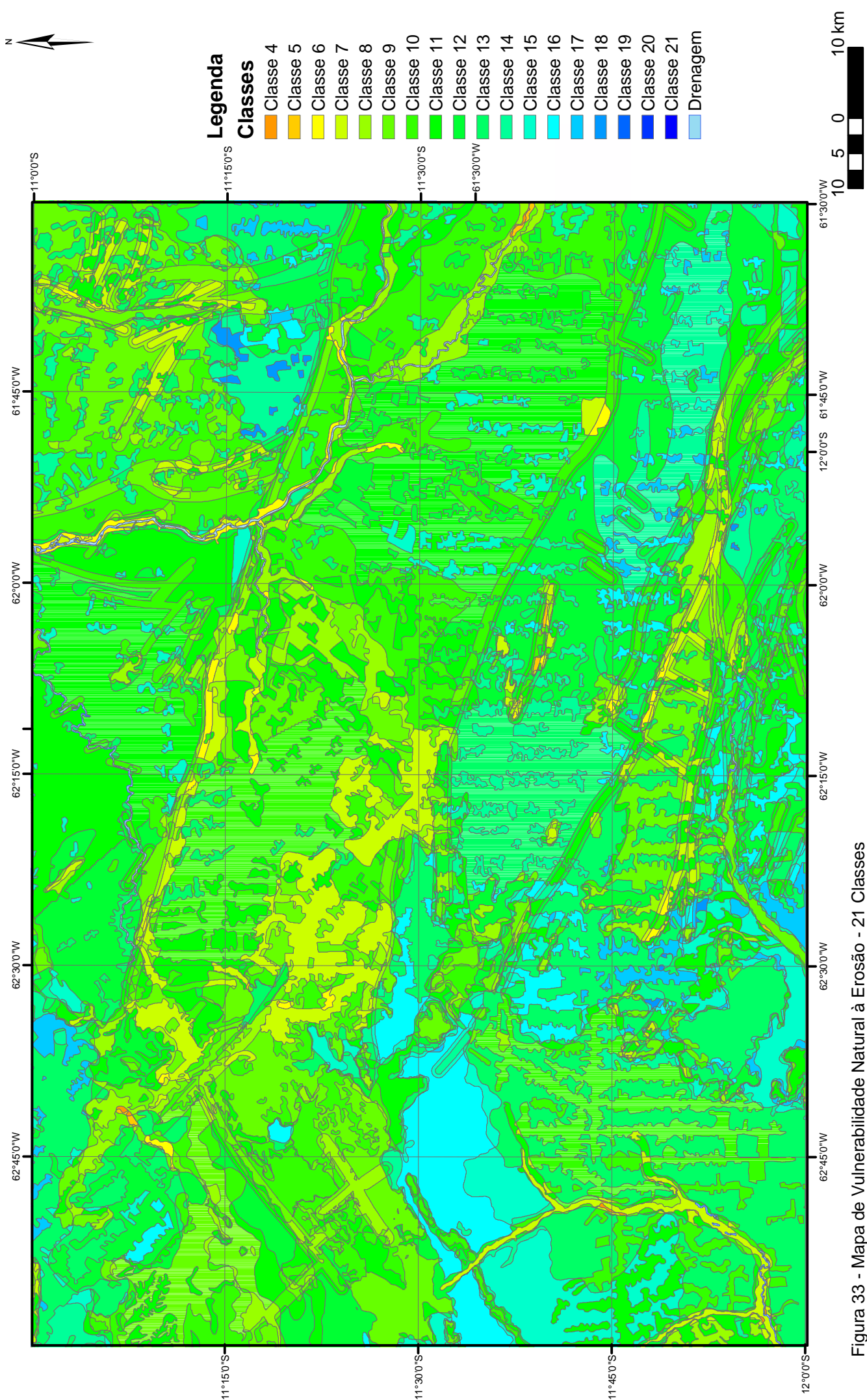


Figura 33 - Mapa de Vulnerabilidade Natural à Erosão - 21 Classes

Sistema de Projeção UTM  
Datum horizontal SAD69  
2005

Para uma melhor interpretação do resultado foi elaborada uma reclassificação do Mapa de Vulnerabilidade Natural à Erosão – 21 Classes para cinco classes (Vulnerável, Moderadamente Vulnerável, Medianamente Estável/Vulnerável, Moderadamente Estável e Estável) através do programa em Legal a seguir:

```
{
//programa elaborado para reclassificar o tema vulnerabilidade
//declaracoes
Tematico vrvul ("vulnerabilidade");
Tematico vrvulnovo ("vulnerabilidade");
Tabela tabreclas (Reclassificacao);
//instanciacoes
tabreclas = Novo (CategoriaIni = "vulnerabilidade", CategoriaFim =
"vulnerabilidade",
"C1" : "vulneravel",
"C2" : "vulneravel",
"C3" : "vulneravel",
"C4" : "vulneravel",
"C5" : "moderadamente_vulneravel",
"C6" : "moderadamente_vulneravel",
"C7" : "moderadamente_vulneravel",
"C8" : "moderadamente_vulneravel",
"C9" : "medianamente_estavel_vulneravel",
"C10" : "medianamente_estavel_vulneravel",
"C11" : "medianamente_estavel_vulneravel",
"C12" : "medianamente_estavel_vulneravel",
"C13" : "medianamente_estavel_vulneravel",
"C14" : "moderadamente_estavel",
"C15" : "moderadamente_estavel",
"C16" : "moderadamente_estavel",
```

```

"C17" : "moderadamente_estavel",
"C18" : "estavel",
"C19" : "estavel",
"C20" : "estavel",
"C21" : "estavel",
"rio" : "rio");
vrvul = Recuperar ( Nome = "vulnerabilidade_final");
vrvulnovo = Novo (Nome = "vulnerabilidade_reclas", ResX = 30, ResY = 30, Escala =
250000);
//operacao
vrvulnovo = Reclassifique (vrvul, tabreclas);
}

```

O seu resultado é apresentado na Figura 34 - Mapa Final de Vulnerabilidade Natural à Erosão, um mapa contendo cinco classes de rápida visualização.

## 5.5. DISCUSSÕES

Observa-se uma distribuição irregular de classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão na Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici, com um forte predomínio de áreas da Classe Medianamente Estável/Vulnerável, um valor intermediário de vulnerabilidade (Tabela 13). Observa-se que áreas que sofreram ação antrópica, ou seja, que sofreram a retirada da vegetação natural mostram-se mais vulneráveis a erosão. Não apresenta uma incongruência de uso do solo significativa uma vez que eventualmente apresenta áreas com a classe vulnerável e moderadamente vulneráveis em porcentagem expressiva associadas as áreas relacionadas a drenagens que necessariamente devem ser preservadas conforme a legislação em vigor.

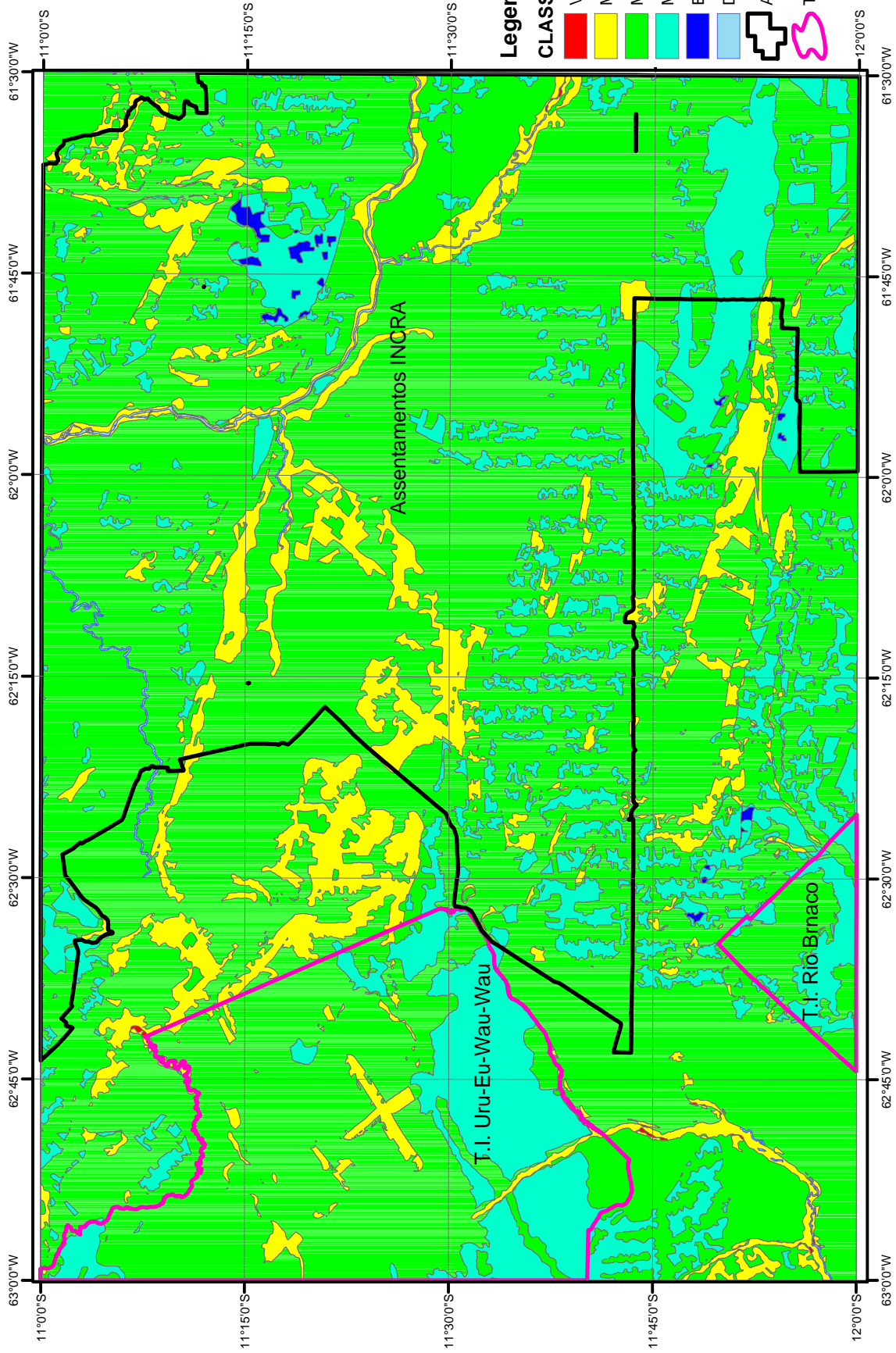


Figura 34 - Mapa Final de Vulnerabilidade Natural à Erosão

10 5 0 10 km



Sistema de Projeção UTM  
Datum horizontal SAD69  
2005

**Tabela 13 – Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão.**

Classes	km <sup>2</sup>	%
Vulnerável	5,4351	0.030038422
Moderadamente Vulnerável	1.590,2874	8.789115855
Medianamente Estável/Vulnerável	13.148,5788	72.66886627
Moderadamente Estável	3.248,9820	17.95630099
Estável	37,5282	0.207408861
Drenagens	63,0153	0.34826961
<b>Total</b>	<b>18.093,8268</b>	<b>100</b>

A classe predominante na área da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici é a Medianamente Estável/Vulnerável com 72,67%, seguida da somatória das classes Estável e Moderadamente Estável com 18,16% e a somatória das classes Vulnerável e Moderadamente Vulnerável com 8,82% melhor visualizado na Figura 35.

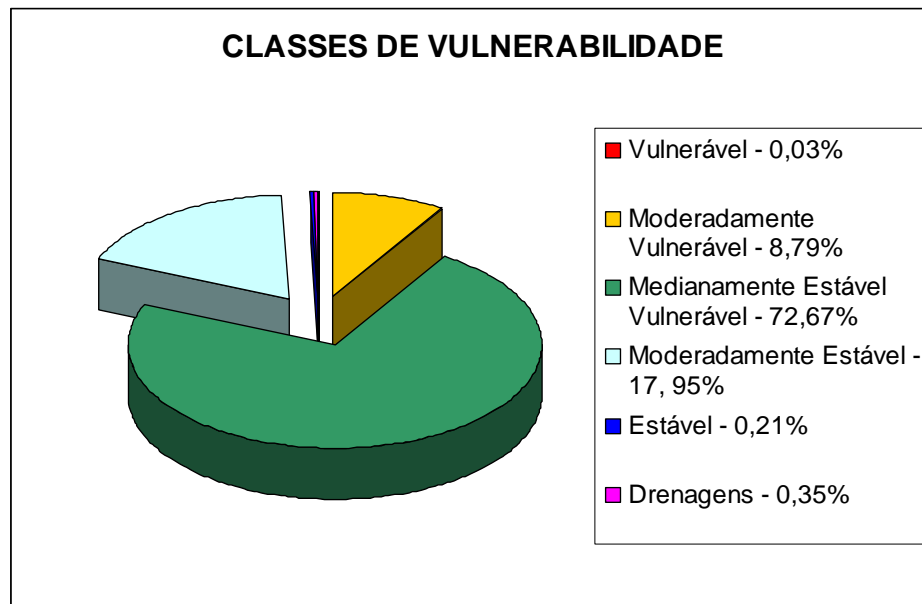


Figura 35 – Gráfico do Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão.

Os cálculos das áreas das classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão nas Terras Indígenas Uru-Eu-Wau-Wau e Rio Branco (Tabela 14 e Figura 36) mostram um predomínio da classe Medianamente Estável/Vulnerável. No entanto, a fragilidade natural à erosão do meio físico fica caracterizada nessas terras indígenas em função do seu baixo nível de desmatamento, ou seja, o tema vegetação natural possui peso decisivo para que as classes de vulnerabilidade natural à erosão distanciem da vulnerável.

**Tabela 14 – Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão nas Terras Indígenas Uru-Eu-Wau-Wau e Rio Branco na Folha SC.20-Z-C.**

Classes	km <sup>2</sup>	%
Vulnerável	0,0297	0.0010655
Moderadamente Vulnerável	116,2863	4.1719445
Medianamente Estável/Vulnerável	1787,4063	64.125868
Moderadamente Estável	883,6182	31.701122
TOTAL	2787,3405	100

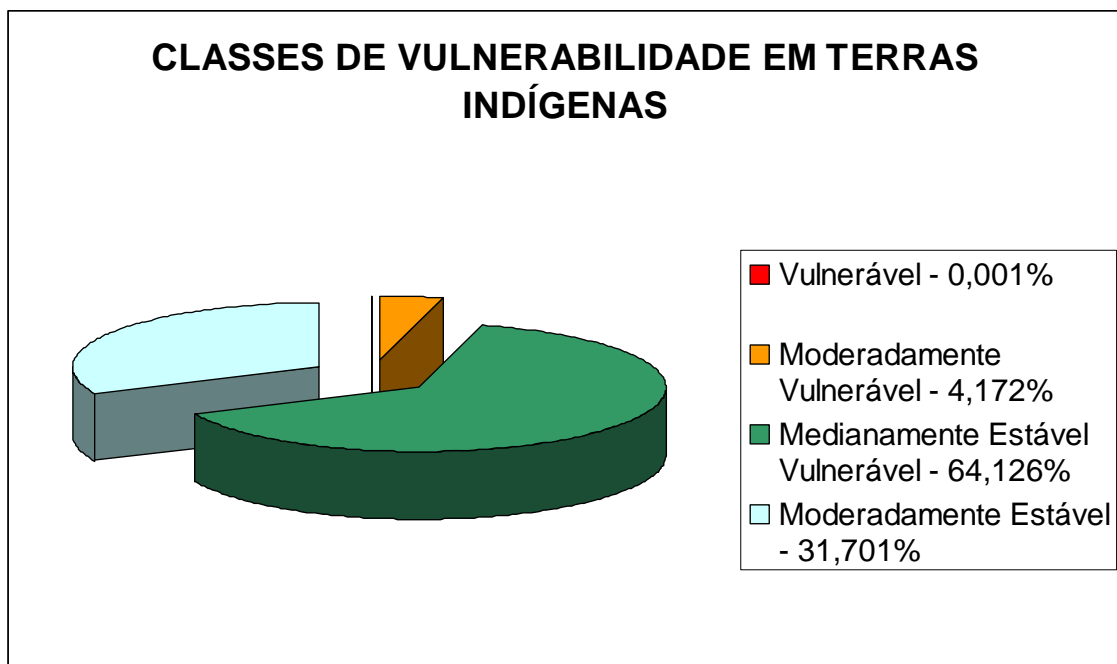


Figura 36 - Gráfico do Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão em Terras Indígenas da Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici.



Com relação aos cálculos das áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão nas áreas de assentamentos do INCRA (Tabela 15 e Figura 37), é evidenciada uma porcentagem mais elevada (76,42%) da Classe Medianamente Estável/Vulnerável ao se comparar com as áreas nas Terras Indígenas (64,13%) e uma diminuição das áreas Moderadamente Estável (31,7% e 15,06%, respectivamente), demonstrando a relação da ação antrópica com o aumento da Vulnerabilidade Natural à Erosão.

**Tabela 15 – Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão nos Assentamentos do INCRA na Folha SC.20-Z-C.**

Classes	km <sup>2</sup>	%
Vulnerável	1,2996	0.013879092
Moderadamente Vulnerável	717,9615	7.667477338
Medianamente Estável Vulnerável	7155,7371	76.41976909
Moderadamente Estável	1409,7186	15.05510451
Estável	28,5633	0.305042061
Drenagens	50,4450	0.538727904
<b>TOTAL</b>	<b>9363.7251</b>	<b>100</b>

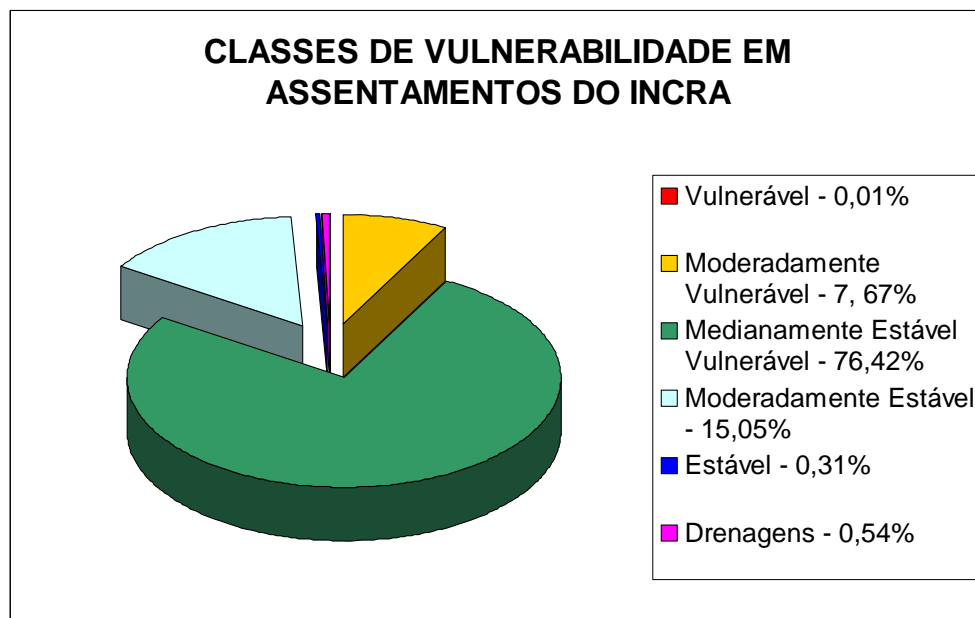


Figura 37 - Gráfico do Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão em Áreas de Assentamentos do INCRA na Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici.

É importante ressaltar que de uma forma geral os assentamentos do INCRA, na Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici, se deram em locais favoráveis à colonização, uma vez que os índices de vulnerabilidade nestes locais permaneceram na média, ou seja, predominou Medianamente Estável/Vulnerável, não caindo para Vulnerável ou Moderadamente Vulnerável. Mesmo assim o monitoramento e programas de recuperação destas áreas são recomendáveis.

Outro ponto digno de destaque são as áreas Vulneráveis e Moderadamente Vulneráveis associadas à rede de drenagem caracterizando a necessidade de se preservar as matas ciliares conforme o disposto na legislação (Figura 38).

Em uma análise mais aprofundada podemos observar a influência do desmatamento no resultado final, todo local desmatado apresenta uma queda da vulnerabilidade em relação às áreas adjacentes que apresentam as mesmas características do meio físico.

Ao compararmos o Mapa de Vulnerabilidade Natural à Erosão com o Mapa do Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico (Figura 39), observa-se que existe uma predominância da Classe Medianamente Estável/Vulnerável, na Zona 1.1. Considerando a influência das áreas desmatadas no cálculo, podemos afirmar que a Zona 1.1, na Folha SC. 20-Z-C, foi bem definida uma vez que a vulnerabilidade natural à erosão fica em uma classe intermediária após a ação antrópica (desmatamento). A Zona 1.2, na área, está preservada, não existe ação antrópica. Entretanto, é uma região de média a alta vulnerabilidade e, desta forma, recomenda-se que não deva ser ocupada. Da mesma maneira, a zona 2.1 apresenta vulnerabilidade média à alta, correspondendo a regiões de matas ciliares. As zonas 3.2 e 3.3 são, respectivamente, Parque Nacional dos Pacaás Novos e as Terras Indígenas Uru-Eu-Wau-Wau e Rio Branco, e apresentam valores de vulnerabilidade intermediários indicando a necessidade de proteção da floresta. (Tabela 16, Figuras 40 a 44).

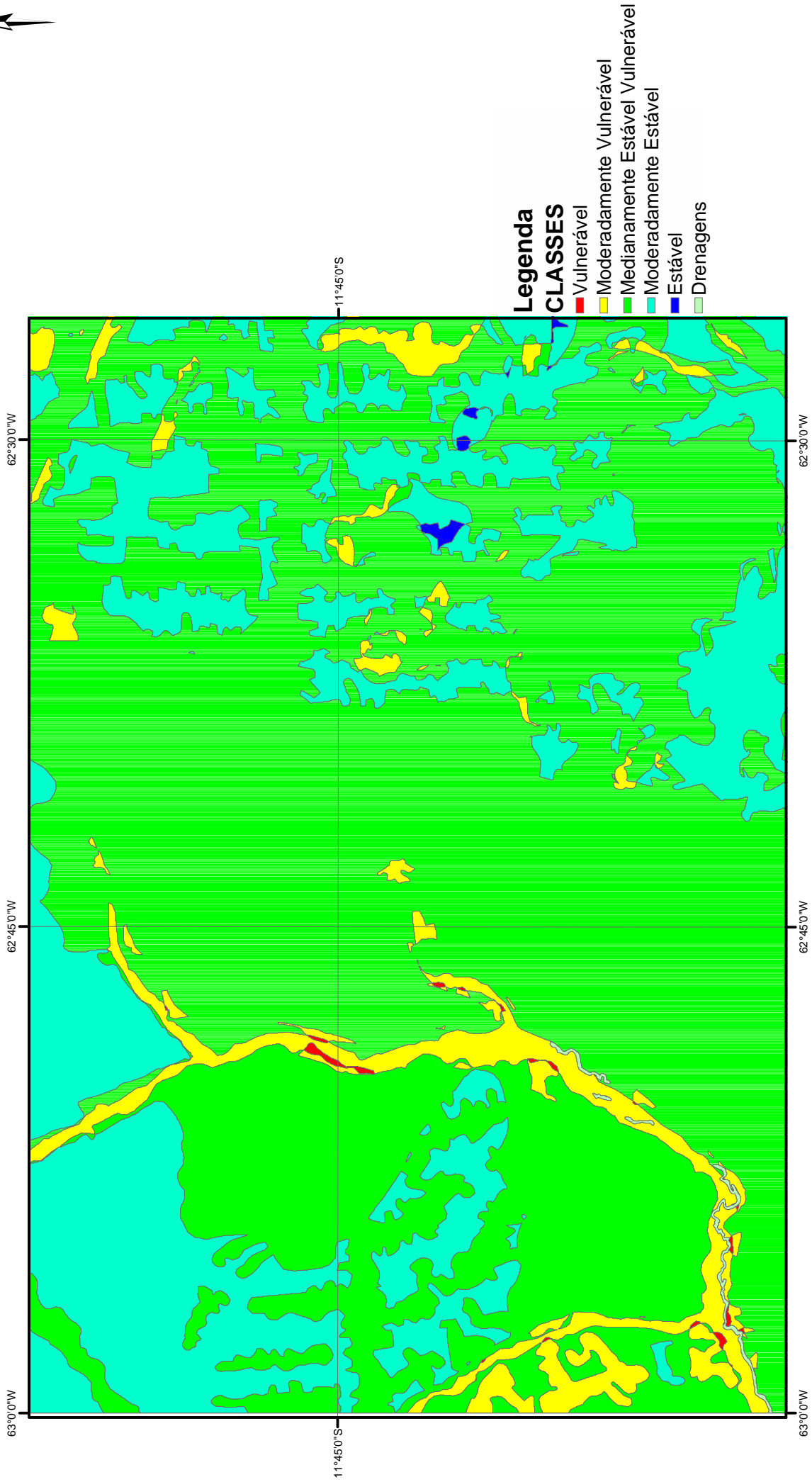


Figura 38 - Vulnerabilidade Natural a Erosão associada à rede de drenagem, detalhe da porção SW da Folha SC.20-Z-C.

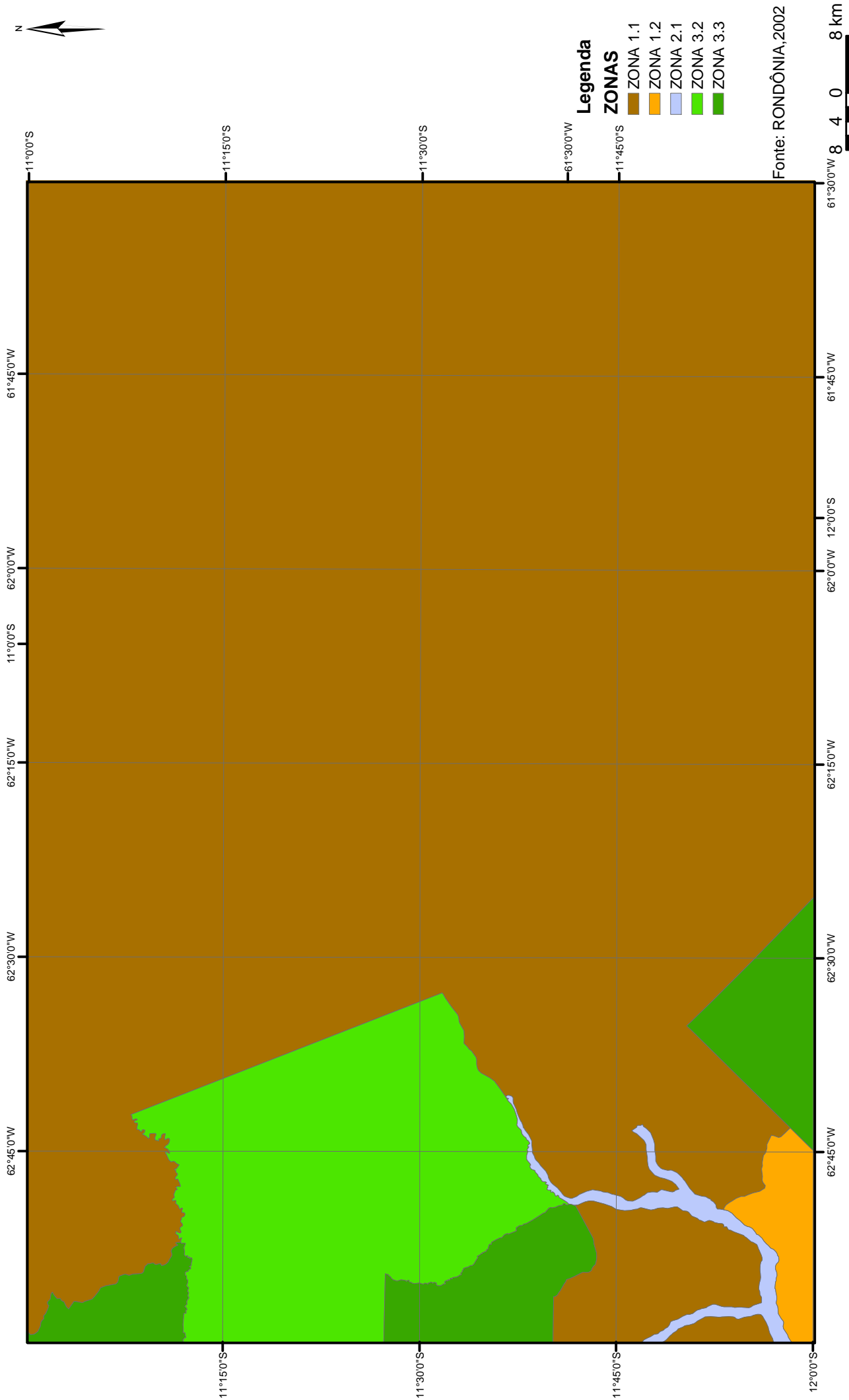


Figura 39 - Segunda Aproximação do Zoneamento Socioeconômico e Ecológico da Folha SC.20-Z-C - Presidente Médici

**Tabela 16 – Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão em relação ao Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico para Folha SC.20-Z-C.**

Classe	V	MV	MEV	ME	E	Rio	Total
Zona	(km <sup>2</sup> )						
Zona 1.1	2,6496	1.400,1075	11.163,7467	2.402,4069	37,5282	58,4919	15.064,9308
Zona 1.2	0	0,1125	192,1185	0	0	0	192,2310
Zona 2.1	2,7657	76,5459	58,9689	0,0090	0	4,4235	142,7130
Zona 3.2	0,0198	96,1857	1256,2893	490,9293	0	0	1.843,4241
Zona 3.3	0	17,3358	477,3744	355,6368	0	0,0072	850,3542
TOTAL	5,4351	1590,2874	13.148,4978	3.248,9820	37,5282	62,9226	18.093,6531

V - Vulnerável; MV – Moderadamente Vulnerável; MEV – Medianamente Estável/Vulnerável; ME – Moderadamente Estável.

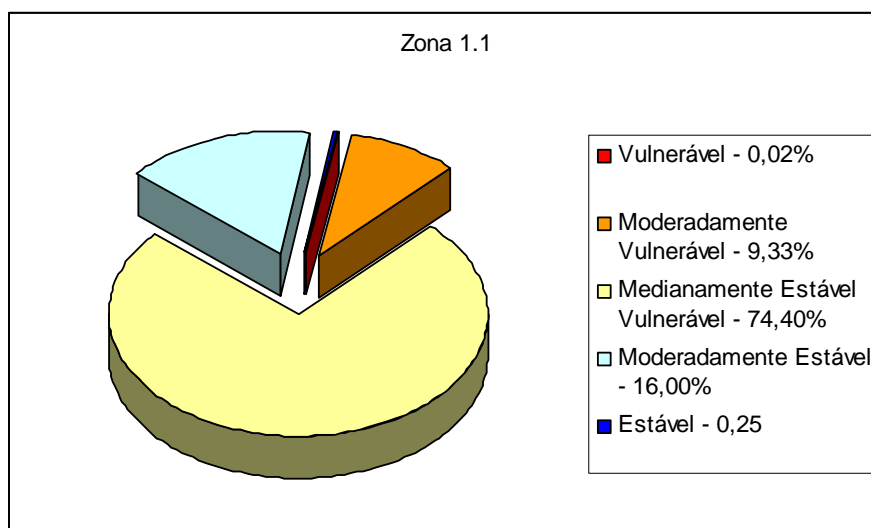


Figura 40 - Gráfico do Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão em Áreas da Zona 1.1 do Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico na Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici.

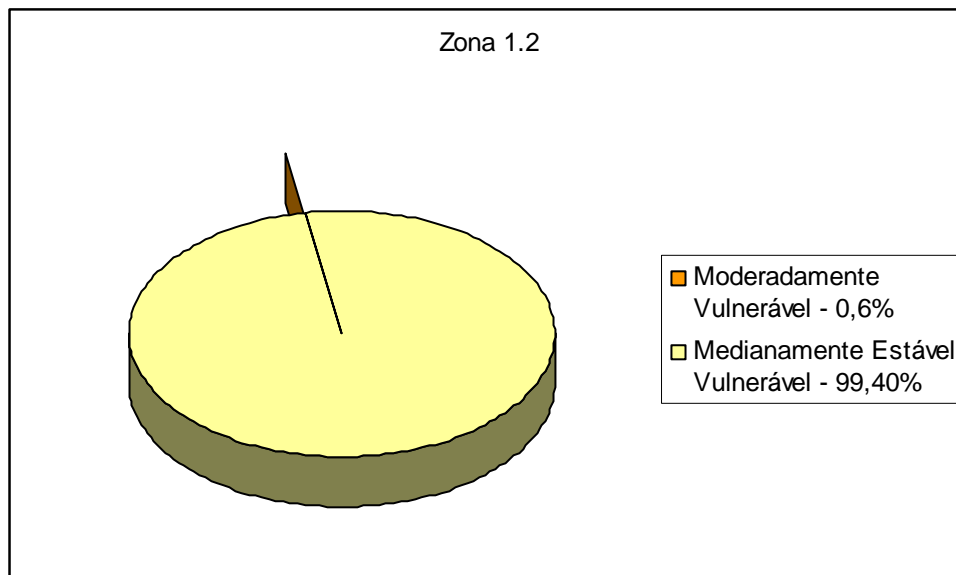


Figura 41 - Gráfico do Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão em Áreas da Zona 1.2 do Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico na Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici.

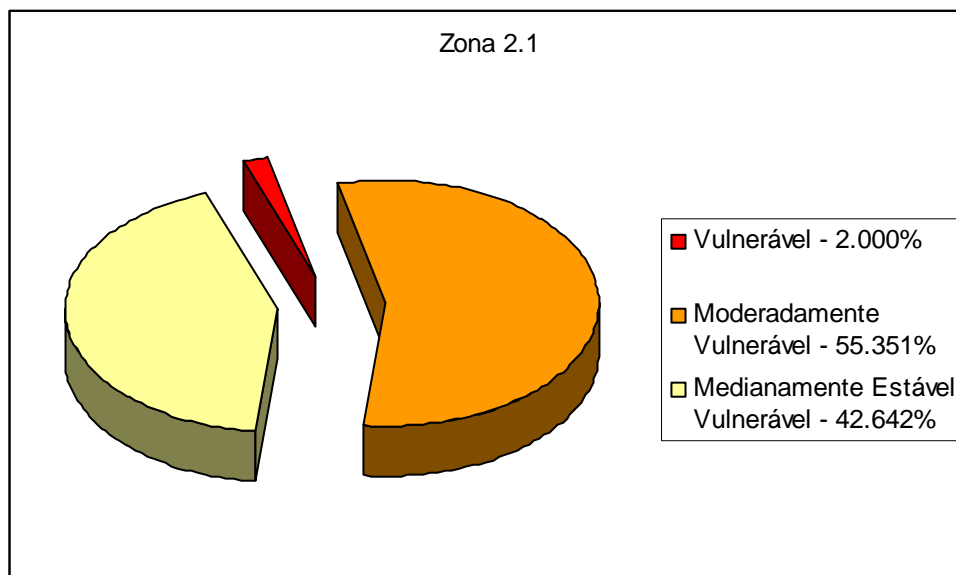


Figura 42 - Gráfico do Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão em Áreas da Zona 2.1 do Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico na Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici.

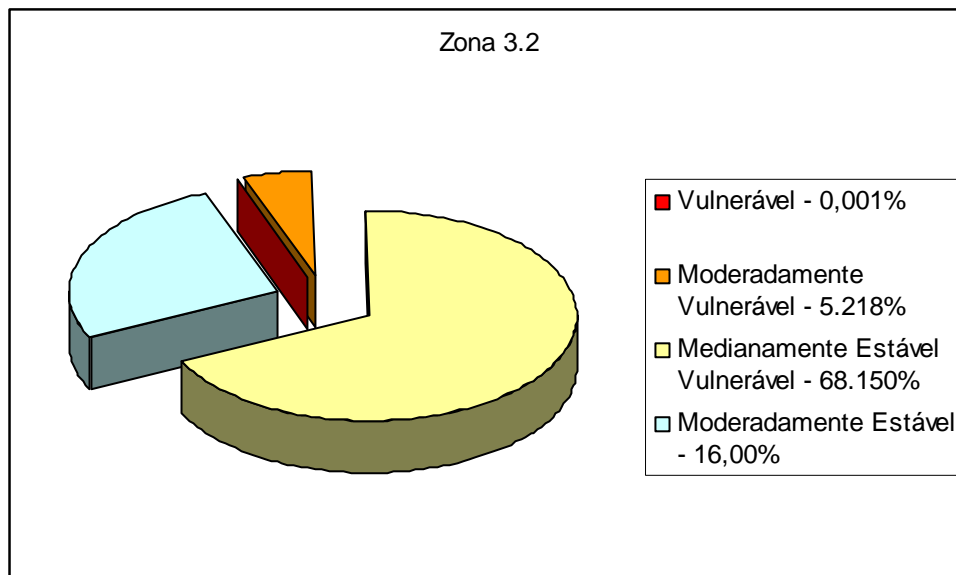


Figura 43 - Gráfico do Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão em Áreas da Zona 3.2 do Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico na Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici.

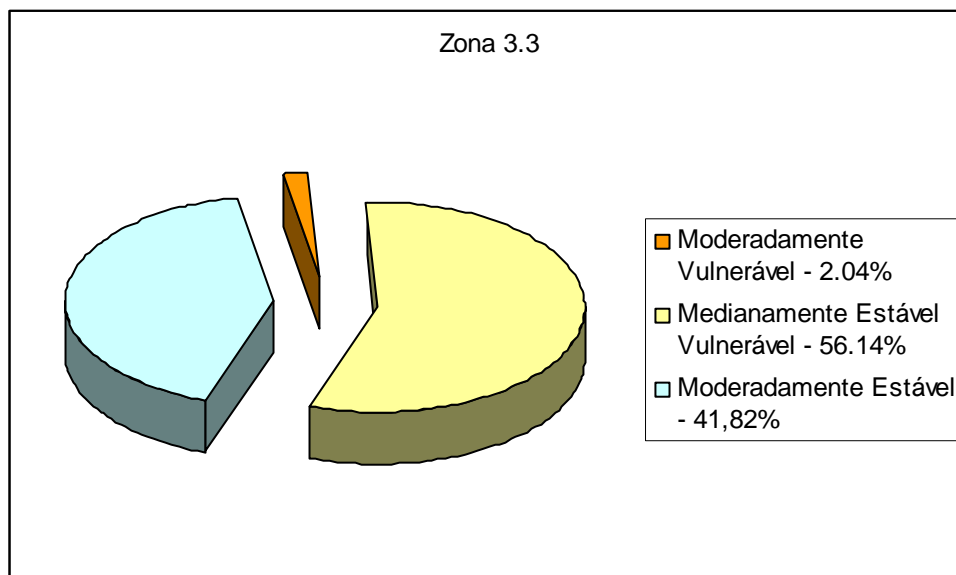


Figura 44 - Gráfico do Cálculo das Áreas das Classes de Vulnerabilidade Natural à Erosão em Áreas da Zona 3.3 do Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico na Folha SC.20-Z-C – Presidente Médici.

# CAPÍTULO VI

## 6. CONCLUSÕES

No decorrer dos trabalhos uma nova questão foi levantada ao se consultar o banco de dados do PLANAFLORO (Rondônia, 2002) para extrair os dados temáticos necessários à álgebra de mapas. É reconhecida a grande importância do mesmo, sua diversificação de dados e seu expressivo potencial de uso como instrumento de planejamento e gestão do desenvolvimento do Estado de Rondônia. Por outro lado identificou-se a grande dificuldade de se utilizar os dados em seu potencial máximo, uma vez que o que foi chamado de Banco de Dados Geográficos (Rondônia, 2002), deixa muito a desejar no que se refere ao conteúdo dos atributos dos temas disponíveis. Esses se limitam a um código ou letra-símbolo que identifica a unidade representada espacialmente e, desta forma, restringe muito o seu uso. Para análises mais aprofundadas, onde são consultados outros dados, faz-se necessário pesquisar nos relatórios ou nos sistemas individuais e em vários formatos. Isso descaracteriza o banco de dados geográficos, não sendo possível através de consultas criar novos temas e novas informações. Neste contexto, recomenda-se a modelagem e criação de um novo banco de dados geográficos, incluindo todos os sistemas e planilhas em que estão os dados individuais de cada tema incluindo, também, a criação das tabelas de Geomorfologia que



só possui dados no formato texto (Word) e uma atualização de todos os dados. Somente desta forma, tanto os órgãos governamentais como as entidades de pesquisa, utilizarão plenamente o potencial da ferramenta computacional de auxílio à tomada de decisão, planejamento e gestão.

A inclusão do mapa de distâncias de fraturas e falhas para conferir os índices para as rochas que sofreram deformações, não previstos na metodologia proposta por Crepani *et al.* 1996 é, sem sombra de dúvidas, a forma que melhor espelha o mundo real, uma vez que estas rochas têm o seu grau de coesão diferenciado.

Outro diferencial na metodologia proposta por Crepani *et al.* 1996 foi à inclusão, como âncora, de uma imagem híbrida, utilizando-se a banda 7 no canal vermelho (R) e a banda 2 no canal azul (B), bandas do Landsat ETM+ 7 e no canal verde (G) a imagem sombreada, criada a partir do refinamento da grade do SRMT de 90 metros para 14,25 metros, igualando a resolução do Landsat ETM+ 7, obtida a partir do mosaico ortorretificado de imagens ETM+ GeoCover LandSat 7 de 2000.

Observam-se maiores índices de estabilidade nas áreas em que permanece a cobertura vegetal original, fato bem demonstrado quando se analisa isoladamente as terras indígenas que apresentam um aumento significativo da classe Moderadamente Estável, em relação às áreas de assentamentos do INCRA, mostrando a necessidade de um constante monitoramento da região e um planejamento e controle da ocupação. Por outro lado, observa-se que a colonização deu-se em área favorável uma vez que os índices de estabilidade não foram críticos nas mesmas, permanecendo em torno de Medianamente Estável/Vulnerável, um índice médio. Da mesma forma comparando-se os dados obtidos com o Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico (Rondônia, 2002) observa-se uma coerência na definição das zonas onde a Zona 1.1 apresenta um predomínio da Classe Medianamente Estável/Vulnerável, uma classe de vulnerabilidade intermediária para uma região fortemente antropizada.

# CAPÍTULO VII

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMY, A.; ROMANINI, S.J. **Geologia da Região Porto Velho - Abunã**. Relatório final. Porto Velho: DNPM/CPRM, 1990. 273 p. il.

ALMEIDA, L.F.B. Padrão CPRMg para intercâmbio de dados gráficos digitais. In: CPRM. **Portfolio, tecnologia e produtos em geoprocessamento**. Belo Horizonte: CPRM/DIMARK, 1999. 52p. il. p. 35-44.

ALMEIDA, M.A. **SDIG-PB**: proposta de um sistema distribuído de informação geográfica para auxílio à gestão de recursos hídricos da Paraíba. 1999. 125p. Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

BAHIA, R.B.C. **A Formação Palmeiral (Proterozóico Superior) na Serra dos Pacaás Novos, oeste de Rondônia**. 1997. 88p. il. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, Belém.

BAHIA, R.B.C.; PEDREIRA, A.J. Depósitos glaciogênicos da Formação Pimenta Bueno (Carbonífero) na Região de Rolim de Moura, sudeste de Rondônia. **A Terra em Revista**, v. 2, n. 1, p. 24-29, mar. 1996.

BARBOSA, C.C.F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. 1997. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

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

BERTINI, G.C.; NETO, J.C. Uma modelagem orientada a objeto para o mapa urbano básico de Belo Horizonte (MUB/BH). **Informática Pública**, v.6, n 1, p.33-51, 2004.

BETTENCOURT, J.S.; ONSTOTT, T.C.; DE JESUS, T.; TEIXEIRA, W. Tectonic interpretation of  $40\text{ Ar}/39\text{ Ar}$  ages on country rocks from the Central sector of the Rio Negro-Juruena Province, SW Amazon Craton. In: DALL'AGNOL, R.; MACAMBIRA, M.J.B.; COSTI, H.T. (Eds.). SYMPOSIUM ON RAPAOKIWI GRANITES AND RELATED ROCKS, 1, 1995, Belém. **Abstracts Volume**. Belém: Center for Geosciences. University Federal of Para, 1995. 88p. p. 14.

BONHAM-CARTER, G.F. **Geographic information systems for geoscientists: Modelling with GIS**. Kidlington: Elsevier Science, 1994. 398p.

CALIJURI, M.L.; ROHM, S.A. **Sistemas de informações geográficas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 34p.

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. 1996. 264p. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling". **Computers & Graphics**, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2 ed. São José dos Campos: INPE, 1998. Paginação irregular.

CASANOVA, M.A. **Bancos de dados geográficos**. Curitiba: MundoGeo, 2005, 506p.

CPRM. **Mapa geológico da folha Presidente Médici**. Mapa de serviço. 2003. Escala 1:250.000. Não publicado. (Inédito).

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos. INPE. 1996.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos campos. SAE/INPE. 2001.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S. **Imagens fotográficas derivadas de MNT do SRTM para fotointerpretação na geologia, geomorfologia e pedologia**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004. 40p. (INPE-11238-RPQ/761). Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://iris.sid.inpe.br:1912/rep/sid.inpe.br/sergio/2004/08.24.10.39>>. Acesso em: 04 jan. 2005.

CRÓSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 2002.

CRUZ, N.M.C. Palinologia de sedimentos paleozóicos do Território Federal de Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, 1980, Camboriú. **Anais do ...** Camboriú: SBG, 1980. v. 5, p. 3041-3048.

DAVIS Jr. C.A. **Múltiplas representações em sistemas de informações geográficas**. 2000. 106p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

FIGUEIREDO, A.J.; OLIVATTI, O. **Projeto Alto Guaporé**. Relatório Final Integrado. Goiânia: DNPM/CPRM, 1974. v. 11 (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2323).

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97p.

GAIO Jr, A. ; PEREIRA, A.A.C.; DALL'IGNA, L.G. Fusão de imagens CBERS2-SER/SIPAM para identificação de campo de pouso na região amazônica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. **Anais**. Goiânia: INPE/SELP, 2005. 1 CDROM.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagens Landsat TM 5 (Projeto PRODES). [online]. 2003. < <http://www.obt.inpe.br/prodes/>>. Acesso em: 20 dez. 2004.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagens Landsat TM 5 (Projeto PRODES). [online]. 2004. < <http://www.obt.inpe.br/prodes/>>. Acesso em: 10 set. 2005.

ISOTTA, C.A.L.; CARNEIRO, J.M.; KATO, H.T.; BARROS, R.J.L. **Projeto Província Estanífera de Rondônia**; Relatório Final. Porto Velho: DNPM/CPRM, 1978. v. 1. Inédito.

LEAL, J.W.L.; SILVA, G.H.; ABREU, A.S.; LIMA, M.I.C. Granito Serra da Providência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976, Ouro Preto. **Resumo dos Trabalhos**. Belo Horizonte, SBG, 1976. p. 187.

LEAL, J.W.L.; SILVA, G.H.; SANTOS, D.B.; TEIXEIRA, W.; LIMA, M.I.C.; FERNANDES, C.A.C.; PINTO, A.C. Geologia. In: BRASIL, DNPM. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SC.20 Porto Velho**. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1978. 663p. (Levantamento de Recursos Naturais, 16). P. 17-184.

MEDEIROS, J.S. **Bancos de dados geográficos e redes neurais artificiais: tecnologias de apoio à gestão do território**. 1999. 221p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003.

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

NAHASS, S.; BERBERT, C.O.; LACERDA, D.X. de; SOUZA, E.C. de; GUIMARÃES, G.; RAMGRAB, G.E.; SANTOS, J.O.S.; CARVALHO, L.M. de; OLIVATTI, O.; LOGUERCIO, S.O.C.; JORGE JOÃO, X. da S.; RIBEIRO FILHO, W. **Programa de reuniões para integração geológica**. 2ª reunião. Integração dos projetos Alto Guaporé, Centro-Oeste de Mato Grosso, Sudeste de Rondônia, Noroeste de

Rondônia e Norte da Amazônia (Domínio Baixo Rio Negro) Cuiabá-Porto Velho-Manaus, 1974. 44p.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. Imagens Landsat TM 5 (Mosaico GeoCover). [online]. 1990. <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>>. Acesso em: 05 jan. 2005.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. Imagens Landsat ETM<sup>+</sup> 7 (Mosaico GeoCover). [online]. 2000a. <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>>. Acesso em: 05 jan. 2005.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. Imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). [online]. 2000b. <<http://srtm.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 fev. 2004.

NETGIS-Geoprocessamento e Informática Ltda., **SPRING Versão 2.0 – Release 2.0.5**. São José dos Campos, 1998. Volume 1, Definição e edição de mapas.

NETGIS-Geoprocessamento e Informática Ltda., **SPRING Versão 2.0 – Release 2.0.5**. São José dos Campos, 1998. Volume 3, Modelagem, análise e consulta espacial.

OTT, A.M.T. **Dos projetos de desenvolvimento, ao desenvolvimento dos projetos: o PLANAFLOOR em Rondônia**. 2002. 285p. Tese (Doutorado em Ciências Humanas/Sociedade e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PALMEIRA, A. F. **Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas à gestão do território do município de Paragominas (Estado do Pará)**. 2004, 206p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

QUADROS, M.L.E.S.; BAHIA, R.B.C.; SCANDOLARA, J.E. Evolução tectônica dos grabens do setor oeste do Cráton Amazônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, 1998, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: SBG-Núcleo Minas Gerais, 1998. 529p. p. 430

RIZZOTTO, G.J. **Petrologia e ambiente geotectônico do grupo Nova Brasilândia-RO**. Porto Alegre, 1999. 137p. il. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Curso de Pós-Graduação em Geociências.

RIZZOTTO, G.J.; SCANDOLARA, J.E.; SILVA, C.R.; DALL'AGNOL, R.; BETTENCOURT, J.S.; MORAIS, P.R.C. Geology and preliminary geochemistry of the middle proterozoic Serra da Providência rapakivi granite-Rondônia, Brazil. In: DALL'AGNOL, R.; MACAMBIRA, M.J.B.; COSTI, H.T. (Eds.). SYMPOSIUM ON RAPAKIVI GRANITES AND RELATED ROCKS, 1, 1995, Belém. **Abstracts Volume**. Belém: Center for Geosciences. University Federal of Para, 1995. 88p. p. 67-68.

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

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. **2ª Aproximação do Zoneamento Econômico e Ecológico**. Porto Velho, PLANAFLORO, 2002, 37 CD-rom's.

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. **Base Cartográfica Digital do Estado de Rondônia**. Porto Velho, 2004, CD-rom.



ROSA, R.; BRITO, J.L.S. **Introdução ao geoprocessamento**: sistema de informação geográfica. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 1996. 104p.

SAYÃO LOBATO, F.P.N.; APPEL, L.E.; GODOY, M.C.F.T.; RITTER, J.E. **Pesquisa de cassiterita no Território Federal de Rondônia**. Relatório Final. Rio de Janeiro: DNPM/DFPM, 1966. 209p. (Boletim, 125).

SANTOS, J.O.S.; RIZZOTTO, G.J.; POTTER, P.E.; HARTMANN, L.A.; EASTON, R.M.; McNAUGHTON, N.J. The Sunsas Orogenic cycle in western Amazon Craton, South America and correlation to the Grenville cycle of Laurentia, based on U-Pb isotopic study of detrital and igneous zircons. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41, 2002, João Pessoa. **Anais**. João Pessoa: SBG-Núcleo Nordeste, 2002. 702p. p. 335.

SCANDOLARA, J.E.; RIZZOTTO, G.J.; SILVA, L.C. Geologia da região de Nova Brasilândia, Sudeste de Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. **Boletim de Resumos Expandidos**. São Paulo: SBG-Núcleo São Paulo, 1992. V. 2, p. 154-155.

SCANDOLARA, J.E.; RIZZOTTO, G.J.; BAHIA, R.B.C.; QUADROS, M.L.E.S.; SILVA, C.R. da; AMORIM, J.L. de. **Mapa geológico do Estado de Rondônia**. Porto Velho: CPRM, 1997. Escala 1:1.000.000.

SCANDOLARA, J.E.; RIZZOTTO, G.J.; AMORIM, J.L. Evolução proterozóica de Rondônia: cronologia de eventos tectônicos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 7, 1999, Lençóis. SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECTÔNICA DA SBG, 1. **Anais**. Lençóis: SBG/SBGP, 1999. Pag.irreg. Sessão 1, p. 24-27.

SILBERSCHATZ, A.; KORTH, H.F.; SUDARSHAN, S. **Sistema de banco de dados**. 3. ed. São Paulo: MAKRON Books, 1999. 778p.

SILVA, A.B. **Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas, Ed da UNICAMP, 1999. 236p.

SILVA, C.R.; BAHIA, R.B.C.; SILVA, L.C. Geologia da Região de Rolim de Moura-Sudeste de Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. **Boletim de Resumos Expandidos**. São Paulo: SBG-Núcleo São Paulo, 1992. V. 2, p. 152-153.

SILVA, J.M.G.; SARAIVA, F.A.M. **Caracterização climática da região da folha Presidente Médici**. 2004. (Inédito).

SILVA, J.X. da. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro, Ed. do Autor, 2001. 227p.

SILVA, A.N.R.; RAMOS, R.A.R.; SOUZA, L.C.L.; RODRIGUES, D.S.; MENDES, J.F.G. **SIG: uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes: uma ferramenta 3 D para análise ambiental urbana, avaliação multicritério, redes neurais artificiais**. São Carlos, SP: Ed. dos Autores, 2004. 227 p.

SOUZA, E.C.; MELO, A.F.F.; ADAMY, A.; SOEIRO, R.S.; DALEIRO, V. **Projeto Noroeste de Rondônia**. Relatório Final. Porto Velho: DNPM/CPRM, 1975. 12 v. il.

SOUZA FILHO, P.W.M.; QUADROS, M.L.E.S.; SCANDOLARA, J.E.; SILVA FILHO, E.P.; REIS, M.R. Compartimentação morfoestrutural e evidências de atividade neotectônica no sistema fluvial Guaporé-Mamoré-Alto Madeira, Rondônia. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6, 1999, Manaus. **Boletim de Resumos Expandidos**. Manaus: SBG-Núcleo Norte, 1999. 596p. p. 330-333.

TASSINARI, C.C.G.; SIGA Jr.,O.; TEIXEIRA, W. Épocas metalogenéticas relacionadas a granitogênese do Craton Amazônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: SBG, 1984. v. 6, p. 2963-2977.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE-SUPREN, 1977.