

**CONTRIBUIÇÃO À CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA DE GRANDES ÁREAS  
COM O USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS: UMA  
APLICAÇÃO À REGIÃO DO MÉDIO URUGUAI (RS)**

**MARIO SERGIO WOLSKI**

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

**Área de Concentração: Cadastro Técnico Multifinalitário.**

**Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Dora Maria Orth**

**Florianópolis-SC  
1997**

**MARIO SERGIO WOLSKI**

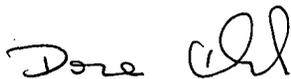
**CONTRIBUIÇÃO À CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA DE GRANDES ÁREAS  
COM O USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS: UMA  
APLICAÇÃO À REGIÃO DO MÉDIO URUGUAI (RS)**

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

Florianópolis-SC  
1997

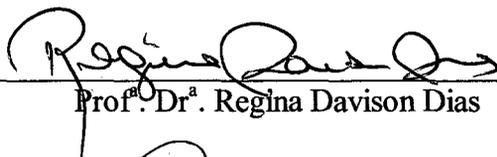
## FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em 10/10/1997,  
pela comissão examinadora



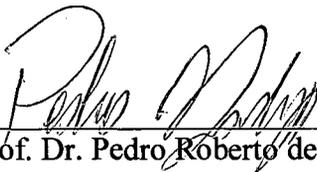
---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Dora Maria Orth - Orientadora - Moderadora



---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Regina Davison Dias



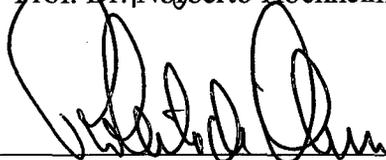
---

Prof. Dr. Pedro Roberto de Azambuja Madruga



---

Prof. Dr. Norberto Hochheim



---

Prof. Dr. Roberto de Oliveira - Coordenador do CPGEC

*À minha família,  
À Silvia'  
Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

À professora Dora Maria Orth, pela orientação, apoio, estímulo e amizade, fundamentais para o desenvolvimento do trabalho.

À professora Regina Davison Dias, pela co-orientação, troca de idéias e sugestões.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Civil e do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSC.

À CAPES-PICDT, pela concessão de bolsa de estudo para realização do curso e pela contribuição que presta à capacitação de docentes.

À Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), por ter possibilitado a realização do mestrado.

À Escola Técnica Federal de Santa Catarina, através da coordenação do curso de Agrimensura, pelo empréstimo de equipamentos e instalações para realização do trabalho. Em especial, aos professores e amigos Markus Hasenack e Rovane França, pela boa vontade que sempre manifestaram.

Ao Centro de Recursos IDRISI, através dos pesquisadores Heinrich Hasenack e Eliseu José Weber, pelo apoio técnico.

Ao Sgto. Vitor Darlei de Quadros, da Diretoria do Serviço Geográfico da 1ª Divisão de Levantamentos, pela colaboração recebida.

Aos Engenheiros Ulisses Pastore e José Marcos Moser, do IBGE - DIGEO SUL, pelo auxílio e cooperação.

Ao professor Argentino José Aguirre, da Universidade Federal de Santa Maria, pelas discussões técnicas propiciadas.

Ao DAER, Secretaria da Agricultura e Secretaria de Planejamento do Estado do Rio Grande do Sul, pela cedência de informações e materiais.

À professora e colega Carmen Regina Dorneles Nogueira, pelo apoio prestado.

À professora Marcia Scherer Cipriani, pela revisão da redação do trabalho.

A todos os colegas de Pós-Graduação, em especial aos colegas Gertrudes Luz, Cesário de Oliveira Junior, Carlos Peruso e Nelson Marisco, pelos bons momentos de convivência.

Enfim, a todos aqueles que de uma forma ou de outra colaboraram para que os obstáculos fossem transpostos e os objetivos propostos alcançados.

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| LISTA DE FIGURAS .....  | i         |
| LISTA DE TABELAS .....  | ii        |
| LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS .....                                 | iii       |
| LISTA DE ANEXOS .....   | v         |
| RESUMO .....  | vi        |
| <i>ABSTRACT</i> .....   | vii       |
| <b>CAPÍTULO I</b>   |           |
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>01</b> |
| 1.1 OBJETIVOS .....   | 03        |
| 1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO .....                                     | 04        |
| <b>CAPÍTULO II</b>  |           |
| <b>2 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA .....</b>                     | <b>06</b> |
| 2.1 COMPONENTES DE UM SIG .....                                     | 08        |
| 2.1.1 Hardware .....  | 08        |
| 2.1.2 Software .....  | 09        |
| 2.1.3 Contexto organizacional .....                                 | 10        |
| 2.2 ESTRUTURA DE DADOS .....  | 10        |
| 2.2.1 Representação de dados geográficos no computador .....        | 12        |
| 2.2.1.1 Representação matricial .....                               | 12        |
| 2.2.1.2 Representação vetorial .....                                | 13        |
| 2.2.1.3 Comparação entre a representação matricial e vetorial ..... | 13        |
| 2.3 ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS GRÁFICO PARA SIG .....            | 15        |
| 2.3.1 Digitalização manual .....                                    | 16        |
| 2.3.2 Detecção de erros e edição .....                              | 17        |
| 2.3.3 Conversão de formato .....                                    | 18        |
| 2.3.4 Geo-referenciamento .....                                     | 19        |
| 2.4 MANIPULAÇÃO/ANÁLISE DE DADOS.....                               | 22        |
| <b>CAPÍTULO III</b>   |           |
| <b>3 MAPEAMENTO GEOTÉCNICO .....</b>                                | <b>24</b> |
| 3.1 METODOLOGIAS PARA MAPEAMENTO GEOTÉCNICO .....                   | 26        |
| 3.1.1 Metodologia da I.A.E.G. ou Metodologia da UNESCO.....         | 26        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.1.2 Metodologia P.U.C.E. ....                         | 27        |
| 3.1.3 Metodologia Francesa ou Sanejouand .....          | 27        |
| 3.1.4 Metodologia Espanhola .....                       | 28        |
| 3.1.5 Metodologia dos Estados Unidos da América .....   | 29        |
| 3.1.6 Metodologia Zuquette .....                        | 29        |
| 3.1.7 Metodologia utilizada no sul do Brasil .....      | 30        |
| 3.2 APLICAÇÃO DO SIG NO MAPEAMENTO GEOTÉCNICO.....      | 33        |
| <b>CAPÍTULO IV</b>                                      |           |
| <b>4 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA REGIÃO MAPEADA .....</b> | <b>35</b> |
| 4.1 ASPECTOS GERAIS DA REGIÃO .....                     | 36        |
| 4.2 ASPECTOS FÍSICOS-NATURAIS .....                     | 40        |
| 4.2.1 Clima .....                                       | 40        |
| 4.2.2 Geomorfologia e relevo.....                       | 40        |
| 4.2.3 Geologia .....                                    | 41        |
| 4.2.4 Pedologia .....                                   | 42        |
| 4.2.5 Hidrografia .....                                 | 45        |
| 4.2.6 Vegetação .....                                   | 45        |
| 4.3 ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS .....                     | 46        |
| <b>CAPÍTULO V</b>                                       |           |
| <b>5 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>                      | <b>49</b> |
| 5.1 MATERIAIS .....                                     | 49        |
| 5.2 MÉTODOS .....                                       | 50        |
| 5.2.1 Preparação inicial .....                          | 51        |
| 5.2.1.1 Inventário dos dados .....                      | 52        |
| 5.2.1.2 Delimitação da área .....                       | 51        |
| 5.2.1.3 Preparação do mapa pedológico .....             | 52        |
| 5.2.1.4 Atualização do mapa base .....                  | 55        |
| 5.2.2 Estruturação da base de dados gráficos .....      | 56        |
| 5.2.2.1 Planejamento da digitalização .....             | 56        |
| 5.2.2.2 Digitalização .....                             | 60        |

|  |    |
|--|----|
| 5.2.2.3 Correção de erros/edição .....                                       | 61 |
| 5.3 COMPOSIÇÃO DO MAPA DE ESTIMATIVA DE UNIDADES<br>GEOTÉCNICAS NO SIG ..... | 61 |
| 5.3.1 Montagem do banco de dados alfanumérico .....                          | 64 |
| <b>CAPÍTULO VI</b>   |    |
| <b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....  | 66 |
| 6.1 MAPAS RESULTANTES .....  | 66 |
| 6.2 DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS .....                                 | 70 |
| 6.2.1 Solos com horizonte B latossólico .....                                | 71 |
| 6.2.2 Solos com horizonte B textural .....                                   | 72 |
| 6.2.3 Solos com horizonte B insipiente .....                                 | 73 |
| 6.2.4 Solos pouco desenvolvidos .....  | 74 |
| 6.3 OCORRÊNCIA DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS .....                                | 74 |
| <b>CAPITULO VII</b>  |    |
| <b>7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....                                    | 76 |
| 7.1 QUANTO À ESCALA DE TRABALHO E EXTENSÃO DA ÁREA DE<br>ESTUDO .....        | 76 |
| 7.2 QUANTO À ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS GRÁFICOS ..                       | 77 |
| 7.3 QUANTO AOS SOFTWARES UTILIZADOS .....                                    | 77 |
| 7.4 QUANTO AO USO DO SIG PARA MAPEAMENTO GEOTÉCNICO .                        | 78 |
| <b>ANEXOS</b> .....  | 79 |
| <b>BIBLIOGRAFIA CITADA</b> .....   | 86 |
| <b>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</b> .....   | 92 |

## LISTA DE FIGURAS

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Figura 2.1 | Principais componentes de hardware do SIG .....                                | 09 |
| Figura 2.2 | Estrutura topológica tipo arco-nó-polígono .....                               | 12 |
| Figura 2.3 | Sistema matricial e vetorial .....   | 14 |
| Figura 2.4 | Mesa digitalizadora e modo de digitalização .....                              | 16 |
| Figura 2.5 | Superfície de referência para levantamentos geodésicos .....                   | 20 |
| Figura 2.6 | Cruzamento de planos de informação no SIG .....                                | 23 |
| Figura 3.1 | Esquema para definição da unidade geotécnica .....                             | 32 |
| Figura 4.1 | Situação da área de estudo .....   | 36 |
| Figura 5.1 | Fluxograma das atividades desenvolvidas .....                                  | 50 |
| Figura 5.2 | Articulação das folhas da Carta do Brasil ao Milionésimo ....                  | 52 |
| Figura 5.3 | Fluxo de atividades para digitalização manual .....                            | 60 |
| Figura 5.4 | Roteiro para composição do mapa de estimativa de unidades<br>geotécnicas ..... | 63 |
| Figura 6.1 | Região do Médio Uruguai-mapa pedológico simplificado ....                      | 67 |
| Figura 6.2 | Região do Médio Uruguai-mapa geológico .....                                   | 68 |
| Figura 6.3 | Região do Médio Uruguai-mapa político .....                                    | 69 |
| Figura 6.4 | Região do Médio Uruguai-mapa de estimativa de unidades<br>geotécnicas .....    | 70 |

## LISTA DE TABELAS

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabela 2.1 | Comparação entre dados na forma matricial e vetorial .....   | 14 |
| Tabela 2.2 | Projeções cartográficas utilizadas no Brasil .....   | 22 |
| Tabela 3.1 | Classificação de mapas geotécnicos básicos proposta pelo Instituto Geológico e de Minas da Espanha ..... | 28 |
| Tabela 3.2 | Classificação dos mapas e cartas segundo a metodologia de ZUQUETTE .....                                 | 30 |
| Tabela 4.1 | Participação (%) da área dos CRDs no PDIRMU e no Estado .....  | 37 |
| Tabela 4.2 | Municípios que compõem a Região do Médio Uruguai .....   | 37 |
| Tabela 4.3 | Unidades de solo da Região do Médio Uruguai para o bloco Curitiba .....                                  | 42 |
| Tabela 4.4 | Unidades de solo da Região do Médio Uruguai para o bloco Porto Alegre .....                              | 43 |
| Tabela 4.5 | PIB da Região do Médio Uruguai e do Estado: geral e por atividade - 1980/94 (em US\$ 1.000) .....        | 47 |
| Tabela 4.6 | População da Região do Médio Uruguai e Estado (RS) - 1940/1991 .....                                     | 48 |
| Tabela 5.1 | Cartas topográficas utilizadas para compilação do mapa base (escala 1:250.000) .....                     | 51 |
| Tabela 5.2 | Legenda unificada para o mapa pedológico .....   | 53 |
| Tabela 5.3 | Descrição das unidades de solos da Região do Médio Uruguai .....   | 54 |
| Tabela 5.4 | Parâmetros para digitalização das feições .....  | 58 |
| Tabela 5.5 | Tolerância para a digitalização contínua .....   | 59 |
| Tabela 5.6 | Unidades de trabalho para escalas entre 1:25.000 e 1:1.000.000 .....                                     | 59 |
| Tabela 5.7 | Descrição dos arquivos de referência .....   | 62 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|         |   |
|---------|---|
| 1ª DL   | 1ª Divisão de Levantamentos                                   |
| ABGE    | Associação Brasileira de Geologia de Engenharia               |
| ABNT    | Associação Brasileira de Normas Técnicas                      |
| AM      | Associação de Municípios                                      |
| ASCII   | <i>American Standard Code for Information Interchange</i>     |
| BIH     | <i>Bureau International de l'Heure</i>                        |
| CAD     | <i>Computer Aided Design</i>                                  |
| CIM     | Carta Internacional ao Milionésimo                            |
| CPGEC   | Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil                    |
| CPU     | <i>Central Processing Unit</i>                                |
| CRD     | Conselho Regional de Desenvolvimento                          |
| DAC     | Departamento de Agricultura e Cartografia (RS)                |
| DAER    | Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem                  |
| DGC     | Divisão de Geografia e Cartografia (RS)                       |
| DSG     | Diretoria do Serviço Geográfico                               |
| DXF     | <i>Drawing Exchange File</i>                                  |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária                   |
| GIS     | <i>Geographic Information System</i>                          |
| GPS     | <i>Global Position System</i>                                 |
| IAEG    | <i>International Association of Engineering Geology</i>       |
| IBGE    | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística               |
| IES     | Instituições de Ensino Superior                               |
| IPT     | Instituto de Pesquisa Tecnológica                             |
| PDIRMU  | Plano de Desenvolvimento Integrado da Região do Médio Uruguai |
| PEC     | Padrão de Exatidão Cartográfica                               |
| PI      | Plano de Informação   |
| PIB     | Produto Interno Bruto   |
| PUCE    | <i>Patterns, Units, Components and Evaluation</i>             |
| RADAM   | Radar da Amazônia   |
| SA      | Secretaria da Agricultura (RS)                                |
| SAD/69  | <i>South American Datum/1969</i>                              |

|         |   |
|---------|---|
| SCN     | Sistema Cartográfico Nacional   |
| SGB     | Sistema Geodésico Brasileiro  |
| SGBD    | Sistema de Gerenciamento de Base de Dados                             |
| SIG     | Sistema de Informação Geográfica                                      |
| SPT     | <i>Standart Penetration Test</i>                                      |
| SUDESUL | Superintendência de Desenvolvimento da Região Sul                     |
| UFRGS   | Universidade Federal do Rio Grande do Sul                             |
| UFSC    | Universidade Federal de Santa Catarina                                |
| UNESCO  | Organização das Nações Unidas para Educação, a<br>Ciência e a Cultura |
| UNIJUÍ  | Universidade Regional de Ijuí   |
| URI     | Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões         |
| UTM     | Universal Transversa de Mercator                                      |
| WGS/84  | <i>World Geodetics System/1984</i>                                    |
| WWW     | <i>World Wibe Web</i>   |

## LISTA DE ANEXOS

|         |   |    |
|---------|---|----|
| ANEXO A | Mapa Base .....   | 80 |
| ANEXO B | Mapa Político .....                                     | 81 |
| ANEXO C | Limite da área de estudo .....                          | 82 |
| ANEXO D | Mapa Pedológico .....                                   | 83 |
| ANEXO E | Mapa Geológico .....                                    | 84 |
| ANEXO F | Estimativa das Unidades Geotécnicas por município ..... | 85 |

## RESUMO

WOLSKI, Mario Sergio. Contribuição à cartografia geotécnica de grandes áreas com o uso de Sistema de Informações Geográficas: uma aplicação à Região do Médio Uruguai (RS). Florianópolis, 1997, 89 p. - UFSC, Santa Catarina.

A cartografia geotécnica de grandes áreas, baseada na metodologia de mapeamento geotécnico desenvolvida para o sul do Brasil, tem buscado incorporar em sua estrutura metodológica as atuais tecnologias de cartografia digital e, em especial, dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). No entanto, a ausência de estudos anteriores específicos tem dificultado os avanços desse campo da engenharia. Dessa forma, o presente trabalho objetiva estabelecer os fundamentos metodológicos para a composição do mapa de estimativa de unidades geotécnicas, com o uso de SIG. O trabalho foi desenvolvido para a região do Médio Uruguai (RS), na escala 1:250.000, e consistiu basicamente na estruturação da base de dados gráficos, através da conversão dos mapas analógicos de pedologia, geologia e topografia da região para meio digital, com posterior cruzamento no SIG. Os resultados obtidos permitem concluir que o SIG pode constituir-se em uma ferramenta que supera os métodos tradicionalmente utilizados para representação e análise espacial no mapeamento geotécnico.

Palavras-chave: Cartografia Geotécnica, Mapeamento Geotécnico e Sistema de Informação Geográfica (SIG).

## ABSTRACT

WOLSKI, Mario Sergio. Contribution to geotechnical cartography of large areas, through use of the Geographical Information System: a application to the Middle Uruguay Region (RS). Florianópolis, 1997, 89 p. - UFSC, Santa Catarina.

Geotechnical cartography of large areas based on the geotechnical mapping methodology developed for the south of Brazil, has set out to incorporate into its methodological structure current digital cartography technologies, mainly of the Geographical Information Systems (GIS). However, the lack of a specific studies has hampered advances in the field of engineering. For this reason, the aim of the present study is to lay down the methodological foundation for composition of the map of estimates of geotechnical units in GIS. The study was carried out for the Middle Uruguay region (RS), on the scale 1:250,000, and consists basically of the structuring the graphic data base, by means of the conversion of analogical maps of the pedology, geology and topography of the region for digital purposes, so as crossing subsequently in GIS. The results obtained make it possible to conclude that the GIS may constitute a tool superior to traditionally used methods for representation and spatial analysis in geotechnical mapping.

Keywords: Geotechnical Cartography, Geotechnical Mapping and Geographic Information Systems (GIS).

## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUÇÃO

Os estudos geotécnicos em escala regional constituem-se num importante elemento de suporte ao planejamento físico territorial, prestando-se, em geral, a uma primeira aproximação da utilização potencial da área mapeada. Ao identificar as zonas de ocorrência dos solos com perfis de origem e características físicas e morfológicas semelhantes, ou seja, unidades geotécnicas similares, pode-se estabelecer um zoneamento preliminar da região de interesse.

Geralmente, os estudos geotécnicos desenvolvem-se no plano topográfico, em escalas pontuais, definindo o comportamento de perfis solicitados para obras de engenharia. No mapeamento de grandes áreas, surgem problemas de representação cartográfica, resultantes das distorções em função da forma irregular da superfície terrestre, que implicam no conhecimento de conceitos cartográficos importantes. No entanto, os profissionais da área geotécnica nem sempre estão totalmente familiarizados com tais conceitos.

Adicionalmente à necessidade de compreensão dos principais fundamentos cartográficos, a linha de pesquisa em mapeamento geotécnico enfrenta o desafio da incorporação das atuais tecnologias de análise espacial à estrutura de trabalho. A utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para o mapeamento geotécnico pode ser de grande importância, especialmente quando se trabalha com o mapeamento de grandes áreas, em que o volume de informações dificulta as análises por processos não-computacionais. As informações provenientes dos levantamentos podem ser armazenadas em bancos de dados no SIG e manipuladas com o objetivo de gerar informações derivadas que possam contribuir ao planejamento do meio físico e à tomada de decisões.

A geração de análises, a partir do gerenciamento da base de dados geotécnicos, é seguramente a maior contribuição que os SIGs podem trazer ao mapeamento geotécnico. No entanto, a eficiência das análises no SIG está condicionada à qualidade das informações introduzidas no sistema. Na maior parte das situações, os dados existentes estão disponíveis apenas na forma

analógica, sendo necessário convertê-las para meio digital, prepará-las para a entrada no SIG, mantendo a precisão, introduzi-las no sistema, para, então, proceder às análises desejadas.

Na verdade, nenhum sistema pode trabalhar adequadamente e produzir resultados confiáveis, por melhor que sejam os recursos de *hardware* e *software*, se não for alimentado por informações consistentes. Em função do volume de dados que são trabalhados, da precisão cartográfica requerida e da necessidade de recursos humanos aptos, essa etapa é considerada como a mais cara e demorada de um projeto de SIG.

Assim, a questão básica apresentada pelo trabalho está na estruturação da base de dados gráficos geotécnicos, visando sua entrada em SIG para composição do mapa de estimativa de unidades geotécnicas.

Para realizar essa proposta, optou-se por coadunar interesses comuns em relação à área de abrangência do trabalho, quais sejam: (1) a existência de um estudo de mapeamento geotécnico para o Rio Grande do Sul na escala 1:1.000.000, realizado na porção norte (até a latitude - 30°) do estado por DAVISON DIAS e ARNOLD (1995), e (2) a necessidade de conhecimento do meio físico para subsidiar ao “Plano de Desenvolvimento Integrado da Região do Médio Uruguai apoiado numa proposta de Desenvolvimento Sustentado” (PDIRMU, 1996), desenvolvido sob coordenação da URI e UNIJUI, com a participação de 79 municípios do Estado do RS e cujo objetivo é subsidiar organismos públicos e privados para buscar a recuperação do crescimento e desenvolvimento regional de uma maneira integrada.

Cabe ressaltar que a carência de informações é, sem sombra de dúvidas, um fator impeditivo para o desenvolvimento de muitos projetos, que acabam por permanecer no papel, visto que o custo de obtenção dessas informações básicas é muito alto. O fato de trabalhar-se com uma proposta de pesquisa aplicada, suprimindo uma lacuna no conhecimento do meio físico da região, também merece ser realçado. Muitas aplicações de metodologias ficam restritas à “áreas piloto” ou “estudos de caso”. Sem querer desmerecer esses trabalhos, é senso comum que a finalização, ou, pelo menos, a ampliação das fronteiras desses estudos piloto, é rara, mas necessária.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

Elaborar o mapa de estimativa de unidades geotécnicas da Região do Médio Uruguai, na escala 1:250.000, com a utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

### **Objetivos Específicos**

- Contribuir para o “Plano de Desenvolvimento Integrado da Região do Médio Uruguai apoiado numa Proposta de Desenvolvimento Sustentado - PDIRMU”, ao gerar dados gráficos e informações que auxiliam ao planejamento físico-territorial da região.
- Estruturar a base de dados gráficos do mapeamento geotécnico em meio digital para a Região do Médio Uruguai, contribuindo para a conversão da metodologia de mapeamento geotécnico desenvolvida para o sul do Brasil para o ambiente dos SIGs;
- Fornecer uma visão geral do comportamento geotécnico dos solos da região, visando subsidiar projetos de engenharia.
- Preparar um material que propicie a multiplicação dos conhecimentos apreendidos.

## 1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente dissertação de mestrado encontra-se estruturada em sete capítulos, assim constituídos:

O capítulo I apresenta algumas considerações iniciais visando introduzir o trabalho, os objetivos principal e específicos, assim como as motivações que levaram a desenvolvê-lo.

O capítulo II inicia a revisão de literatura, com a apresentação do histórico sobre a utilização dos Sistemas de Informação Geográfica, sua evolução, características e estrutura. Os itens relacionados buscam trazer informações necessárias à compreensão dos procedimentos metodológicos desenvolvidos no decorrer do trabalho.

No capítulo III, que conclui a revisão de literatura, são abordadas as questões concernentes ao mapeamento geotécnico. Conceitos de mapeamento e cartografia geotécnica, suas finalidades e objetivos são apresentados inicialmente. As metodologias correntes, tanto em nível mundial como no Brasil, são discutidas brevemente, apenas com o intuito informativo. A maior ênfase é dada para a metodologia de mapeamento geotécnico desenvolvida para o sul do Brasil, para a qual o trabalho busca contribuir. Encerrando o capítulo, apresentam-se as potencialidades de utilização dos Sistemas de Informação Geográfica no mapeamento geotécnico.

A caracterização física e sócio-econômica da região de estudo é exposta no capítulo IV. As informações compiladas procuram retratar a importância da região no contexto sócio-econômico do Estado do Rio Grande do Sul, assim como demonstram a abrangência e a amplitude da área escolhida para desenvolver a proposta de trabalho.

O capítulo V, que apresenta os materiais utilizados e a metodologia empregada para a consecução dos objetivos propostos, foi estruturado para atender a um dos objetivos ao qual o trabalho propõe-se, ou seja, o de gerar um material que permita a multiplicação dos conhecimentos adquiridos e o prosseguimento dos estudos dentro dessa linha de pesquisa.

Os mapas resultantes do trabalho estão listados no capítulo VI e apresentados nos ANEXOS A, B, C, D e E.

O capítulo VII traz as conclusões estabelecidas ao término do trabalho, bem como as recomendações para o desenvolvimento de futuros trabalhos.

Ao final do trabalho listam-se a bibliografia citada e consultada, separadamente.

## CAPÍTULO II

### 2 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Para traçar uma linha de pensamento adequada a respeito de Sistemas de Informação Geográfica, é importante entender, antes de mais nada, o significado de um sistema de informação em seu sentido mais amplo. De acordo com CALKINS e TOMLINSON, citados por STAR e ESTES (1990), o termo sistema de informação refere-se a uma cadeia de operações que consistem na observação e coleta de dados, armazenagem e análise desses dados e a utilização da informação derivada em processos de tomada de decisão. Dentro desse contexto, o Sistema de Informação Geográfica - SIG (*Geographic Information System - GIS*) aparece como um sistema de informação designado para trabalhar com dados referenciados por coordenadas espaciais ou geográficas, de forma manual ou automatizada. Atualmente, no entanto, é difícil desvincular o conceito de SIG de um sistema de informação que trabalha com dados espaciais de forma automatizada. O conceito de JACKSON apud WEBER (1995) sinaliza justamente nessa direção: "Um SIG pode ser considerado um sistema computacional projetado para a entrada, armazenamento, manipulação, análise, representação e recuperação eficientes de todas as formas de dados geograficamente indexados e descritivos a eles relatados".

Os SIGs automatizados começaram a surgir na década de 60, impulsionados pelo refinamento na técnica cartográfica, pelo rápido desenvolvimento da informática e pela revolução quantitativa das análises espaciais. A década de 70 representou o período de difusão dos SIGs, em especial pelos órgãos governamentais, principalmente nos Estados Unidos. Esse período coincide com o incremento na percepção da importância de trabalhar-se com aspectos da superfície terrestre de forma integrada e multidisciplinar. Os SIGs propunham-se a desenvolver essa tarefa de forma mais acessível, rápida e eficiente (STAR e ESTES, 1990).

Nos anos 80, os maiores avanços nos SIGs ocorreram em relação aos aspectos tecnológicos e no seu direcionamento para o setor comercial e industrial, proporcionados pelo surgimento de melhores soluções em termos de

dados gráficos e o alfanumérico, aliados ao desenvolvimento da tecnologia de processamento de imagens digitais (TEIXEIRA et al., 1995).

Os SIGs que chegaram ao mercado no início da década de 90 têm sua concepção alicerçada em ambientes cliente-servidor, funcionando acoplados a gerenciadores de bancos de dados relacionais e pacotes adicionais para processamento de imagens. São considerados sistemas de segunda geração e têm sua utilização ainda bastante restrita no Brasil (CÂMARA e FREITAS, 1995).

A terceira geração de SIGs, esperada para o final da década, possibilitará o uso por redes locais e remotas de computadores e no uso do WWW - *World Wide Web*, com grandes bancos de dados geográficos e deverá atender ao requisito de interoperabilidade, para permitir o acesso de informações espaciais por SIGs distintos (CÂMARA e FREITAS, op. cit.).

É freqüente o tratamento de SIG como sinônimo de geoprocessamento e vice-versa. No entanto, explica WEBER (1995), o termo geoprocessamento é mais amplo e engloba os procedimentos envolvidos desde a captura da informação até a obtenção do produto gráfico final. O SIG poderia ser descrito como o conjunto de ferramentas para instrumentalizar o geoprocessamento (GOODCHILD apud CASTRO, 1996).

Outra importante diferenciação a ser feita é entre SIG e CAD (*Computer Aided Design*). Para BURROUGH (1994), SIG e CAD são capazes de relacionar objetos a uma estrutura de referência, podem manipular atributos não gráficos e são capazes de descrever relações topológicas. A maior diferença entre os dois sistemas está no maior volume e diversidade de dados com que o SIG trabalha e a natureza especializada dos métodos de análise utilizados. Essas diferenças podem ser tão grandes que um sistema eficiente para CAD pode ser completamente inadequado para SIG e reciprocamente. DAVIS Jr. e FONSECA (1994) destacam ainda que os sistemas CAD constituem-se atualmente no principal recurso para criação e manipulação de informações gráficas vetoriais no computador, mas não estão preparados para gerenciar os dados de um nível como sendo entidades pertencentes a um mesmo modelo de dados. A conversão de dados de CAD para SIG é uma tarefa complexa, concluem os autores. Como se verá na seqüência, esta conversão necessita de uma série de procedimentos para que a integridade dos dados seja mantida.

CÂMARA e MEDEIROS (1997), partindo da multiplicidade de usos e visões, indicam as principais características de SIGs:

- Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numérico de terreno;
- oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e “plotar” o conteúdo da base de dados georeferenciados.

## 2.1 COMPONENTES DE UM SIG

De forma genérica, um SIG tem três importantes componentes: *hardware*, *software* e um contexto organizacional próprio, que precisam estar em equilíbrio para que o sistema funcione adequadamente (BURROUGH, 1994).

### 2.1.1 *Hardware*

O *hardware* básico, para BURROUGH (op. cit.), é composto por: (1) unidade central de processamento CPU (*Central Processing Unit*), que está ligada à unidade de disco; (2) um dispositivo para digitalização (mesa digitalizadora, *scanner*, ou outro), que possibilita a conversão dos dados para a forma digital; (3) uma unidade de impressão (impressora, *plotter*, ou outra), que possibilita a apresentação final resultante do processamento de dados; (4) uma unidade de fita magnética, para armazenagem de dados e programas adicionais e comunicação com outros sistemas e (5) uma unidade de visualização (monitor) de alta resolução. A figura 2.1 apresenta esses componentes.



FIGURA 2.1- Principais componentes de *hardware* do SIG.

FONTE: BURROUGH (op.cit.).

### 2.1.2 Software

Conforme BURROUGH (op. cit.), os SIGs estão constituídos por 5 módulos básicos, considerados como subsistemas de um SIG. São eles:

(1) Entrada e verificação de dados: abrange os aspectos referentes à transformação dos dados que irão formar a base de dados geográficos, capturados a partir de mapas, observações de campo e sensores.

(2) Armazenamento e gerenciamento dos dados: diz respeito à forma como os dados relacionados à posição, ligações (topologia) e atributos dos elementos geográficos estão estruturados e organizados em relação à manipulação digital e à percepção pelos usuários. A organização da base de dados é feita através de Sistemas de Gerenciamento de Base de Dados (SGBD).

(3) Apresentação dos dados: é o subsistema responsável pela visualização dos dados e informação ao usuário dos resultados das análises, através de mapas, tabelas, gráficos, ou outras formas de apresentação.

(4) Transformação de dados: envolve operações para remoção de erros a partir dos dados e os métodos de análise que podem ser aplicados para obterem as respostas às questões formuladas pelo SIG. Essas transformações referem-se aos dados espaciais e não-espaciais, de forma separada ou em combinação.

(5) Interação com o usuário: essencial para a aceitação e uso de qualquer sistema de informação, o módulo de interação com o usuário somente recebeu

maior atenção nos últimos anos, com o advento dos computadores pessoais e operação através de comandos escolhidos a partir de “menus” em linguagem acessível.

### 2.1.3 Contexto organizacional

Os subsistemas descritos são capazes de dirigir a maneira como as informações geográficas são processadas, mas não garantem a efetiva implementação de nenhum SIG em particular em todas as suas potencialidades. É necessário, além da aquisição de *hardware* e *software*, o treinamento dos planejadores e técnicos que irão trabalhar com essa nova tecnologia na empresa ou instituição interessada (BURROUGH, op. cit.).

Outro aspecto fundamental para implementação do SIG, para ARONOFF apud WEBER (1995), é o ambiente gerencial em que o sistema funciona. Um ambiente gerencial adequado habilita a organização a ser flexível o suficiente para adaptar-se às novas tecnologias sem deixar de satisfazer suas principais necessidades e metas.

## 2.2 ESTRUTURA DE DADOS.

O conhecimento sobre a forma como os dados, tanto espaciais como não espaciais, organizam-se em um SIG é, para STAR e ESTES (1990), extremamente valioso. “Os usuários devem estar cientes das características das várias estruturas diferentes, das formas padrão comumente utilizadas, bem como conhecer de que maneira a estrutura de dados pode afetar o volume de armazenagem e a eficiência no processamento”, complementam os autores.

Com respeito às características dos dados tratados por SIG, BURROUGH (1994) explica que “os dados geográficos descrevem objetos a partir do mundo real em termos de: (a) sua posição com respeito a um sistema de coordenadas conhecido, (b) seus atributos que não estão relacionados com a posição (tais como cor, custos, pH,...) e (c) sua interrelação espacial com outros dados

geográficos (relações topológicas<sup>1</sup>), as quais descrevem como os dados estão ligados e como eles podem ser convertidos”.

A topologia é considerada uma das características de maior importância dos dados tratados por SIG, pois é através dela que se define o conjunto de relações espaciais complexas, explícitas ou não - como, por exemplo, distância, vizinhança, forma, tamanho e similaridade -, que devem ser preservadas quando ocorre a transformação das informações da forma analógica (mapa) para a forma digital (TEIXEIRA et al., 1991). É através da estrutura topológica que uma feição mapeada passa a conter informações sobre seu relacionamento geográfico com outras feições (CASTAÑEDA FILHO apud MADRUGA, 1992).

A estrutura topológica pode ser do tipo arco-nó, que consiste na representação vetorial associada a uma rede linear conectada ou do tipo arco-nó-polígono (figura 2.2), que é utilizada quando se quer representar elementos gráficos do tipo área e objetiva descrever as propriedades topológicas de áreas de tal maneira que os atributos não-espaciais associados aos elementos ou entidades poligonais possam ser manipulados da mesma forma que os correspondentes elementos em um mapa temático analógico (CÂMARA e MEDEIROS, 1997).

De acordo com MEDEIROS et al. (1995), a estrutura topológica pode ser construída de duas maneiras: durante a entrada de dados (na fase de edição), ou através de uso de programação específica, que cria a topologia a partir de um conjunto de linhas ou cadeias. Em ambos os casos, há um aumento significativo no volume de dados a serem armazenados (MEDEIROS et al., 1995).

---

<sup>1</sup> Alguns conceitos geográficos importantes que podem auxiliar na compreensão das relações topológicas (STAR e ESTES, 1990):

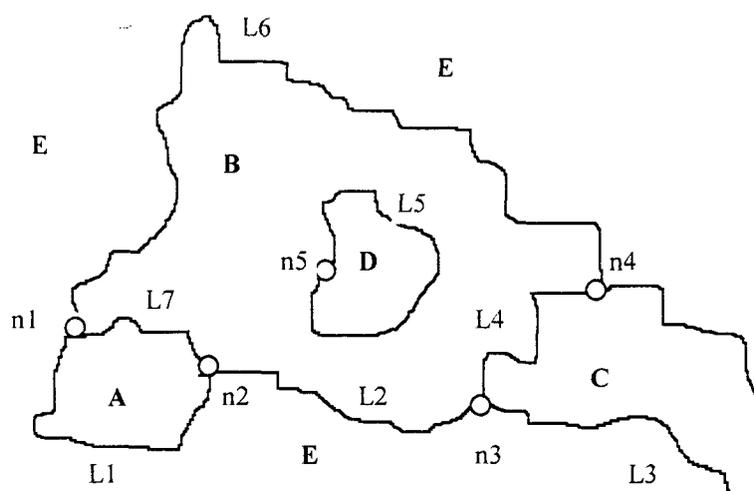
a) Objetos espaciais: são áreas geográficas delimitadas, com um número de diferentes tipos de atributos ou características associadas.

b) Ponto: trata-se de um objeto espacial que não possui área, apresentando como atributo chave sua localização geográfica, representada por um par de coordenadas.

c) Linha: é um objeto espacial formado por uma seqüência conectada de pontos. A linha não apresenta largura e sua localização é dada em função de um de seus lados, nunca na própria linha.

d) Nós: os nós são tipos especiais de pontos que normalmente indicam a junção entre linhas ou o final de um segmento de linha.

e) Polígono: o polígono é uma área fechada, podendo ser simples (sem subdivisões de áreas) ou complexo (subdividido em áreas com diferentes características).



| TOPOLOGIA DOS NÓS |          | TOPOLOGIA DAS LINHAS |            |          |                   |                  | TOPOLOGIA DOS POLÍGONOS |             |
|-------------------|----------|----------------------|------------|----------|-------------------|------------------|-------------------------|-------------|
| Nº                | LINHAS   | LINHAS               | NÓ INICIAL | NÓ FINAL | POLÍGONO ESQUERDO | POLÍGONO DIREITO | POLÍGONO                | LINHAS      |
| n1                | L1,L7,L6 | L1                   | n1         | n2       | A                 | E                | A                       | L1,L7       |
| n2                | L1,L2,L7 | L2                   | n2         | n3       | B                 | E                | B                       | L2,L4,L6,L7 |
| n3                | L2,L3,L4 | L3                   | n3         | n4       | C                 | E                | C                       | L4,L3       |
| n4                | L3,L4,L6 | L4                   | n3         | n4       | B                 | C                | D                       | L5          |
| n5                | L5       | L5                   | n5         | n5       | B                 | D                |                         |             |
|                   |          | L6                   | n4         | n1       | B                 | E                |                         |             |
|                   |          | L7                   | n1         | n2       | B                 | A                |                         |             |

FIGURA 2.2 - Estrutura topológica do tipo arco-nó-polígono.  
FONTE: MEDEIROS et al. (1995).

### 2.2.1 Representação dos dados geográficos no computador

Para que as informações espaciais possam ser entendidas pelo computador, duas representações básicas são adotadas: a representação matricial e a representação vetorial (figura 2.3).

#### 2.2.1.1 Representação matricial

Também conhecida como representação *raster* ou celular, a representação matricial é a estrutura de dados mais simples para representar-se dados espaciais.

Na estrutura matricial, tem-se a área de estudo subdividida em uma malha de células, explica EASTMAN (1995), onde são registradas as condições ou atributos da superfície da terra naquele ponto. Cada célula recebe um valor numérico que representa um identificador de feição, um código de atributo

qualitativo e um valor de atributo quantitativo. Assim, exemplifica EASTMAN: “uma célula com valor 6 pode indicar a existência do distrito 6 (identificador de feição) ou que está coberto pelo tipo de solo 6 (atributo qualitativo) ou, ainda, que está 6 metros acima do nível do mar (atributo quantitativo)”.

Em estruturas matriciais, um ponto é representado por uma única célula, uma linha por um número de células vizinhas alinhadas segundo uma direção e uma área por uma aglomeração de células vizinhas. A resolução (ou escala) dos dados gráficos pode ser obtida da relação entre o tamanho da célula na base de dados e a área por ela coberta no terreno (BURROUGH, 1994).

#### 2.2.1.2 Representação vetorial

De acordo com BURROUGH (1994), “a representação vetorial de um objeto é uma tentativa de representar esse objeto o mais exatamente possível. Assume-se o espaço como contínuo e, dessa forma, as posições, distâncias e dimensões podem ser definidas com precisão”.

Através da representação vetorial, os limites ou direção das feições são definidos por uma série de pontos, codificados por um número que fornece as coordenadas “x” e “y” de cada ponto (EASTMAN, 1995). Cada elemento tem área, perímetro e forma únicos, e não uma unidade de área e forma padrão, como é o caso da representação matricial, explicam MEDEIROS et al. (1995).

#### 2.2.1.3 Comparação entre a representação matricial e vetorial

A escolha pode depender dos objetivos do projeto que será desenvolvido. Se o trabalho requer maior precisão, a representação vetorial é mais adequada. Por outro lado, as operações de álgebra de mapas são mais facilmente realizadas no formato matricial, mas requerem maior espaço de armazenamento<sup>2</sup> (CÂMARA e MEDEIROS, 1997). A disponibilidade de *software* pode também condicionar, em muitos casos, a forma de representação de dados utilizada em um projeto. As duas formas de aquisição apresentam vantagens e desvantagens como ilustra a tabela 2.1.

<sup>2</sup> O espaço de armazenamento está diretamente relacionado com a resolução do mapa, que irá determinar o tamanho da célula.

TABELA 2.1 - Comparação entre dados na forma matricial e vetorial.

| DESCRIÇÃO                      | MATRICIAL | VEITORIAL |
|--------------------------------|-----------|-----------|
| Captura de dados               | rápida    | lenta     |
| Volume de dados                | grande    | pequeno   |
| Gráficos                       | médio     | bom       |
| Estrutura de dados             | simples   | complexa  |
| Precisão geométrica            | baixa     | alta      |
| Análise em cadeia linear       | pobre     | boa       |
| Análise área/polígono          | boa       | pobre     |
| Combinação de camadas de dados | boa       | pobre     |
| Generalização                  | simples   | complexa  |

FONTE: DALE e MCLAUGHLIN (1988).

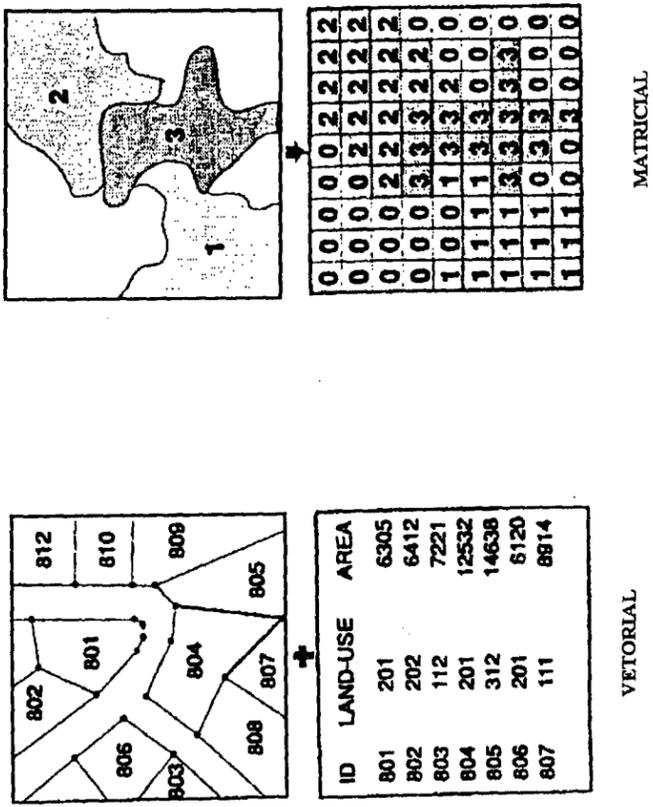


FIGURA 2.3 - Sistema matricial e vetorial.

FONTE: EASTMAN (1995).

### 2.3.1 Digitalização manual

A digitalização manual é considerada um processo custoso e demorado para a conversão analógico/digital, mas, ainda assim, é o meio mais usual e acessível ao usuário, devido ao custo dos equipamentos e facilidade de operação.

<sup>4</sup> Na digitalização manual, as feições de interesse são traçadas com o auxílio de um dispositivo (digitalizador), que possibilita, devido ao campo eletromagnético da mesa, a conversão de sua posição para um sinal compatível com o computador.

As feições podem ser digitalizadas manualmente pelo modo ponto-a-ponto (*point mode*) ou através do modo contínuo (*stream mode*). No modo ponto-a-ponto, um par de coordenadas é gerado quando o botão do digitalizador é pressionado. Já no modo contínuo, as coordenadas são geradas continuamente a partir do momento que o botão do cursor é pressionado (ver figura 2.4). O modo contínuo<sup>3</sup> pode operar em um intervalo de distância, registrando um ponto sempre que o cursor mover-se na direção “X” ou “Y”, ou a um intervalo de tempo, de tal forma que um determinado número de coordenadas sejam geradas a cada segundo (DALE e McLAUGHIN, 1988).

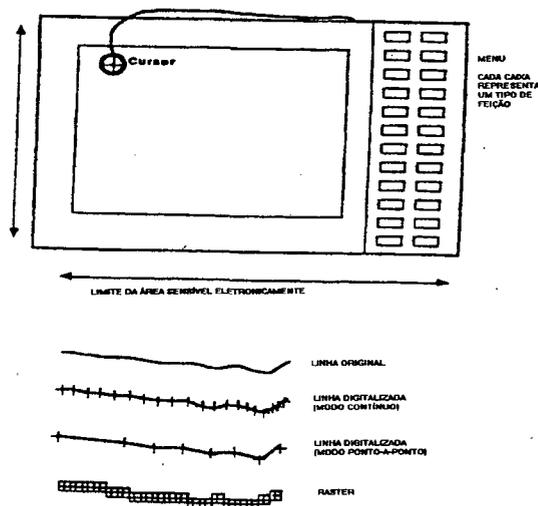


FIGURA 2.4 - Mesa digitalizadora e modo de digitalização.

FONTE - DALE e McLAUGHIN (1988).

<sup>3</sup> O intervalo entre o registro de pares de coordenadas consecutivas é monitorado pelo software, que usa um algoritmo específico, baseado no incremento de distância ou tempo (SCARIM e TEIXEIRA, 1994).

De acordo com SCARIM e TEIXEIRA (1994), o modo contínuo é ideal para a digitalização de arcos extensos, como curvas de nível, sendo desaconselhável para feições poligonais, pois pode-se perder pontos notáveis que melhor definam o polígono. O método, porém, apresenta a desvantagem de gerar um grande volume de dados, que podem atingir tamanhos bastante superiores aos gerados pelo modo ponto a ponto.

Existem vários cuidados que devem ser tomados durante o processo de digitalização visando a entrada das informações no SIG, como a intersecção de linhas e a geração de nós, principalmente durante a digitalização de polígonos, como expõe WEBER (1995):

“Cada arco marca a linha divisória entre dois polígonos adjacentes, representando simultaneamente os lados de ambos. Como o lado de um polígono pode apresentar adjacência com vários polígonos menores e um arco não pode pertencer a mais de dois polígonos ao mesmo tempo, esse lado deve ser dividido em tantos arcos interconectados quantos forem os polígonos adjacentes menores. Caso essa condição não seja observada o sistema não reconhecerá a totalidade dos polígonos do mapa digitalizado”.

A precisão da digitalização manual depende de alguns cuidados básicos: (a) definição dos parâmetros<sup>4</sup> corretos de digitalização no *software* utilizado para o processo; (b) ajuste da carta (original cartográfico preferencialmente) sobre a mesa digitalizadora; (c) boa acuidade visual e habilidade do operador; (d) execução do “*setup*” sempre que iniciar a digitalização e a cada duas horas de digitalização ininterrupta.

### 2.3.2 Detecção de erros e edição

Após a digitalização das informações, há a necessidade de verificar se os dados foram corretamente digitalizados. Uma das melhores formas de conferir a qualidade da digitalização é através da impressão do mapa digitalizado em papel

---

<sup>4</sup> Há três parâmetros importantes que condicionam a digitalização contínua no MicroStation: (1) o **delta**, que indica a distância mínima entre cada ponto da linha que está sendo construída; (2) a **tolerância**, que indica a distância máxima permitida entre dois pontos e (3) o **ângulo**, que informa o valor do ângulo que, caso excedido após sucessivas movimentações do cursor, provoca a definição de um novo segmento de linha.

transparente, com a mesma escala do mapa original. O mapa impresso é, então, sobreposto ao mapa original em mesa de luz e, pela comparação visual entre os dois, os erros de localização, de não fechamento de polígonos ou outros, podem ser marcados para correção na etapa de edição (BURROUGH, 1994).

A edição dos dados espaciais é um processo interativo que, dependendo da qualidade dos dados digitalizados, pode consumir tempo e recursos superiores à fase de digitalização. Nessa etapa, são executadas as correções e ajustes necessários para a entrada no SIG, como o ajuste de nós, fechamento de polígonos, ajuste de bordas e geração da topologia, através de comandos que permitem mover, rotacionar, apagar, inserir, alongar ou quebrar as entidades gráficas. Por essa razão, no uso corrente do SIG, em que normalmente há grande quantidade de informações para incluir no banco de dados, a qualidade do subsistema de edição, em termos de interface com o usuário, velocidade de processamento e habilidades, é extremamente relevante (STAR E ESTES, 1990).

### 2.3.3 Conversão de formato

A necessidade de conversão de dados expressos em estruturas diferentes é um problema que ocorre com relativa freqüência em projetos de SIG. Algumas informações podem estar disponíveis na estrutura matricial e outras apenas na forma vetorial, havendo necessidade de converter todas para o mesmo formato. Outras vezes, existem dados na forma matricial e o SIG utilizado baseia-se em estrutura vetorial e vice-versa. Nessas situações, é preciso dispôr de mecanismos capazes de realizar a conversão. Os sistemas possuem algoritmos próprios para converter as estruturas de dados, mas, muitas vezes, há perda de informação no processo, decorrente da generalização da informação. KNAAP (1992) sugere alguns passos que podem ser seguidos para diminuir a ocorrência de erros na conversão, entre os quais: criar arquivos separados para dados vetoriais de pontos, linhas e polígonos e reagrupá-los após a conversão; utilizar células pequenas para que um maior número de células seja incluída em um mesmo padrão; e, principalmente, realizar testes de conversão para estabelecer resultados modelo para avaliação.

#### 2.3.4 Geo-referenciamento

O termo geo-referenciamento, para EASTMAN (1995), refere-se à maneira como pontos localizados nas imagens matriciais e nos arquivos vetoriais são relacionados à sua localização na superfície da terra. Por essa razão, o geo-referenciamento envolve conceitos fundamentais relativos ao campo da geodésia, do levantamento<sup>5</sup>, da cartografia, além de conceitos próprios do campo de SIG.

Essa é a principal característica dos dados tratados em qualquer SIG: qualquer atributo estudado refere-se a um elemento com posição conhecida sobre a superfície terrestre, ou seja, está geo-referenciado.

A geodésia, como explica OLIVEIRA (1987), “é a ciência que se ocupa da determinação do tamanho e da figura da Terra, por meio de medições como triangulação, nivelamento e observações gravimétricas, e que determina o campo gravitacional externo da Terra, e, até um certo limite, a estrutura interna”.

O problema básico da geodésia está no fato de que a superfície terrestre apresenta forma irregular. Para contornar essa dificuldade, todas as medições precisam ser reduzidas a uma superfície que apresente maior regularidade, denominada de superfície de referência. O geóide é a superfície de referência mais antiga utilizada para mapeamento e pode ser definido como uma “superfície equipotencial do campo gravimétrico da Terra, coincidindo com o nível médio inalterado do mar, e que se estende por todos os continentes, sem interrupção. A direção da gravidade é perpendicular ao geóide em qualquer ponto. O geóide é a superfície de referência para as observações astronômicas e para o nivelamento geodésico” (OLIVEIRA, 1987; EASTMAN, 1995).

No entanto, o geóide também apresenta ondulações em sua forma e, em função dessas imperfeições, a execução de cálculos sobre a superfície terrestre, além de complicada, acarretaria erros consideráveis. Dessa forma, é habitual utilizar-se uma figura matemática bem próxima do geóide (ver figura 2.5), na forma e no tamanho, como superfície de referência para os levantamentos geodésicos, geralmente um elipsóide de revolução (OLIVEIRA, op. cit.).

---

<sup>5</sup> Operação que tem por fim a execução de medições para a determinação de posições relativas de pontos acima ou abaixo na superfície terrestre (OLIVEIRA, 1987).

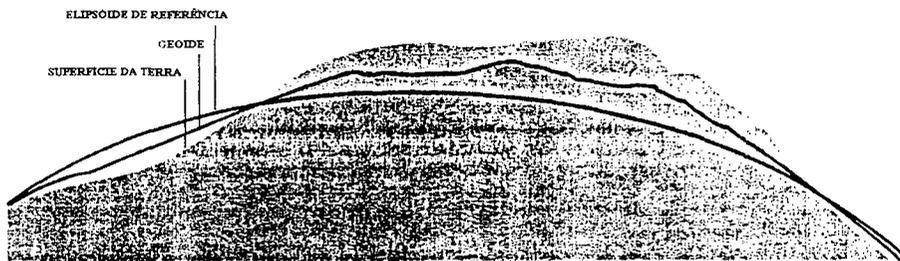


FIGURA 2.5 - Superfície de referência para levantamentos geodésicos.

FONTE: EASTMAN (1995).

A seleção de um elipsóide específico para uma determinada área, e sua orientação a uma paisagem, define o datum geodésico. Além da definição do elipsóide, o datum define, ainda, uma localização inicial, um azimute inicial e a distância entre o geóide e o elipsóide na posição inicial. De outra parte, cada datum propicia a definição de um conceito diferente de coordenadas geodésicas, ou seja, de latitude e longitude. Uma vez que há grande possibilidade de que mais de um datum seja encontrado em um projeto de mapeamento, é imperativo ter-se condições de transformar-se as coordenadas geodésicas de um sistema para outro (EASTMAN, 1995).

O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)<sup>6</sup> adota, para a definição da imagem geométrica da Terra, o Elipsóide de Referência Internacional de 1967, aceito pela Assembléia Geral da Associação Geodésica Internacional. O referencial altimétrico - datum de controle vertical - coincide com a superfície equipotencial

<sup>6</sup> O SGB integra o sul-americano de 1969 (SAD-69), definido a partir dos parâmetros:

(1) Datum de controle horizontal

Figura geométrica da Terra (Elipsóide Internacional de 1967):

$a$  (semi-eixo maior) = 6.378.160,000 metros

$f$  (achatamento) = 1/298,5

Orientação: (a) Geocêntrica - Eixo de rotação paralelo ao eixo de rotação da Terra; plano meridiano origem paralelo ao plano meridiano de Greenwich, como definido pelo *Bureau International de l'Heure* (BIH). (b) Topocêntrica - No vértice Chuá da cadeia de triangulação do paralelo 20° S:

$N$  (afastamento geoidal) = 0 m.

$\varphi$  (latitude) = 19° 45' 41,6527" S

$\lambda$  (longitude) = 48° 06' 04,0639" W Gr

$\alpha$  (orientação) = 271° 30' 04,05" SWNE para VT-Uberaba.

que contém o nível médio do mar, definido pelas observações maregráficas tomadas em Imbituba, Santa Catarina (SC) (OLIVEIRA, 1987).

Após estabelecida a forma de referir as localizações sobre a superfície da terra e levantadas as informações de campo por procedimentos adequados de medição - através da Geodésia, da Astronomia, da Topografia e da Fotogrametria -, é necessário, então, representar graficamente essas informações. A Cartografia, em sua concepção maior, preocupa-se justamente com essa representação da superfície terrestre, de maneira clara e objetiva. De forma mais específica, pode-se afirmar que o objeto da Cartografia consiste, essencialmente, na representação plana da superfície terrestre, através de cartas ou mapas. Para tanto, a cartografia obriga-se a utilizar de artifícios que tornem possível representar uma superfície curva sobre um plano, com um mínimo de distorção, que são as projeções cartográficas (GEMAEL, 1976; ROCHA, 1994).

Existem atualmente inúmeros tipos de projeções cartográficas sendo usadas no mundo todo. No Brasil, o sistema de projeção é regulamentado pelas Normas Brasileiras de Cartografia, que definiu o sistema UTM<sup>7</sup> para as cartas gerais nas escalas entre 1:250.000 e 1:25.000 da cartografia sistemática<sup>8</sup> terrestre. A tabela 2.2 relaciona a evolução das projeções cartográficas utilizadas no Brasil.

As especificações do sistema UTM são as seguintes (SAUNDERS, 1991):

- (a) Projeção conforme de Gauss, cilíndrica e transversa.
- (b) Decomposição em sistemas parciais correspondendo a fusos de 6° de amplitude, em número de 60, a partir do antimeridiano de Greenwich, limitados pelos meridianos múltiplos deste valor, havendo assim a correspondência com os fusos da Carta do Mundo ao Milionésimo.
- (c) Coeficiente de redução de escala  $K_0 = 0,9996$ , no meridiano central do fuso ( $\Delta\lambda=0$ ), sendo:  $K_0 = 1 - 1/2500 = 0,9996$ .
- (d) Limitação do sistema até a latitude 80°.

<sup>7</sup> O sistema Universal Transversa de Mercator (UTM), foi criado em 1569 pelo belga Gerard Kremer (Mercator) (1512-1594), a partir de modificações efetuadas na Projeção Conforme, de Gauss (BRUNETTI, 1994).

<sup>8</sup> "O levantamento sistemático é o princípio utilizado na cartografia para representar grandes extensões de terra, que inevitavelmente teriam maiores distorções causadas pela esfericidade da terra, como um somatório de pequenas regiões que guardam entre si uma mesma relação de formação. Com áreas menores tem-se informações mais precisas e distorções menores em função das dimensões da região" (ROCHA, 1994).

(e) Origem das coordenadas planas, em cada sistema parcial, no cruzamento do Equador com o meridiano central (transformadas).

(f) Numeração dos fusos segundo o critério adotado para Carta Internacional ao Milionésimo, isto é, de 1 a 60, a contar do antimeridiano de Greenwich, para leste.

(g) Para evitar valores negativos as ordenadas são acrescidas, no hemisfério sul, da constante 10.000.000 metros e as abcissas são acrescidas da constante 500.000 metros.

TABELA 2.2 - Projeções cartográficas utilizadas no Brasil.

| PERÍODO           | PROJEÇÃO          | CARACTERÍSTICAS   |
|-------------------|-------------------|---|
| 1900              | Poliédrica        | Pequenos quadriláteros esféricos são projetados sobre um plano tangente com contornos idênticos (escala 1:100.000 - formato 30' x 30').                     |
| 1932              | Conforme de Gauss | Fusos de 3 graus de amplitude (escala 1:50.000 - formato 10' x 10') (Sistema de Gauss-Krüger).  |
| 1943 <sup>9</sup> | Conforme de Gauss | Ampliação do tamanho do fuso para 6 graus de amplitude, e introduzido o cilindro secante em vez de tangente, com $K_0 + 0,999333$ (Sistema de Gauss-Tardi). |
| 1955              | UTM               | Conforme de Gauss, cilindro secante, amplitude de 6 graus.  |

FONTE: SAUNDERS (1991) e ROCHA (1994), adaptado para o trabalho.

## 2.4 MANIPULAÇÃO/ANÁLISE DE DADOS EM SIG

A utilização de um Sistema de Informação Geográfica culmina com a geração de uma nova informação, a partir da transformação da base de dados espacial e alfanumérica original. As funções de manipulação e análise possibilitam que a informação se torne disponível ao usuário.

De acordo com BURROUGH (1994), o SIG é capaz de integrar dados e gerar planos derivados, visando responder às questões específicas formuladas

<sup>9</sup> A DSG, adota o sistema Gauss-Tardi, entretanto aplicando-o em fusos que não coincidem com a carta ao milionésimo (SAUNDERS, 1991).

pelo usuário. A consulta direta à base de dados e o cruzamento são algumas das técnicas mais utilizadas na integração de dados em SIGs.

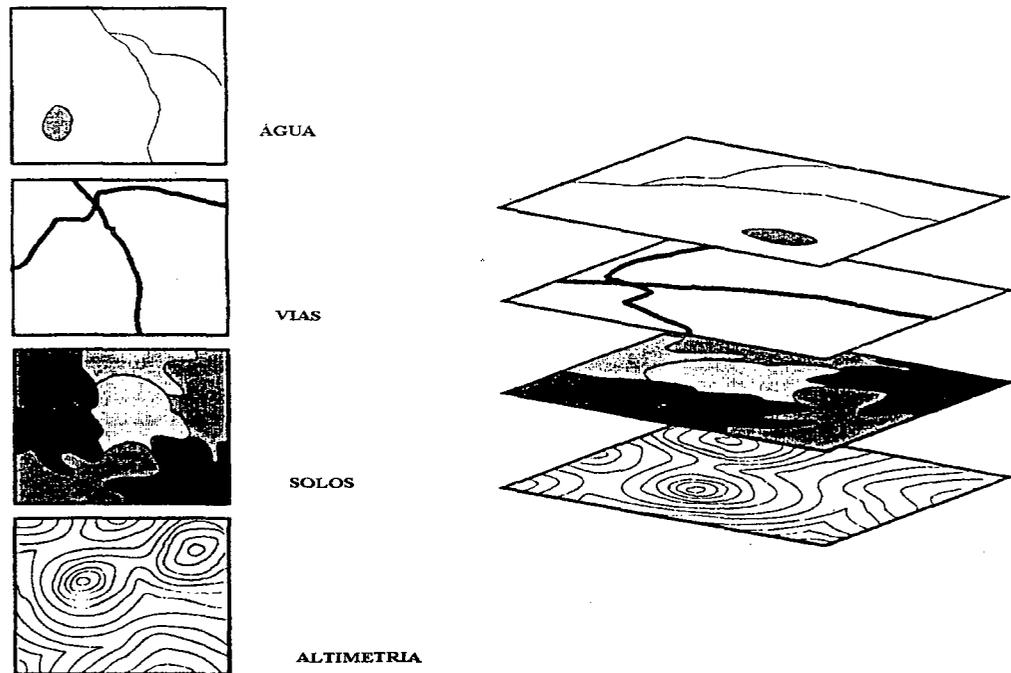


FIGURA 2.6 - Cruzamento de planos de informação no SIG.

FONTE: EASTMAN (1995).

Freqüentemente interessa ao usuário extrair informações a partir de dois ou mais mapas. O método clássico consiste em copiar os mapas de interesse em papel transparente, sobrepô-los em mesa de luz e traçar as áreas resultantes. O SIG permite a execução da mesma tarefa com maior precisão e com amplas possibilidades de consulta e gerenciamento dos resultados (figura 2.6). O cruzamento é efetuado com base em procedimentos de recuperação dos dados, através da utilização de operadores lógicos ou aritméticos. As regras da lógica booleana utilizam operadores do tipo “e”, “ou” e “não” para realizar os cruzamentos. Os cruzamentos aritméticos são feitos com o uso dos operadores “+”, “-”, “X”, “/”, etc. (BURROUGH, op. cit.).

De maneira geral, a manipulação de dados e as análises envolvem operações como reclassificação e agregação, operações geométricas, conversão de estrutura de dados, operações espaciais, medições, análise estatística e modelagem (STAR e ESTES, 1990).

## CAPÍTULO III

### 3 MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

Os termos mapeamento geotécnico e cartografia geotécnica são referidos na literatura muitas vezes como similares. É possível diferenciá-los, no entanto, na medida em que se compreende mapeamento geotécnico como o processo que abrange todos os procedimentos necessários para a obtenção da carta geotécnica e cartografia geotécnica como a representação gráfica dos produtos do mapeamento.

Na definição proposta por ZUQUETTE (1981), mapa ou carta<sup>1</sup> geotécnica é a representação gráfica na qual são avaliados todos os componentes de um ambiente geológico de particular interesse para o planejamento, projeto e construção civil. Para a *International Association of Engineering Geology* (I.A.E.G., 1976), mapa geotécnico é um “tipo de mapa geológico que fornece uma representação generalizada de todos os componentes do ambiente geológico de significado no planejamento do uso e ocupação dos terrenos, e em projetos, construção e manutenção, aplicada a obras civis e engenharia de minas.” Na prática, corresponde a um resumo de outros documentos, como a carta geológica, pedológica, hidrogeológica, geomorfológica, entre outras, dependendo do método de mapeamento adotado, acrescido, normalmente, de um relatório que a descreva, mostrando os critérios usados e as propostas de soluções, explica SANTOS (1990).

A perspectiva de utilização da carta geotécnica tão somente para o campo da engenharia civil alterou-se a partir da década de 70, em decorrência do incremento na percepção da importância de considerar-se os limites ambientais no planejamento do uso e ocupação do meio físico. Sob esse contexto, o mapeamento geotécnico também incorporou a dimensão ambiental em seus objetivos de atuação, como destacam BASTOS e SOUZA (1996): “o

---

<sup>1</sup> No Brasil há tendência de se utilizar os termos mapa e carta como sinônimos. A ABNT define mapa como sendo: “Representação gráfica, em geral uma superfície plana em uma determinada escala, com a representação de acidentes físicos e culturais da superfície da Terra ou de um planeta ou satélite”. Para carta, a definição da ABNT é a seguinte: “Representação dos aspectos naturais e artificiais da Terra, destinada a fins práticos da atividade humana, permitindo a avaliação precisa de distâncias, direções e a localização plana, geralmente em média ou grande escala, de uma superfície da Terra, subdividida em folhas, de forma sistemática, obedecido um plano nacional e internacional” (OLIVEIRA, 1987).

mapeamento geotécnico é uma ferramenta para o conhecimento das características ambientais do meio, pois reúne, em uma mesma unidade geotécnica, solos com origem, pedogênese e características físicas e morfológicas semelhantes e, dessa forma, comportamento geotécnico similares frente a diferentes solicitações”. À essa definição pode-se agregar o ponto de vista de SANTOS (1990): “mapa geotécnico é um documento complexo que integra um certo número de dados do solo e subsolo de uma região, sintetizando-os e interpretando-os, prevendo possíveis respostas à intervenção humana, pois o meio físico, além de suas potencialidades, também apresenta suas limitações de uso”.

Atualmente muitos estudos geotécnicos têm se direcionado para a linha da geotecnia ambiental, tais como os trabalhos realizados por BRANDT e CALIJURI (1996); LIPORACI et al. (1996); DAVISON DIAS e TREVISAN SANTOS (1996); BARROSO et al. (1996); DINIZ e FREITAS (1996).

A elaboração de cartas geotécnicas é mais freqüente para o ambiente urbano, subsidiando a definição do direcionamento da expansão urbana. Já a execução de mapeamento geotécnico em escala regional (1:100.000 a 1:250.000)<sup>2</sup> orienta estudos de maiores detalhes, auxiliando no macro planejamento do uso e ocupação regional. Ao possibilitar uma visão integrada das características geológicas, geomorfológicas, geodinâmicas, hidrogeológicas e do uso atual e aptidão de uso da terra, o mapeamento geotécnico, salientam ROMÃO e SOUZA (1996), auxilia no planejamento da ocupação do meio físico, amenizando os impactos ambientais provenientes da ação antrópica. O mapeamento possibilita, ainda, a orientação de anteprojetos de grandes obras de engenharia (projetos de urbanização, barragens, estradas, linhas de transmissão de energia), assim como a avaliação dos impactos causados por essas obras (BASTOS e ALVES, 1996); localização de depósito de rejeitos; definição de

---

<sup>2</sup> SANTOS (1990) afirma que a escolha da escala da carta deve ser função de seu objetivo e divide as escalas em três grupos:

- (1) Regional: Escalas menores de 1:100.000 e utilizadas exclusivamente para planejamento territorial.
- (2) Semi-detalle: Entre 1:10.000 e 1:100.000, utilizadas para grandes obras civis, estradas, planejamento territorial.
- (3) Detalle: 1:10.000 ou maior, utilizadas para obras civis localizadas de menor porte e para planejamento urbano.

áreas a serem preservadas para proteção de recursos hídricos (BASTOS e SOUZA, 1996), entre outras possibilidades de utilização.

CALIJURI e RIOS (1996) também realçam a importância do mapeamento geotécnico para o planejamento do meio físico: “a elaboração de mapeamento geotécnico é considerada como um dos melhores mecanismos para avaliação do meio físico, permitindo o planejamento de áreas urbanas e rurais [...]”

De forma similar, MATULA (1974) in LIPORACI (1994) reforça esse direcionamento:

“o ambiente geológico é um sistema de multicomponentes, dinâmico e muito complicado, que reagirá à intervenção do homem e da engenharia. Sendo assim, o mapeamento é o método fundamental para estudar o ambiente geológico; o mapa é o produto final de uma investigação urbana e/ou regional que melhor facilita a representação da distribuição, variabilidade espacial das relações, bem como das relações mútuas entre as unidades de rochas diferentes, tipos de água e processos geodinâmicos atuantes.”

Diversas metodologias são empregadas em nível mundial para proceder ao mapeamento geotécnico. Sem procurar aprofundá-las, o item a seguir salientará os aspectos principais das metodologias correntes.

### 3.1 METODOLOGIAS PARA MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

ZUQUETTE (1981) e LIPORACI (1994) apresentam algumas das metodologias de maior utilização em nível mundial para execução de mapeamento geotécnico urbano e/ou regional:

#### 3.1.1 Metodologia da I.A.E.G. (*International Association of Engineering Geology*) ou Metodologia da UNESCO<sup>3</sup>

Proposta pela I.A.E.G., a metodologia tem sido muito utilizada em diversos países, especialmente naqueles onde a cartografia geotécnica encontra-se mais desenvolvida. Propõe a classificação dos mapas em função da finalidade, conteúdo e escala. Com relação à escala, indica que mapas com escala menor que 1:100.000 servem ao planejamento regional e territorial.

A classificação de solos e rochas em mapas geotécnicos é baseada no princípio de que as propriedades geotécnicas ou físicas das rochas, em seu

<sup>3</sup> Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura.

estado presente, são dependentes dos efeitos combinados, do modo de origem, diagênese subsequente, história tectônica e metamórfica e seus processos intempéricos.

A metodologia é de pouca aplicabilidade em países pouco desenvolvidos e com carência de dados, como o Brasil. “É mais viável para finalidades específicas, tais como barragens e túneis, do que propriamente para a geologia ambiental”, salienta ZUQUETTE (1981).

As condições necessárias para sua aplicação, conforme ZUQUETTE e GANDOLFI (1988) citados por LIPORACI (1994) são: (1) estipular a escala e o tipo de documento desejado; (2) ordenar os componentes do meio físico, feições e atributos que sejam interessantes; (3) definir como obter os atributos e suas classes; (4) obter um número de informações compatíveis com as exigências da metodologia.

### 3.1.2 Metodologia P.U.C.E. (*Patterns, Units, Components and Evaluation*)

A metodologia P.U.C.E.<sup>4</sup> é o esquema mais utilizado para análises de terrenos, inicialmente para finalidade de engenharia e atualmente com um campo de aplicação mais amplo, e seu conceito básico é o de que qualquer terreno pode ser definido em função de seus atributos naturais: topografia (vertentes), natureza e estrutura do material, forma de erosão e uso atual do solo.

Para realizar o mapeamento, utiliza técnicas de interpretação de fotografias aéreas, com posterior trabalho de campo para determinar perfis de alteração dos solos, tipo e formas de relevo, vegetação e outros fatores naturais.

É uma metodologia de fácil aplicabilidade, pois não requer recursos e pessoal em grande quantidade para sua implementação (LIPORACI, 1994).

### 3.1.3 Metodologia Francesa ou Sanejouand

A metodologia francesa sugere que, primeiramente, seja elaborada uma carta de zoneamento geotécnico para, num segundo momento, traçar as cartas

---

<sup>4</sup> O sistema P.U.C.E. para classificação de terrenos tem sido usado como base para avaliações e/ou estimativas para inúmeras finalidades em vários locais, principalmente na Austrália, mas também na Papua Nova-Guiné e Quênia (GRANT e FINLAYSON, 1978; FINLAYSON, 1981; FINLAYSON, 1986 apud LIPORACI, 1994).

sintéticas ou de aptidão, que permitirão solucionar problemas bem definidos. Os fatores do meio físico considerados para elaboração dessas cartas seriam a natureza e propriedades das rochas e solos, hidrogeologia, geomorfologia, geodinâmica interna e externa, recursos naturais e modificações causadas pelo homem ao meio físico. As cartas geradas são mais aplicadas para a geologia ambiental.

As cartas para fins de planejamento regional, de forma semelhante à metodologia da I.A.E.G., são definidas pela escala - menor que 1:100.000 - e pelo conteúdo e forma, devendo conter informações amplas.

### 3.1.4 Metodologia Espanhola

A proposta do Instituto Geológico e de Minas da Espanha, representada na tabela a seguir, sinaliza para a distinção de quatro tipos de mapas geotécnicos. Desses, o mapa geotécnico na escala 1:200.000 é resultante da conjunção de um grupo de mapas temáticos como o litológico, interpretação geomorfológica, identificação de processos geodinâmicos e avaliação das condições geotécnicas. Tem como função orientar o planejamento e ocupação do meio físico, alertando sobre as áreas a serem protegidas, como as de riscos, as agrícolas, os recursos econômicos e outras.

TABELA 3.1 - Classificação de mapas geotécnicos básicos proposta pelo Instituto Geológico e de Minas da Espanha.

| TIPO DE MAPA          | ESCALAS                    | BASEADO EM FATORES   | NÍVEIS DE UTILIZAÇÃO  |
|-----------------------|----------------------------|--|---|
| GEOTÉCNICO GERAL      | 1:200.000                  | litológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos e geotécnicos  | Nacional e Regional   |
| GEOTÉCNICO BÁSICO     | entre 1:200.000 e 1:25.000 | geomecânicos e físicos dos solos e rochas do meio físico   | Regional, Provincial e Urbano                               |
| GEOTÉCNICO SELETIVO   | entre 1:25.000 e 1:5.000   | características de solos e rochas qualificada e semi-quantificada (investigações locais e ensaios laboratoriais) | Áreas selecionadas para construção ou que apresentam riscos |
| GEOTÉCNICO ESPECÍFICO | 1:2.000 ou maiores         | quantitativos de características de solo e rocha (investigações locais e ensaios laboratoriais e "in situ")      | Áreas específicas para obras urbanas, industriais, etc.     |

FONTE: LIPORACI (op. cit.).

### 3.1.5 Metodologia dos Estados Unidos da América

Segundo RADBRUCH (1971), DOORNKAMP et al. (1987) apud LIPORACI (op.cit.), não existe uma metodologia única e consagrada para mapeamento geotécnico nos EUA. O que ocorre é a utilização de mapas de elementos, como geologia, propriedades geotécnicas das rochas e solos, águas do subsolo, recursos minerais, declividades, deslizamentos, perigos costeiros, planícies de inundação, espessura da cobertura ou contornos do topo rochoso. É necessário, para os autores, gerar mapas derivados, tais como: facilidade de escavação, susceptibilidade a deslizamentos, estabilidade de taludes, capacidade para disposição de resíduos sólidos, entre outros.

Similarmente ao que ocorre nos EUA, não há no Brasil uma uniformidade de utilização de metodologias de mapeamento geotécnico. Algumas metodologias, no entanto, são mais difundidas, especialmente a de ZUQUETTE (1987) e a de DAVISON DIAS (1989) para o sul do Brasil.

### 3.1.6 Metodologia Zuquette

A metodologia de ZUQUETTE (1987) foi desenvolvida segundo as condições brasileiras e define que o estudo de avaliação e especificação das unidades geotécnicas deve seguir as seguintes etapas: (1) levantamento e análise das informações produzidas anteriormente, (2) reconhecimento dos atributos<sup>5</sup> e (3) identificação das unidades homogêneas.

Os diversos atributos - obtidos através de trabalhos de campo, fotointerpretação, ensaios de laboratório, mapa topográfico, fotogrametria, etc. - prestam-se à elaboração de um mapa preliminar, constituído de unidades homogêneas. Posteriormente, são realizadas observações qualitativas a campo (em um número mínimo por km<sup>2</sup>) e também uma amostragem das unidades básicas de análise para fins de engenharia, sobre as quais são realizados ensaios geotécnicos que auxiliam no levantamento e avaliação dos atributos.

A análise das informações levantadas possibilita a geração de quatro classes de documentos, conforme ilustra a tabela 3.2.

---

<sup>5</sup> Segundo ZUQUETTE (op.cit.), atributos são qualidades pertinentes aos componentes do meio físico e que são utilizadas para caracterizá-los.

TABELA 3.2 - Classificação dos mapas e cartas segundo a metodologia de Zuquette.

| CLASSES DE MAPAS/CARTAS            | MAPAS/CARTAS COMPONENTES   |
|------------------------------------|--|
| Mapas básicos fundamentais         | Mapa topográfico<br>Carta de declividade<br>Mapa geológico<br>Mapa de recursos hídricos  |
| Mapas básicos opcionais            | Mapa pedológico<br>Mapa geofísico<br>Mapa geomorfológico<br>Mapa climático<br>Mapa de ocupação atual ou prevista   |
| Mapas auxiliares                   | Mapa de documentação existente<br>Mapa de documentação produzida   |
| Mapas derivados ou interpretativos | Mapa de erodibilidade<br>Mapa de fundações<br>Mapa de escavabilidade<br>Mapa de deposição de rejeitos sépticos<br>Mapa de materiais para construção<br>Mapa de estabilidade de taludes<br>Mapa de obras enterradas<br>Mapa de irrigação<br>Mapa de obras viárias<br>Mapa de restrições ambientais<br>Carta de zoneamento |

FONTE: ZUQUETTE (op.cit.), adaptado para o trabalho.

### 3.1.7 Metodologia utilizada no sul do Brasil

Desenvolvida especialmente para o estudo de solos tropicais, a metodologia proposta por DAVISON DIAS (1989) considera a pedogênese como indicadora do comportamento desses solos, distinguindo-se, dessa forma, da maior parte das metodologias empregadas no Brasil, que estão condicionadas às características geológicas. Em geral, os estudos pedológicos têm sido aplicados quando se planeja a atividade agrícola. No entanto, devido às particularidades dos solos brasileiros, os estudos pedológicos podem fornecer importantes subsídios aos estudos geotécnicos. Para ANTUNES et al. (s/d), os levantamentos de solos constituem uma enorme quantidade de dados analíticos e descrições de perfis de solos, que, acrescidos de informações sobre a rocha matriz, relevo e clima, podem contribuir aos estudos de caráter geotécnico. Essa

matriz, relevo e clima, podem contribuir aos estudos de caráter geotécnico. Essa é uma vertente pouco explorada nos trabalhos que dão ênfase à utilização da geotecnia para a engenharia e, sobretudo, para o planejamento do uso e ocupação do meio físico.

Os solos tropicais e subtropicais, como os que ocorrem no Brasil, e, em especial na região sul, são solos geralmente laterizados, ou seja, sofreram um processo pedogenético típico de regiões quentes e úmidas, no qual a sílica e os cátions são lixiviados, ocasionando concentrações de óxidos de ferro e alumínio. O clima, principal agente de formação desses solos, atua de duas maneiras: através das chuvas, que possibilitam o processo de hidrólise dos minerais silicatados, formando os argilo-minerais e os sesquióxidos de ferro e alumínio e através das temperaturas altas, que aceleram tais processos. Nessas condições, formam-se solos com horizonte B evoluído, denominados Latossolos, que são bastante solicitados em obras de engenharia. É importante ter claro, como explica DAVISON DIAS (1997), que a pedologia tem maior influência na indicação da unidade geotécnica apenas para solos que possuem o horizonte B espesso. Para solos que não possuem essa característica, a geologia tem maior importância para a definição das unidades geotécnicas. Entretanto, o conhecimento de geologia e pedologia é que permite estimar o comportamento dos perfis de solos.

A metodologia prevê, em síntese, que a partir da superposição de cartas geológicas, pedológicas e topográficas seja gerada a carta geotécnica, que apresenta as zonas de ocorrência dos solos com perfis de origem e características físicas e morfológicas semelhantes, que são as unidades geotécnicas (ABITANTE et al., 1996).

A geologia permite inferir as características da rocha inalterada - Horizonte R -, do horizonte de rocha alterada - RA - e do horizonte C, o qual ainda guarda a estrutura do material de origem e a presença de materiais primários, alguns já intemperizados. Já a pedologia permite que as inferências sejam feitas para os horizontes superficiais A e B (figura 3.1). A topografia auxilia na definição dos limites entre as unidades.

Através da representação, pode-se perceber como pedologia e geologia interagem na definição da unidade geotécnica, quer seja, a geologia atuando do

material de origem em relação ao topo e a pedologia atuando do topo do perfil na direção do material matriz.

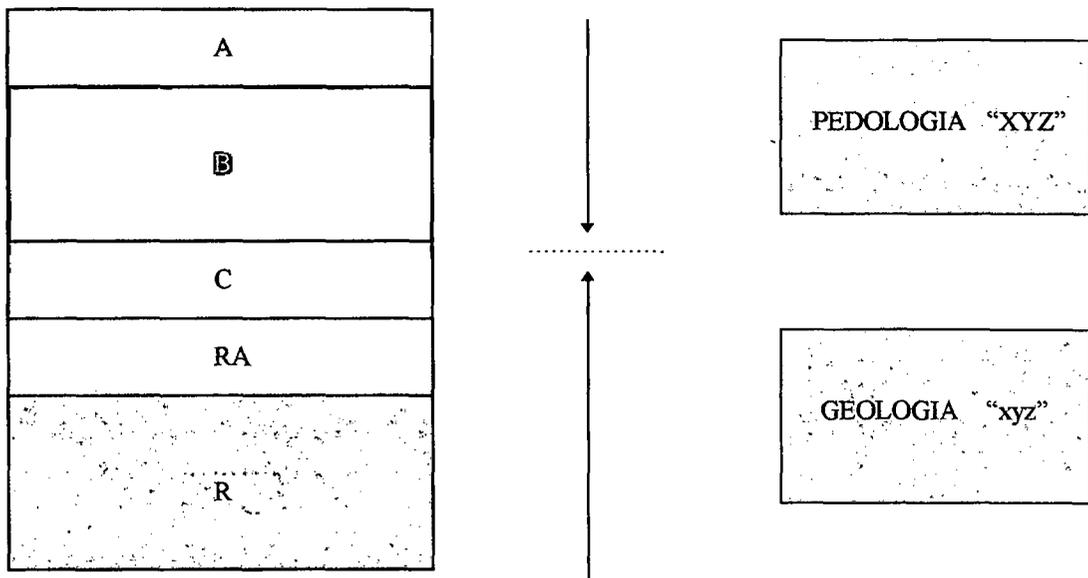


FIGURA 3.1 - Esquema para definição da unidade geotécnica.

FONTE: DAVISON DIAS (1997), adaptado para o trabalho.

Para a classificação de uma unidade geotécnica, utiliza-se a simbologia “XYZxyz”, em que as letras maiúsculas “XYZ” correspondem à classificação pedológica do horizonte superficial e as letras minúsculas “xyz” são identificadoras da geologia.

A metodologia para o estudo de comportamento de solos em grandes áreas compreende basicamente quatro etapas. A primeira etapa consiste nos estudos de escritório, onde são analisados os levantamentos pedológicos e geológicos já realizados (como os do PROJETO RADAMBRASIL e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA). Caso existam fotografias aéreas da região em estudo, essas podem auxiliar na identificação de limites e inclusões. O mapa topográfico é utilizado para geração da carta de declividades e na elaboração da estimativa de um mapa geomorfológico (para estimar as inclusões). O cruzamento ou sobreposição desses mapas gera o mapa de estimativa de unidades geotécnicas.

A investigação a campo é a segunda etapa prevista e se baseia na busca, a campo, de escavações recentes nas unidades geotécnicas estimadas na primeira etapa ou, quando não são encontrados cortes ou escavações, na coleta de perfis de solo, através da utilização de trado manual ou mecanizado. Essas amostras coletadas são, então, submetidas a ensaios em laboratório (terceira etapa). Primeiramente, são realizados ensaios mais simples, de caracterização, que incluem análise granulométrica, densidade real de grãos, limites de plasticidade e análise mineralógica da fração areia e argila. Após, são realizados ensaios de compactação tradicionais, de permeabilidade, de resistência ao cisalhamento, de colapsividade e de compressão confinada.

A etapa final da metodologia compreende a elaboração de cartas temáticas, orientadas a usos específicos, onde podem estar definidas as áreas com problemas ou propícias para fundações, drenagem, erosão, cortes e material de jazida. Cada carta temática contém indicações dos principais tipos de horizontes que podem ser encontrados e quais suas características, aptidões e limitações ao uso, orientando o planejamento da ocupação daquela área.

Os primeiros estudos desenvolvidos com o uso dessa metodologia realizavam o mapeamento das unidades geotécnicas através da sobreposição manual das cartas base e temáticas (ORLANDINI (1991), BASTOS e DAVISON DIAS (1993), PINHEIRO e DAVISON DIAS (1993)). Posteriormente, DAVISON DIAS e ARNOLD (1995) incorporaram as ferramentas de CAD (*Computer Aided Design*) para a obtenção da carta de estimativa de unidades geotécnicas. O avanço nos campos da informática e do mapeamento digital, aliado ao grande incremento na utilização dos Sistemas de Informação Geográfica, conduziram à proposta de realizar esses estudos com o auxílio dessas ferramentas.

### 3.2 APLICAÇÃO DO SIG NO MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

De acordo com CALIJURI e RIOS (1994), “o mapeamento geotécnico encontra nos SIGs um poderoso aliado, pois se por um lado o primeiro manipula grande volume de informações (mapas e dados descritivos), o segundo tem

tradição na análise da informação de mapas e supera muitas das dificuldades da análise manual”.

De maneira geral, o SIG tem apoiado a cartografia geotécnica no Brasil na fase de elaboração da base de dados e na análise espacial para a elaboração de cartas geotécnicas básicas e derivadas.

A elaboração da base de dados geotécnicos inclui dados gráficos e dados não-gráficos ou descritivos. Para o caso de dados gráficos, a base de dados estaria composta pelos mapas empregados para a elaboração das cartas geotécnicas. Já a base de dados não-gráficos compreenderia informações descritivas das unidades geológicas, pedológicas ou mesmo geotécnica, resultados de sondagens e ensaios de laboratório, e outras informações disponíveis.

A possibilidade de gerar análises a partir do gerenciamento e manipulação da base de dados é, na verdade, o objetivo maior da utilização do SIG para mapeamento geotécnico. A análise espacial possibilita a elaboração de cartas derivadas, como cartas de risco, de viabilidade para construção de obras, de potencial de exploração de recursos naturais, de hierarquização para o planejamento urbano, rural, ambiental ou regional, entre diversas outras cartas que podem ser geradas a partir da manipulação das informações mapeadas e cartografadas (SOUZA, 1994). O resultado dessas análises pode ser utilizado para o planejamento físico-territorial, ajudando a definir formas mais adequadas de uso e ocupação do meio físico.

## CAPÍTULO IV

### 4 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA REGIÃO MAPEADA

Preocupados inicialmente com os problemas ambientais da região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (RS), os Conselhos Regionais de Municípios (CRDs), as Associações de Municípios (AMs) e as Instituições de Ensino Superior (IES) da região<sup>1</sup> articularam-se para elaborar e desenvolver um programa de gerenciamento e recuperação ambiental para a região noroeste do Estado. Assim, em 1994, o grupo formalizou a proposta do “Plano de Desenvolvimento Integrado da Região do Médio Uruguai”, encaminhando-a à Secretaria do Planejamento e Administração do Estado do RS.

Posteriormente, o grupo de trabalho, sob a coordenação das IES, redirecionou o enfoque do trabalho, passando a introduzir a preocupação com o desenvolvimento econômico nos objetivos do plano. O plano passou, então, a denominar-se “Plano de Desenvolvimento Integrado da Região do Médio Uruguai apoiado numa Proposta de Desenvolvimento Sustentado - PDIRMU”, objetivando subsidiar organismos públicos e privados para buscar a recuperação do crescimento e desenvolvimento regional de uma maneira integrada. O projeto atualmente encontra-se em andamento e para atingir os objetivos propostos estão sendo levantados dados que após organizados e analisados passarão a caracterizar as variáveis chaves do plano: agropecuária, indústria, comércio, serviços e turismo, infra-estrutura, educação e cultura, saúde e saneamento, assistência social e recursos naturais. As informações geradas através do presente trabalho contribuirão para o diagnóstico da variável recursos naturais (URI-UNIJUÍ, 1994 e URI-UNIJUÍ, 1996).

As informações sócio-econômicas descritas nesse capítulo provêm dos levantamentos já realizados pelo PDIRMU. Em contrapartida, a caracterização física e natural da região, levantada especificamente para o presente trabalho, servirá para alimentar o diagnóstico do meio físico proposto pelo PDIRMU e, por essa razão, as informações estão apresentadas com maior detalhamento.

---

<sup>1</sup> Fazem parte da área de abrangência do plano os CRDs Missões, Noroeste Colonial e Fronteira Noroeste, as Associações de Municípios das regiões da Grande Santa Rosa, Missões, Celeiro e Planalto Médio. Como Instituições de Ensino Superior participam a Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) e a Universidade Regional de Ijuí (UNIJUÍ).

#### 4.1 ASPECTOS GERAIS DA REGIÃO

A área de estudo apresenta 28.656,69 Km<sup>2</sup>, que correspondem a 10,16% da área do RS (tabela 4.1). Localizada ao noroeste do Estado, a área limita-se a leste com o divisor de águas do rio Turvo, ao sul com o prolongamento dos divisores de água do rio Turvo e do rio Piratinim, a oeste com o divisor de águas do rio Piratinim e ao norte com o rio Uruguai. As coordenadas geográficas extremas aproximadas da área são 53° 10' a 56° 50' de longitude oeste e 27° 05' a 29° 05' de latitude sul.

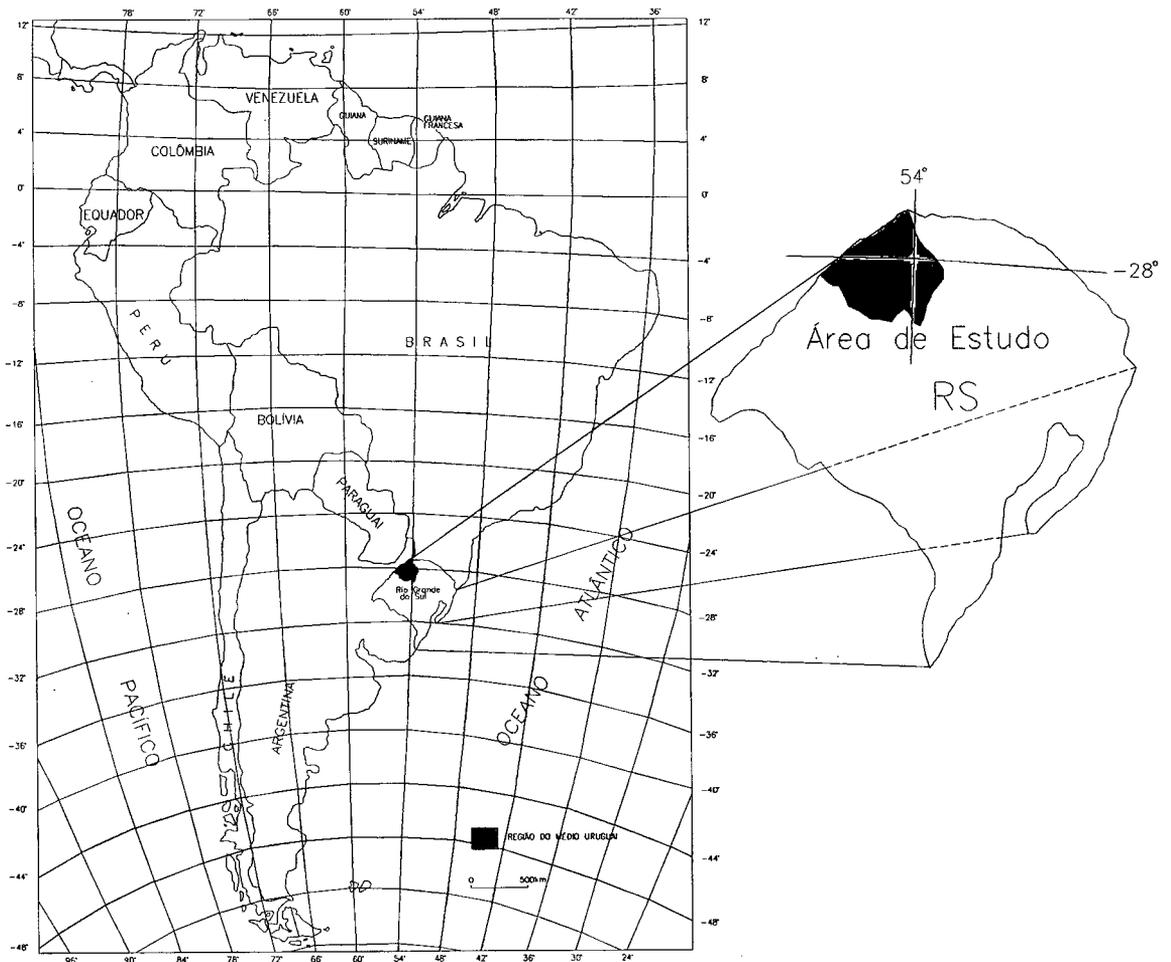


FIGURA 4.1 - Situação da área de estudo.

TABELA 4.1 - Participação (%) da área dos CRDs no PDIRMU e no Estado.

| REGIÃO                 | Km <sup>2</sup>   | % sobre o DIRMU | % sobre o Estado |
|------------------------|-------------------|-----------------|------------------|
| CRD Noroeste Colonial  | 9.927,26          | 34,64           | 3,52             |
| CRD Missões            | 14.178,16         | 49,48           | 5,03             |
| CRD Fronteira Noroeste | 4.551,27          | 15,88           | 1,61             |
| <b>Área de estudo</b>  | <b>28.656,69</b>  | <b>100,00</b>   | <b>10,16</b>     |
| <b>Estado</b>          | <b>281.963,30</b> |                 |                  |

FONTE: Secretaria de Agricultura/Departamento de Agricultura e Cartografia/Divisão de Geografia e Cartografia (SA/DAC/DGC) apud URI UNIJUÍ (1996).

Com relação à abrangência territorial, duas delimitações podem ser estabelecidas: uma delimitação político-administrativa, que envolve os três CRDs e as quatro associações de municípios; e outra delimitação de caráter natural, incluindo parte da bacia hidrográfica do rio Uruguai (anexo C). Optou-se pela utilização da bacia hidrográfica como unidade espacial de planejamento pela melhor adequabilidade aos estudos setORIZADOS na utilização dos recursos naturais. Por esse motivo, alguns municípios que não pertencem aos CRDs que compõem o PDIRMU foram incluídos no trabalho por pertencerem à sub-bacia hidrográfica definida (ver tabela 4.2).

De maneira semelhante ao que ocorreu nas demais regiões do RS, o Médio Uruguai experimentou nos últimos anos, especialmente em 1993, um processo de emancipação bastante intenso. Atualmente, 79 municípios compõem a região do Médio Uruguai. A tabela apresentada a seguir relaciona os municípios, com sua área e população, segundo o CRD ao qual pertencem.

TABELA 4.2 - Municípios que compõem a Região do Médio Uruguai.

| MUNICÍPIO                             | ÁREA (km <sup>2</sup> ) | POPULAÇÃO (hab.) |
|---------------------------------------|-------------------------|------------------|
| <b>CRD - REGIÃO NOROESTE COLONIAL</b> |                         |                  |
| Ajuricaba                             | 333,41                  | 7.459            |
| Augusto Pestana                       | 367,12                  | 8.263            |
| Boa Vista do Cadeado                  | -                       | -                |
| Bom Progresso                         | 89,33                   | 2.818            |
| Bozano                                | -                       | -                |

TABELA 4.2 - Municípios que compõem a Região do Médio Uruguai.

|                             |          |        |
|-----------------------------|----------|--------|
| Braga                       | 135,30   | 4.924  |
| Campo Novo                  | 235,44   | 7.217  |
| Catuípe                     | 538,36   | 10.925 |
| Chiapeta                    | 389,70   | 4.387  |
| Condor                      | 477,60   | 6.421  |
| Coronel Barros              | 165,82   | 2.429  |
| Coronel Bicaco              | 493,50   | 9.598  |
| Crissiumal                  | 371,55   | 17.732 |
| Derrubadas                  | 341,40   | 4.475  |
| Esperança do Sul            | 150,74   | 10.158 |
| Humaitá                     | 98,06    | 5.985  |
| Ijuí                        | 897,46   | 73.080 |
| Inhacorá                    | 118,17   | 2.346  |
| Jóia                        | 1.271,83 | 7.507  |
| Miraguaí                    | 129,50   | 5.999  |
| Nova Candelária             | 96,55    | 3.219  |
| Nova Ramada                 | 244,29   | 3.600  |
| Panambí                     | 453,00   | 29.379 |
| Pejuçara                    | 444,30   | 4.039  |
| Redentora                   | 293,00   | 9.176  |
| Santo Augusto               | 432,80   | 15.212 |
| São Martinho                | 182,80   | 7.317  |
| São Valério do Sul          | 122,90   | 2.655  |
| Sede Nova                   | 117,20   | 3.734  |
| Tenente Portela             | 369,29   | 15.682 |
| Tiradentes do Sul           | 235,19   | 9.044  |
| Três Passos                 | 272,14   | 20.979 |
| <b>CRD - REGIAO MISSOES</b> |          |        |
| Bossoroca                   | 1.642,00 | 7.934  |
| Caibaté                     | 373,35   | 7.830  |
| Capão do Cipó               | -        | -      |
| Cerro Largo                 | 169,94   | 13.278 |
| Dezesseis de Novembro       | 210,13   | 3.978  |
| Entre Ijuis                 | 550,10   | 9.955  |
| Eugênio de Castro           | 419,75   | 3.541  |
| Garruchos                   | 798,02   | 3.164  |
| Giruí                       | 860,86   | 20.409 |
| Guarani das Missões         | 286,83   | 9.501  |
| Itacurubi <sup>2</sup>      | 1.114,80 | 3.370  |
| Mato Queimado               | -        | -      |
| Pirapó                      | 287,78   | 3.819  |
| Porto Xavier                | 275,16   | 10.934 |
| Rolador                     | -        | -      |
| Roque Gonzales              | 337,74   | 8.808  |

<sup>2</sup> Embora pertença ao CRD Missões, o município de Itacurubi não faz parte da delimitação natural (divisor de águas) definida para o trabalho.

TABELA 4.2 - Municípios que compõem a Região do Médio Uruguai.

|  |          |        |
|--|----------|--------|
| Salvador das Missões                   | 94,82    | 2.770  |
| Santo Ângelo                           | 666,70   | 72.182 |
| Santo Antônio das Missões              | 1.645,27 | 12.956 |
| São Luiz Gonzaga                       | 1.558,17 | 41.671 |
| São Miguel das Missões                 | 1.391,60 | 7.413  |
| São Nicolau                            | 499,92   | 6.874  |
| São Paulo das Missões                  | 217,47   | 8.073  |
| São Pedro do Butiá                     | 107,44   | 2.853  |
| Senador Salgado Filho                  | 146,82   | 3.027  |
| Sete de Setembro                       | 129,83   | 2.424  |
| Vitória das Missões                    | 258,67   | 4.408  |
| <b>CRD - REGIÃO FRONTEIRA NOROESTE</b> |          |        |
| Alecrim                                | 315,20   | 10.120 |
| Alegria                                | 176,80   | 6.247  |
| Boa Vista do Buricá                    | 106,00   | 6.318  |
| Campina das Missões                    | 218,22   | 7.556  |
| Cândido Godói                          | 250,00   | 7.871  |
| Dr. Maurício Cardoso                   | 252,00   | 7.208  |
| Horizontina                            | 232,00   | 17.023 |
| Independência                          | 360,90   | 7.491  |
| Nova Candelária                        | 96,55    | 3.219  |
| Novo Machado                           | 218,02   | 5.413  |
| Porto Lucena                           | 245,88   | 7.556  |
| Porto Mauá                             | 105,50   | 2.954  |
| Porto Vera Cruz                        | 112,34   | 2.847  |
| Santa Rosa                             | 488,30   | 58.287 |
| Santo Cristo                           | 372,91   | 14.868 |
| São José do Inhacorá                   | 76,70    | 2.545  |
| Três de Maio                           | 455,76   | 23.990 |
| Tucunduva                              | 188,30   | 6.761  |
| Tuparendi                              | 303,18   | 9.891  |
| Ubiretama                              | 125,74   | 3.050  |
| <b>OUTROS MUNICÍPIOS<sup>3</sup></b>   |          |        |
| Cruz Alta                              | 2.472,10 | 68.793 |
| Palmeira das Missões                   | 1.468,72 | 38.905 |
| Santa Bárbara do Sul                   | 959,37   | 9.941  |
| Tupanciretã                            | 2.209,78 | 18.518 |

FONTE: SA/DAC/DGC apud URI; UNIJUÍ (1996).

NOTA: Os municípios que não constam informações referentes à área e população tiveram processo de emancipação aprovado em 95/96.

<sup>3</sup> Esses municípios fazem parte da área de estudo, em função da delimitação natural (divisor de águas), mas não pertencem aos CRDs envolvidos no PDIRMU.

## 4.2 ASPECTOS FÍSICO-NATURAIS

### 4.2.1 Clima

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfa. Ao longo do ano ocorre uma oscilação térmica forte, com temperaturas elevadas no verão e baixas no inverno. Em quase todo o território natural existe, pelo menos, um mês com temperatura média inferior a 15<sup>o</sup>C. Em contrapartida, é comum a ocorrência de forte calor durante o verão, quando se registram temperaturas em torno de 40<sup>o</sup>C. As geadas são pouco frequentes e há tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (URI - UNIJUÍ, 1994).

### 4.2.2 Geomorfologia e Relevo

Sob o ponto de vista geomorfológico, a maior parte do Médio Uruguai encontra-se inserida na região geomorfológica correspondente ao Planalto das Missões, que limita-se a leste e ao sul com o Planalto dos Campos Gerais e a oeste e sudoeste com o Planalto da Campanha. Apresenta bastante homogeneidade nas formas de relevo, dominando o suave ondulado na área como um todo, fato que, associado às características e aos tipos de solos ocorrentes, permite considerá-la como uma das regiões de maior potencialidade agrícola do RS (PROJETO RADAM-BRASIL, 1986).

De acordo com RAMBO (1994), os limites do Planalto são o talude da Serra Geral, os Aparados e o rio Uruguai. O talude da Serra Geral é um limite perfeitamente natural e nitidamente definido. Os Aparados formam um limite natural ao oeste, onde o rio Uruguai acompanha as formações do planalto. Ao norte, o vale do rio Uruguai e do rio Pelotas, embora produzam uma incisão bem marcada, formam um limite político, pois a margem oposta continua idêntica às paisagens riograndenses.

### 4.2.3 Geologia

Conforme PROJETO RADAM-BRASIL (1986), o Planalto das Missões apresenta o substrato geológico constituído por rochas dos períodos Jurássico e Juracretácio, capeadas por ocorrências restritas de sedimentos do Terciário.

Aproximadamente 60% da área do RS é constituída por derrames basálticos, atingindo as regiões fisiográficas do Alto Uruguai, das Missões, do Planalto Médio, da Encosta Superior do Nordeste, dos Campos de Cima da Serra, de parte da Campanha e Encosta Inferior do Nordeste. Intercaladas entre os derrames, encontram-se camadas de arenito Botucatu, denominadas de Arenito "Intertrapp" (UFRGS, 1989).

Os principais minerais que ocorrem nos basaltos são o plagioclásio, o piroxênio e a magnetita. O plagioclásio é um feldspato cálcico que sofre uma decomposição química violenta, o piroxênio pode conter muito ferro originando óxidos de ferro hidratado, e a magnetita é mais resistente ao intemperismo, tendo a dimensão de silte nos solos de basalto e podendo apresentar-se um pouco enferrujada no horizonte B.

As unidades estratigráficas que ocorrem na área abrangida pelo estudo são:

- Qa: Depósitos Aluvionares (Cenozóico - Quaternário)

Caracterizam-se pela presença de depósitos aluvionares, areias, cascalheiras e sedimentos siltico-argilosos de planícies de inundação, terraços e depósitos de calha da rede fluvial atual e subatual.

- Tt: Formação Tupanciretã (Cenozóico - Terciário)

Arenitos finos de cor vermelha, friáveis, quartzosos, localmente feldspáticos; camadas argilosas e conglomerados contendo seixos de basalto e diferenciados ácidos que constituem o litossoma basal, são encontrados nessa unidade. Apresentam normalmente estratificação paralela e cruzada de pequeno porte, tendo sido depositados em ambiente fluvial.

- Jksg: Grupo São Bento - Formação Serra Geral (Mesozóico - Jurocretáceo)

Nessa unidade ocorrem efusivas básicas continentais toleíticas, comumente basaltos e fenobasaltos, com diques e corpos tabulares de Diabásio,  $\omega$ ; associados. Ocasionalmente, entre as lavas, ocorrem lentes e camadas de arenitos Interderrames, **arn**; eólicos, finos e médios, róseos, com estratificação

cruzada tangencial e brechas constituídas por fragmentos de basalto e arenitos cimentados por lava basáltica. Normalmente, capeando as efusivas básicas, ocorre uma seqüência de rochas de composição Ácida,  $\alpha$ ; constituída por riolitos felsíticos, riodacitos felsíticos, dacitos felsíticos e seus correspondentes termos vítreos.

#### 4.2.4 Pedologia

Os trabalhos realizados pelo projeto PROJETO RADAM-BRASIL (Radar da Amazônia) compreenderam, com relação a solos, o levantamento em nível exploratório das características físicas, químicas e morfológicas das principais classes de solos ocorrentes na área mapeada, sua distribuição geográfica e delimitação cartográfica ao nível das unidades de mapeamento. Nas tabelas 4.3 e 4.4 foram identificadas para a Região do Médio Uruguai as seguintes unidades de solo (PROJETO RADAM-BRASIL, 1986)<sup>4</sup>:

TABELA 4.3 - Unidades de solo da Região do Médio Uruguai para o bloco Curitiba.

| UNIDADE | CARACTERÍSTICAS  |
|---------|--|
| LEHa    | Latossolo Vermelho-Escuro Húmico álico argiloso + Latossolo Vermelho-Escuro álico A proeminente textura argiloso relevo suave ondulado.  |
| LRd2    | Latossolo Roxo distrófico e álico A moderado e A proeminente textura muito argilosa relevo suave ondulado.   |
| LRd7    | Latossolo Roxo distrófico A moderado e A proeminente textura muito argilosa relevo suave ondulado + Terra Roxa Estruturada eutrófica e distrófica A moderado textura muito argilosa + Terra Bruma Estruturada intermediária para Terra Roxa Estruturada distrófica A moderado e A proeminente textura muito argilosa relevo ondulado.                                      |
| TRd3    | Terra Roxa Estruturada distrófica e eutrófica A moderado textura muito argilosa fase pedregosa e não pedregosa relevo ondulado e forte ondulado + Brunizém Avermelhado textura argilosa fase pedregosa e não pedregosa + Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico e A moderado textura média cascalhento e média fase pedregoso basalto relevo ondulado e forte ondulado. |
| TRe3    | Terra Roxa Estruturada eutrófica A moderado e A chernozêmico textura muito argilosa relevo ondulado + Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico e A moderado textura média cascalhenta e média fase pedregosa basalto relevo ondulado e forte ondulado.  |

<sup>4</sup> Os levantamentos realizados pelo PROJETO RADAM-BRASIL foram executados seguindo a articulação das folhas definidas pela Carta Brasileira ao Milionésimo. A área em estudo localiza-se parte no bloco Porto Alegre e parte no bloco Curitiba e, por essa razão, as unidades pedológicas são apresentadas separadamente para cada bloco.

TABELA 4.3 - Unidades de solo da Região do Médio Uruguai para o bloco Curitiba.

|      |   |
|------|---|
| Ce   | Associação complexa de Cambissolo eutrófico e distrófico Ta e Tb A chernozêmico e A moderado textura argilosa fase pedregosa com Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico textura média e argilosa fase pedregosa basalto relevo forte ondulado e montanhoso + Terra Roxa Estruturada eutrófica e distrófica A chernozêmico e A moderado textura muito argilosa fase pedregosa e não pedregosa forte ondulado. |
| Re1  | Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico textura média cascalhenta e média fase pedregosa basalto relevo ondulado.   |
| Re6  | Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico textura média cascalhenta e média fase pedregosa e não pedregosa basalto + Vertissolo A chernozêmico textura argilosa relevo suave ondulado e plano.  |
| Re7  | Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico textura média cascalhenta e média fase pedregosa e não pedregosa basalto + Terra Roxa Estruturada eutrófica A moderado e A chernozêmico textura muito argilosa relevo ondulado e forte ondulado.  |
| Re12 | Associação complexa de Solos Litólocos eutróficos A chernozêmico e A moderado textura média cascalhenta e média fase pedregosa basalto com cambissolo eutrófico Tb e Ta A moderado e A chernozêmico textura argilosa e média fase pedregosa + Brunizém Avermelhado médio/argilosa e argilosa fase pedregosa relevo forte ondulado.  |

FONTE: PROJETO RADAM-BRASIL (1986), adaptado para o trabalho.

TABELA 4.4 - Unidades de solo da Região do Médio Uruguai para o bloco Porto Alegre.

| UNIDADE | CARACTERÍSTICAS  |
|---------|--|
| LEa1    | Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado e proeminente textura média relevo suave ondulado.  |
| LEa2    | Latossolo Vermelho-Escuro álico A proeminente e moderado textura argilosa + Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado e proeminente textura média relevo suave ondulado.  |
| LEa3    | Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado e proeminente textura média + Latossolo Vermelho Escuro álico A moderado e proeminente textura argilosa + Podzólico Vermelho-Amarelo álico Tb A moderado e proeminente textura arenosa/média relevo suave ondulado. |
| LEHa    | Latossolo Vermelho-Escuro Húmico álico e A proeminente textura argilosa relevo suave ondulado.   |
| LRd1    | Latossolo Roxo distrófico e álico A moderado e proeminente textura muito argilosa relevo suave ondulado.   |
| LRd3    | Latossolo Roxo distrófico e álico A moderado e proeminente textura muito argilosa + Terra Roxa Estruturada Latossólica álica A moderado e proeminente textura muito argilosa relevo suave ondulado e ondulado.   |
| TRe2    | Terra Roxa Estruturada eutrófica A moderado e chernozêmico textura muito argilosa argilosa + terra roxa estruturada latossólica distrófica A moderado textura muito argilosa relevo suave ondulado e ondulado.   |

TABELA 4.4 - Unidades de solo da Região do Médio Uruguai para o bloco Porto Alegre.

|      |   |
|------|---|
| TRe4 | Terra Roxa Estruturada eutrófica A moderado e chernozêmico textura muito argilosa relevo ondulado + Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico e moderado textura média cascalhenta e média fase pedregosa basalto relevo ondulado e fortemente ondulado.  |
| TRe6 | Terra Roxa Estruturada eutrófica A moderado e chernozêmico textura muito argilosa argilosa + Latossolo Roxo distrófico A moderado e proeminente textura muito argilosa + Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico e moderado textura média cascalhenta e média fase pedregosa basalto relevo ondulado e suavemente ondulado. |
| PVa2 | Podzólico vermelho-amarelo álico Tb A moderado textura arenosa/média relevo suavemente ondulado.  |
| Re1  | Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico textura média cascalhenta e média fase pedregosa e não pedregosa basalto relevo ondulado.   |
| Re2  | Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico textura média cascalhenta e média fase pedregosa basalto relevo ondulado.   |
| Re5  | Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico textura média cascalhenta e média fase pedregosa e não pedregosa basalto + Terra Roxa Estruturada eutrófica A moderado e chernozêmico textura muito argilosa relevo ondulado e fortemente ondulado.   |
| Re9  | Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico textura média cascalhenta e média fase pedregosa e não pedregosa basalto + Vertissolo A chernozêmico textura argilosa relevo suave ondulado e plano.  |

FONTE: PROJETO RADAM-BRASIL (1986), adaptado para o trabalho.

De maneira geral, os solos Litólicos ocorrem no planalto, no relevo montanhoso. À medida em que o relevo vai suavizando, ocorrem o Brunizém Avermelhado, a Terra Roxa Estruturada (Laterítico Bruno Avermelhado) e nos locais mais suaves é possível encontrar-se os Latossolos.

Os Latossolos apresentam os horizontes A e B com porcentagens de argila similares, apresentando pouca variação textural. Esses horizontes são espessos, em geral com mais de 2,5 metros de espessura, permeáveis no estado natural, porosos, com cores vermelhas, brumadas, avermelhadas ou mesmo amarelas. Contém apenas os minerais primários, como o quartzo, muito resistentes ao intemperismo. A fração menor que 0,002 milímetros (argila) é constituída por minerais argílicos do grupo da caolinita e por óxidos de ferro e alumínio (DAVISON DIAS, 1997).

Na região das Missões, tem-se, nas superfícies mais onduladas, a Terra Roxa Estruturada, devido às maiores distâncias dos drenos naturais e nas depressões Brunizem Avermelhado.

#### 4.2.5 Hidrografia

A área em estudo pertence à bacia hidrográfica do rio Uruguai. Os rios Piratinim, Ijuí, Comandá, Santa Rosa, Buricá, Amandaú, Santo Cristo e Turvo compõe as sub-bacias hidrográficas de maior importância no panorama hidrográfico da região. O sistema de drenagem predominante na área é o dendrítico ou arborescente (WOLSKI, 1990).

Os recursos hídricos da região carecem de atividades de controle e recuperação. Em função da ocupação humana, do desenvolvimento agropecuário industrial e mineral, grandes extensões das micro-bacias hidrográficas encontram-se degradadas.

#### 4.2.6 Vegetação

A caracterização da vegetação existente na área de estudo procurou seguir a descrição das unidades identificadas por SUDESUL (1988), através do Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. Os autores do trabalho identificaram oito regiões fitogeográficas para o RS.

De acordo com a classificação, o Médio Uruguai é abrangido por três regiões fitogeográficas: Bacia do Rio Ibicuí (I), Bacia do Alto Rio Uruguai (U) e Floresta do Planalto com Presença de Araucária (P).

Na região da bacia do rio Ibicuí, as florestas são constituídas principalmente por árvores características da floresta do Alto Uruguai, sendo particularmente freqüente a guajuvira (*Patagonula americana*), o angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*), a cabreúva (*Mirocarpus frondosus*) e a timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*).

Como elementos característicos aparecem: o pau-ferro (*Astronium balansae*), o toropi (*Sapium glandulatum*), a aroeira (*Lithraea molleoides*), a sina-sina (*Parkinsonia aculeata*) e o inhanduvaí (*Acacia caven*). Próximo aos rios é muito freqüente o ingá-beira-de-rio (*Inga urugüensis*), o viraru (*Ruprechtia laxiflora*), o sarandi-mata-olho (*Pouteria salicifolia*) e o branquilho (*Sebastiania klotzschiana*).

Nos campos de inundação, aparecem densas touceiras de capim-santa-fé (*Panicum prionitis*), que muito contribuem para a fitofisionomia da área.

Na região da bacia do Alto Uruguai, que abrange maior parte da área em estudo, as florestas caracterizam-se por um estrato arbóreo superior formado por árvores altas e emergentes, em sua maioria decíduais. Como árvores emergentes dominam principalmente a grápia (*Apuleia leiocarpa*), o angico-vermelho (*Parapitadenia rigida*), a canafistula (*Peltophorum dubium*), a timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*), o louro (*Cordia trichotoma*) e a canjerana (*Cabralea canjerana*). Durante o inverno, quando as árvores emergentes na sua maioria perdem as folhas, a floresta se apresenta como decidual.

O segundo estrato (árvores não emergentes) é denso, constituído por árvores perenifoliadas, onde predominam as lauráceas, como a canela-preta, a canela-amarela, a canela-louro (*Nectandra megapotamica*), a canela-guaicá (*Ocotea puberula*), acompanhadas pela guajuvira (*Patagonula americana*).

O estrato das arvoretas é formado principalmente pelo cincho (*Sorocea bonplandii*), a laranjeira-do-mato (*Actinostemon concolor*) e o catiguá ou quebra-machado (*Trichilia clausenii*), arvoretas que constituem cerca de 40 a 70% do estrato, dando-lhe um aspecto de grande homogeneidade fitofisionômica. As epífitas são bastante raras.

Na região da Floresta do Planalto com Presença de Araucária, a vegetação originalmente predominante era a floresta subcaducifolia subtropical com araucária. Atualmente, no entanto, encontra-se quase totalmente devastada, em decorrência da intensa ocupação humana. Ainda podem ser encontradas algumas áreas de campo nativo, caracterizados fitofisionomicamente pelas gramíneas cespitosas altas dos gêneros *Andropogon*, *Panicum* e *Paspalum*, além de diversas outras ervas ou arbustos do gênero *Baccharis spp.* conhecidas por carquejas, ou vassouras e samambaia-das-taperas (*Pteridium aquilinum*), constituindo os chamados campos sujos.

#### 4.3 ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

Apesar de ser significativa a área ocupada pela região (10,16% da área do RS), sua participação na economia do Estado não obedece a mesma proporção. O PIB (Produto Interno Bruto) da região no ano de 1994 foi de US\$ 2.949.940.000,00, representando 7,05 % do PIB total do RS (US\$

41.814.871.000,00). Em termos percentuais de representatividade do PIB do Médio Uruguai no Estado, houve uma queda de 1,3 % de 1980 (8,3%) a 1994 (7,0%).

De acordo com URI-UNIJUÍ (1997), no período de 1980 a 1994, o PIB da região praticamente dobrou, passando de 1,5 para 3 bilhões de dólares. No entanto, em relação ao PIB geral do Estado, pode-se dizer que a região empobreceu. Nesse mesmo período, o RS apresentou um crescimento econômico 36% maior que o crescimento do Médio Uruguai.

Com relação às atividades econômicas, os CRDs optaram por diferentes formas de desenvolvimento regional. O CRD Missões desenvolveu prioritariamente as atividades agropecuárias, o CRD Fronteira Noroeste orientou sua economia em direção às atividades industriais ou agro-industriais e o CRD Noroeste Colonial optou por conduzir o desenvolvimento econômico através das atividades comerciais e de serviços. E nesse panorama, o CRD Missões e o CRD Fronteira Noroeste cresceram à taxas superiores a do RS, enquanto o CRD Noroeste Colonial não manteve as mesmas taxas de crescimento das atividades ao nível de Estado na última década.

A tabela 4.5 resume as informações referentes ao PIB das principais atividades econômicas da região e sua relação com a economia do Estado.

TABELA 4.5 - PIB da Região do Médio Uruguai e do Estado: geral e por atividade - 1980/94 (em US\$ 1.000).

| SETOR          | 1980       | *REPR.<br>(%) | 1990       | *REPR.<br>(%) | 1994       | EVOLUÇÃO<br>(%) |         |
|----------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|-----------------|---------|
|                |            |               |            |               |            | 80-90           | 80-94   |
| Agropecuário*  | 440.268    | 29,5          | 564.495    | 25,4          |            | + 28,2          |         |
| Agropecuário** | 2.695.844  | 15,0          | 3.474.022  | 10,9          |            | + 28,9          |         |
| Industrial*    | 184.491    | 12,4          | 376.828    | 16,9          |            | + 104,2         |         |
| Industrial**   | 6.202.313  | 34,7          | 11.447.749 | 35,8          |            | + 84,6          |         |
| Comercial*     | 275.317    | 18,4          | 305.331    | 13,7          |            | + 10,9          |         |
| Comercial**    | 2.730.553  | 15,3          | 3.856.916  | 12,0          |            | + 41,2          |         |
| Serviços*      | 592.733    | 39,7          | 977.580    | 44,0          |            | + 64,9          |         |
| Serviços**     | 6.251.937  | 35,0          | 13.204.276 | 41,3          |            | + 111,2         |         |
| Geral*         | 1.492.809  | **8,3         | 2.224.234  | **7,0         | 2.949.940  | + 49,0          | + 97,6  |
| Geral**        | 17.880.648 |               | 31.982.962 |               | 41.814.871 | + 78,9          | + 133,8 |

FONTE: URI - UNIJUÍ (1997).

(\* Região do Médio Uruguai - \*\* RS)

Com relação aos aspectos sociais, a caracterização da população é um elemento importante no sentido de estabelecer correlações com os demais setores produtivos da região e do Estado.

O Médio Uruguai, diferente das demais regiões do RS, apresenta um grande índice de população rural, apesar de ter experimentado um grande surto de urbanização a partir dos anos 70. A evolução da população pode ser observada na tabela 4.6, que relaciona alguns anos selecionados.

TABELA 4.6 - População da Região do Médio Uruguai e Estado (RS) - 1940/1991.

| ANOS                           | 1940      | 1950      | 1960      | 1970      | 1980      | 1991      |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Região do Médio Uruguai</b> |           |           |           |           |           |           |
| Pop. Urbana                    | 31.232    | 38.550    | 134.028   | 203.853   | 407.993   | 440.735   |
| Pop. Rural                     | 227.378   | 348.028   | 475.021   | 740.241   | 449.335   | 357.530   |
| Pop. Total                     | 258.610   | 386.578   | 609.049   | 944.094   | 857.328   | 798.265   |
| <b>Estado RS</b>               |           |           |           |           |           |           |
| Pop. Urbana                    | 1.038.739 | 1.420.618 | 2.445.774 | 3.553.006 | 5.250.930 | 6.994.134 |
| Pop. Rural                     | 2.266.649 | 2.729.507 | 3.003.049 | 3.111.885 | 2.522.897 | 2.141.345 |
| Pop. Total                     | 3.305.388 | 4.150.125 | 5.448.825 | 6.664.891 | 7.773.827 | 9.135.479 |

FONTE: IBGE - Censos Demográficos do RS.

- Estimativas da Secretaria da Fazenda do Estado (RS).

A análise da tabela 4.6 permite verificar o crescimento negativo da população total entre os anos de 1980 e 1991. Houve uma redução de cerca de 7% nas taxas de crescimento, enquanto a população total do RS cresceu 18,07% no mesmo período.

Esse decréscimo populacional é explicado pela ineficiência da região em oferecer alternativas de emprego para grande parte de seus habitantes. O processo de modernização da agricultura, embora tenha elevado o PIB da região, não produziu o aumento no número de vagas oferecidas e, com isso, a população é forçada a emigrar para outras regiões do Estado, do país e até mesmo para países vizinhos, especialmente o Paraguai e a Argentina.

## CAPÍTULO V

### 5 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 5.1 MATERIAIS

Os principais equipamentos, *softwares* e material cartográfico utilizados no decorrer do trabalho foram os seguintes:

##### Equipamentos:

- Micro computador (PC 486 Dx2-66);
- Impressora (HP Deskjet 820 Cxi);
- Zip Drive (IOMEGA ZIP 100);
- Traçador gráfico (Plotter HP DESIGNJET 750C);
- Mesa digitalizadora Formato A0 (SUMMAGRAPHICS);
- *Scanner* de mesa (Formato A4);
- GPS de navegação (GPS II Garmin).

##### *Softwares:*

- *IDRISI for Windows* (versão 1.0);
- Tosca (versão 2.12);
- *MicroStation 95* (versão 5.5);
- Geolindes PC (versão 1.50);
- ELEMAG (CNPq - Observatório Nacional).

##### Material cartográfico:

- Cartas topográficas - escala 1:250.000 (DSG);
- Cartas topográficas - escala 1:50.000 (DSG);
- Mapas pedológicos - escala 1:250.000 (PROJETO RADAM-BRASIL);
- Mapas geológicos - escala 1:250.000 (PROJETO RADAM-BRASIL);
- Mapa de unidades geotécnicas do norte do RS - escala 1:1.000.000 (UFRGS);
- Mapa rodoviário do RS - escala 1:750.000 (DAER).

## 5.2 MÉTODOS

A metodologia utilizada no presente trabalho foi desenvolvida com o intuito de gerar o mapa de estimativa de unidades geotécnicas para a região do Médio Uruguai, na escala 1:250.000, com o uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Nesse contexto, os procedimentos adotados correspondem à primeira etapa da metodologia de mapeamento geotécnico proposta para o sul do Brasil e descrita no capítulo 3 (item 3.1.7). A figura 5.1 apresenta a representação sumária das atividades desenvolvidas no trabalho.

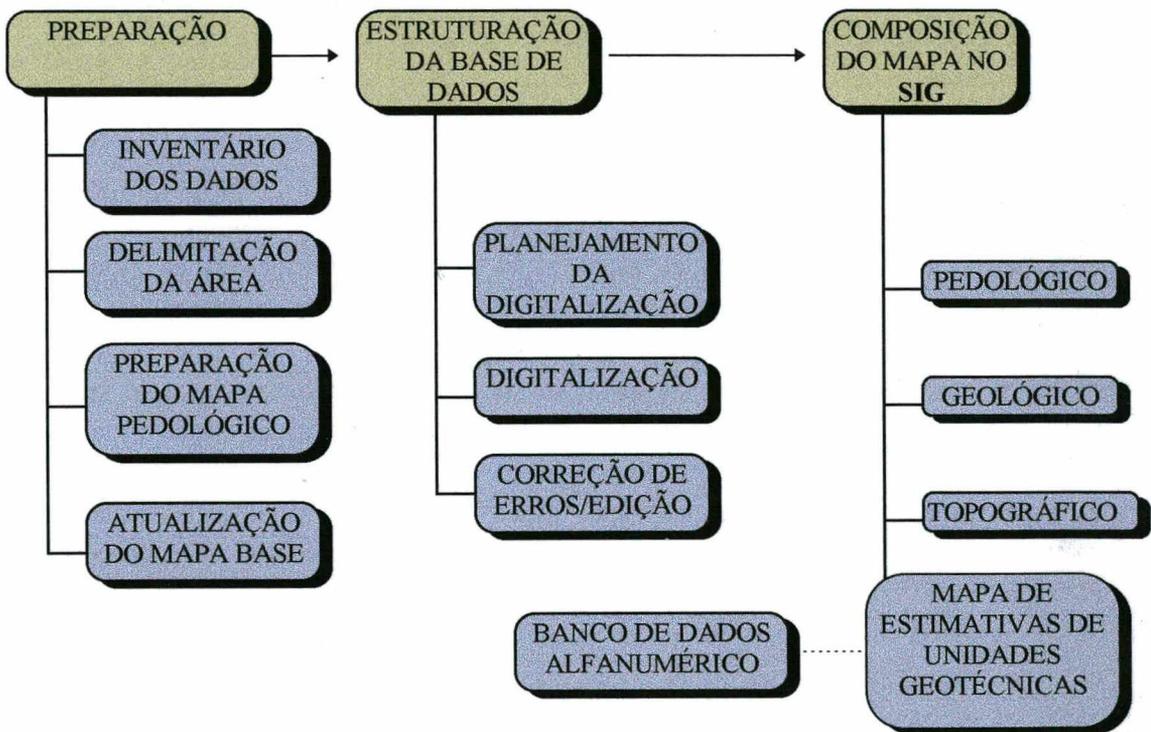


FIGURA 5.1 - Fluxograma das atividades desenvolvidas.

### 5.2.1 Preparação inicial

Preliminarmente à estruturação da base de dados gráficos em meio digital, procedeu-se à coleta e organização dos dados existentes e necessárias para o desenvolvimento do trabalho.

#### 5.2.1.1 Inventário dos Dados

Como a área de trabalho estava definida previamente, em função do PDIRMU, o primeiro passo foi, então, adquirir uma base cartográfica confiável

para essa área. Para tanto, inventariou-se os documentos básicos e temáticos disponíveis. As cartas topográficas necessárias à composição do mapa base (tabela 5.1) foram obtidas da Diretoria do Serviço Geográfico (DSG), através da 1ª Divisão de Levantamento (1ª DL).

TABELA 5.1 - Cartas topográficas utilizadas para compilação do mapa base (escala 1:250.000).

| NOME         | FOLHA     | MIR | DATUM<br>VERTICAL | DATUM<br>HORIZONTAL | MC      |
|--------------|-----------|-----|-------------------|---------------------|---------|
| Chapécó      | SG.22-Y-C | 521 | Torres-RS         | Córrego Alegre-MG   | 51°W.GR |
| Cruz Alta    | SH.22-V-A | 527 | Imbituba-SC       | SAD/69-MG           | 51°W.GR |
| Santa Maria  | SH.22-V-C | 534 | Imbituba-SC       | SAD/69-MG           | 51°W.GR |
| Santa Rosa   | SG.21-Z-D | 520 | Torres-RS         | Córrego Alegre-MG   | 57°W.GR |
| Santiago     | SH.21-X-D | 533 | Imbituba-SC       | SAD/69-MG           | 57°W.GR |
| Santo Ângelo | SH.21-X-B | 526 | Imbituba-SC       | SAD/69-MG           | 57°W.GR |
| São Borja    | SH.21-X-A | 525 | Torres-RS         | Córrego Alegre-MG   | 57°W.GR |

FONTE: DSG - 1ª DL.

A obtenção dos mapas temáticos referentes à pedologia e geologia envolveu maiores esforços. O IBGE, através do PROJETO RADAM-BRASIL (1986), realizou o levantamento integrado e regional dos recursos naturais do país. Entretanto, como os levantamentos referentes ao bloco Curitiba, no qual parte da área de estudo está localizada, não foram publicados, o IBGE precisou ceder esse material para uso específico no trabalho.

#### 5.2.1.2 Delimitação da área

Como descrito no CAPÍTULO IV, duas delimitações podem ser estabelecidas para a área de estudo. Por atender melhor aos preceitos de planejamento do meio físico, a delimitação natural (parcela da bacia hidrográfica do Médio Uruguai) foi escolhida como base para a realização do trabalho.

A delimitação da área foi feita através da articulação das cartas topográficas e, com referência na hidrografia e na altimetria, foram traçados os limites da área a partir do divisor de águas que circunda a região (da sub-bacia hidrográfica do rio Turvo, à juzante do rio Uruguai, até a sub-bacia hidrográfica do rio Piratinim).

### 5.2.1.3 Preparação do mapa pedológico

O mapa pedológico usado para a geração do mapa de estimativa de unidades geotécnicas não utiliza as informações sobre as propriedades de caráter agrônomo<sup>1</sup>, considerando apenas a unidade pedológica dominante. No entanto, tais informações foram mantidas na digitalização, pois há interesse de utilização dos mapas digitais como apoio no desenvolvimento de outros estudos para a Região. As propriedades agrônomicas foram excluídas somente do mapa pedológico utilizado no SIG (apresentado no anexo F).

Como já mencionado, os mapas temáticos utilizados no trabalho foram obtidos através do IBGE e fazem parte dos levantamentos realizados pelo PROJETO RADAM-BRASIL, cuja organização de levantamentos baseou-se na articulação de folhas da Carta do Brasil ao Milionésimo.

A Região do Médio Uruguai está localizada parte entre as folhas Asunción (SG-21) e Curitiba (SG-22) que, juntamente com a folha Iguape (SG-23), formam o chamado bloco Curitiba, e parte nas folhas Uruguiana (SH-21) e Porto Alegre (SH-22), que formam o bloco Porto Alegre (figura 5.2).

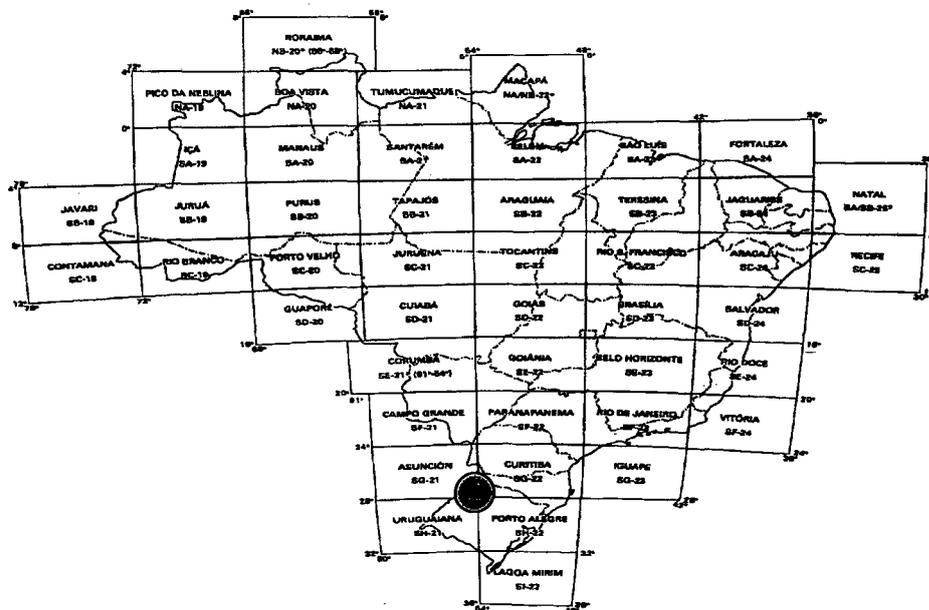


FIGURA 5.2 - Articulação das folhas da Carta do Brasil ao Milionésimo.

FONTE: IBGE (1970).

<sup>1</sup> Designações:

- Caráter álico - indicativo de saturação por alumínio igual ou superior a 50 %.
- Caráter distrófico - para solos com saturação por bases inferior a 35 % e saturação por alumínio inferior a 50 %.
- Caráter eutrófico - utilizado para identificar saturação por bases igual ou superior a 50 %.

A codificação da legenda utilizada no mapeamento pedológico pelo bloco Curitiba não foi exatamente a mesma utilizada pelo bloco Porto Alegre e vice-versa, devido à diferença de ocorrência de unidades pedológicas entre as duas áreas. Desse modo, por exemplo, a unidade pedológica LRd2 do bloco Curitiba apresenta as mesmas características que a unidade pedológica LRd1 do bloco Porto Alegre, apesar do código de legenda distinto. Foi necessário, então, unificar as legendas, cuja codificação final utilizada na elaboração do mapa pedológico está apresentada na tabela 5.2, com a descrição das unidades de solo relacionada na tabela 5.3.

TABELA 5.2 - Legenda unificada para o mapa pedológico.

| BLOCO CURITIBA | BLOCO PORTO ALEGRE | LEGENDA UNIFICADA |
|----------------|--------------------|-------------------|
|                | LEa1               | LEa1              |
|                | LEa2               | LEa2              |
|                | LEa3               | LEa3              |
|                | LEHa               | LEHa1             |
| LEHa           |                    | LEHa2             |
| LRd2           | LRd1               | LRd1              |
|                | LRd3               | LRd2              |
| LRd7           |                    | LRd3              |
| TRd3           |                    | TRd               |
|                | TRe2               | TRe1              |
| TRe3           | TRe4               | TRe2              |
|                | TRe6               | TRe3              |
|                | PVa2               | PVa               |
| Ce             |                    | Ce                |
|                | Re1                | Re1               |
| Re1            | Re2                | Re2               |
| Re6            | Re9                | Re3               |
| Re7            | Re5                | Re4               |
| Re12           | Re16               | Re5               |

FONTE: PROJETO RADAM-BRASIL (1986), adaptado para o trabalho.

TABELA 5.3 - Descrição das unidades de solo da Região do Médio Uruguai.

| UNIDADE | CARACTERÍSTICAS  |
|---------|--|
| LEa1    | Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado e proeminente textura média relevo suave ondulado.  |
| LEa2    | Latossolo Vermelho-Escuro álico A proeminente e moderado textura argilosa + Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado e proeminente textura média relevo suave ondulado.  |
| LEa3    | Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado e proeminente textura média + Latossolo Vermelho Escuro álico A moderado e proeminente textura argilosa + Podzólico Vermelho-Amarelo álico Tb A moderado e proeminente textura arenosa/média relevo suave ondulado.   |
| LEHa1   | Latossolo Vermelho-Escuro Húmico álico e A proeminente textura argilosa relevo suave ondulado.   |
| LEHa2   | Latossolo Vermelho-Escuro Húmico álico argiloso + Latossolo Vermelho-Escuro álico A proeminente textura argiloso relevo suave ondulado.  |
| LRd1    | Latossolo Roxo distrófico e álico A moderado e A proeminente textura muito argilosa relevo suave ondulado.   |
| LRd2    | Latossolo Roxo distrófico e álico A moderado e proeminente textura muito argilosa + Terra Roxa Estruturada Latossólica álica A moderado e proeminente textura muito argilosa relevo suave ondulado e ondulado.   |
| LRd3    | Latossolo Roxo distrófico A moderado e A proeminente textura muito argilosa relevo suave ondulado + Terra Roxa Estruturada eutrófica e distrófica A moderado textura muito argilosa + Terra Bruma Estruturada intermediária para Terra Roxa Estruturada distrófica A moderado e A proeminente textura muito argilosa relevo ondulado.                                      |
| TRd     | Terra Roxa Estruturada distrófica e eutrófica A moderado textura muito argilosa fase pedregosa e não pedregosa relevo ondulado e forte ondulado + Brunizém Avermelhado textura argilosa fase pedregosa e não pedregosa + Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico e A moderado textura média cascalhento e média fase pedregoso basalto relevo ondulado e forte ondulado. |
| TRe1    | Terra Roxa Estruturada eutrófica A moderado e chernozêmico textura muito argilosa argilosa + terra roxa estruturada latossólica distrófica A moderado textura muito argilosa relevo suave ondulado e ondulado.   |
| TRe2    | Terra Roxa Estruturada eutrófica A moderado e A chernozêmico textura muito argilosa relevo ondulado + Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico e A moderado textura média cascalhenta e média fase pedregosa basalto relevo ondulado e forte ondulado.  |
| TRe3    | Terra Roxa Estruturada eutrófica A moderado e chernozêmico textura muito argilosa argilosa + Latossolo Roxo distrófico A moderado e proeminente textura muito argilosa + Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico e moderado textura média cascalhenta e média fase pedregosa basalto relevo ondulado e suavemente ondulado.  |
| PVa     | Podzólico vermelho-amarelo álico Tb A moderado textura arenosa/média relevo suavemente ondulado.   |

TABELA 5.3 - Descrição das unidades de solo da Região do Médio Uruguai.

|     |   |
|-----|---|
| Ce  | Associação complexa de Cambissolo eutrófico e distrófico Ta e Tb A chernozêmico e A moderado textura argilosa fase pedregosa com Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico textura média e argilosa fase pedregosa basalto relevo forte ondulado e montanhoso + Terra Roxa Estruturada eutrófica e distrófica A chernozêmico e A moderado textura muito argilosa fase pedregosa e não pedregosa forte ondulado. |
| Re1 | Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico textura média cascalhenta e média fase pedregosa e não pedregosa basalto relevo ondulado.   |
| Re2 | Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico textura média cascalhenta e média fase pedregosa basalto relevo ondulado.   |
| Re3 | Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico textura média cascalhenta e média fase pedregosa e não pedregosa basalto + Vertissolo A chernozêmico textura argilosa relevo suave ondulado e plano.  |
| Re4 | Solos Litólicos eutróficos A chernozêmico textura média cascalhenta e média fase pedregosa e não pedregosa basalto + Terra Roxa Estruturada eutrófica A moderado e A chernozêmico textura muito argilosa relevo ondulado e forte ondulado.  |
| Re5 | Associação complexa de Solos Litóloco eutróficos A chernozêmico e A moderado textura média cascalhenta e média fase pedregosa basalto com cambissolo eutrófico Tb e Ta A moderado e A chernozêmico textura argilosa e média fase pedregosa + Brunizém Avermelhado médio/argilosa e argilosa fase pedregosa relevo forte ondulado.   |

FONTE: PROJETO RADAM-BRASIL (1986), adaptado para o trabalho.

#### 5.2.1.4 Atualização do mapa base

A atualização do mapa base foi feita apenas para o sistema viário e para os limites administrativos municipais, porque, dos temas de interesse para o trabalho, esses foram os que sofreram maior defasagem temporal. A definição precisa das alterações referentes às manchas urbanas não é de relevância para os objetivos do trabalho.

Cabe destacar que o sistema viário e as manchas urbanas serviram apenas como referência para orientação das unidades geotécnicas sobre a área de interesse.

Os investimentos na abertura de novas estradas foram pequenos nos últimos anos no RS. Apenas estradas já existentes foram pavimentadas com pequenas alterações de traçado sobre o leito antigo. Por essa razão, a atualização das mudanças foi feita através de uma análise detalhada do mapa rodoviário do Estado, elaborado pela Superintendência de Programação da Diretoria de Planejamento do Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER/RS, 1994).

A determinação do novo traçado em alguns trevos de acesso aos municípios foi realizada com auxílio do *Global Position System* (GPS) de navegação, cuja precisão (100 m) atende à escala cartográfica utilizada para o mapa base.

A atualização dos limites dos municípios do Estado do Rio Grande do Sul é de responsabilidade da Secretaria de Agricultura, através do Setor de Cartografia. Constam dos arquivos da Secretaria de Agricultura, a lei de criação dos novos municípios, acompanhada de mapa na escala 1:50.000 e memorial contendo a descrição dos limites. Através dessa documentação, a Secretaria faz a atualização dos limites em meio analógico para a escala 1:250.000.

Para aqueles municípios que apresentavam os limites já atualizados pela Secretaria, fez-se apenas a transferência dessas informações para a base cartográfica. No entanto, os municípios criados em 1995 e em 1996 não possuíam a atualização de seus limites para a escala 1:250.000. Foram atualizados, então, os limites dos municípios de Esperança do Sul, Nova Candelária, Nova Ramada, Senador Salgado Filho, Sete de Setembro, Ubiretama (emancipados em 1995) e Boa Vista do Cadeado, Bozano, Capão do Cipó, Mato Queimado, Rolador (emancipados em 1996).

## 5.2.2 Estruturação da base de dados gráficos

### 5.2.2.1 Planejamento da digitalização

Uma vez que o processo de digitalização foi desenvolvido em ambiente CAD com o objetivo de utilização dos dados gráficos posteriormente em SIG, alguns procedimentos importantes foram adotados para a digitalização do mapa base e mapas temáticos. O *software* utilizado para digitalização foi o *MicroStation 95* versão 5.5, da Bentley Systems Inc.

O processo de digitalização no *MicroStation* foi planejado tomando-se como referencial geográfico a grade de coordenadas do sistema plano UTM. A estruturação da base topográfica partiu da articulação das folhas do levantamento sistemático adotado pelo Sistema Cartográfico Nacional (SCN), tendo em vista a extensão da área de estudo, que abrangia, parcialmente, sete cartas topográficas na escala 1:250.000, em dois fusos distintos, ou seja, parte

da área localiza-se no fuso UTM 21 e parte no fuso UTM 22. As folhas SG.21-Z-D, SH.21-X-D, SH.21-X-B e SH.21-X-A localizam-se a leste do Meridiano Central (MC) 57° e as folhas SG.22-Y-C, SH.22-V-A e SH.22-V-C localizam-se a oeste do MC 51°.

A questão básica é que a localização da área na divisa entre os fusos UTM resulta num problema cartográfico, não sendo possível representar a área total em uma base contínua em coordenadas UTM (é aceitável a ampliação dos fusos em até 30' para cada lado). Devido a essa limitação, a área foi dividida em dois blocos de arquivos (um para as cartas do fuso 21 e outro para as cartas do fuso 22) para a operacionalização da digitalização no sistema CAD.

Para realizar a união entre as cartas de um mesmo fuso, transformou-se as coordenadas geográficas (latitude e longitude) dos vértices das cartas topográficas para coordenadas planas UTM. A conversão foi feita com o auxílio do *software* Geolindes PC versão 1.50. O mesmo procedimento foi adotado para a organização da digitalização dos mapas temáticos.

O dado representável na base cartográfica e mapas temáticos foi organizado em categorias<sup>2</sup>, que representam conjunto de feições com características específicas. Foram definidas oito categorias (ou arquivos): (01) Altimetria; (02) Grade; (03) Geologia; (04) Hidrografia; (05) Limites; (06) Pedologia; (07) Planimetria e (08) Político.

As feições a serem digitalizadas foram definidas de acordo com a necessidade ou a exigência do trabalho, e foram classificadas dentro de cada categoria específica (ver tabela 5.4).

A definição dos parâmetros de digitalização foi feita em função das características lineares e das características espaciais das feições gráficas. Com relação às características lineares, os valores dos atributos (nível, peso, estilo e cor) estão relacionados na tabela 5.4.

Os atributos das feições gráficas estão disponíveis no sub-menu "Atributos dos elementos" no *MicroStation*. Através desse comando, ativa-se a simbologia das feições gráficas a serem representadas.

---

<sup>2</sup> O termo categoria refere-se a um agrupamento de feições gráficas que geralmente pertencem a um mesmo tema e tem por objetivo subdividir os dados gráficos em vários arquivos. *A priori*, cada categoria equivale a um arquivo gráfico (RODRIGUES, s/d).

Para a definição das características espaciais, ou seja, da tolerância para a digitalização manual pelo modo contínuo, utilizou-se os parâmetros de precisão baseados nos valores do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) estabelecidos em norma, seguindo as orientações de RODRIGUES (op. cit.).

Os parâmetros da “*Stream Line*” foram relacionados ao erro admissível (PEC) para a escala e classe da carta. Assim, pôde-se admitir o “*Stream Delta*” igual ao erro padrão e o “*Stream Tolerance*” igual ao dobro do PEC (RODRIGUES, op. cit.).

TABELA 5.4 - Parâmetros para a digitalização das feições.

| CATEGORIA   | FEIÇÕES GRÁFICAS              | NÍVEL LV | PESO WT | ESTILO LC | COR CO | TIPO     |
|-------------|-------------------------------|----------|---------|-----------|--------|----------|
| Altimetria  | Curva mestra                  | 10       | 2       | 0         | 6      | Linha    |
|             | Curva intermediária           | 11       | 0       | 0         | 6      | Linha    |
|             | Cota comprovada               | 29       | 1       | 0         | 28     | Ponto    |
|             | Cota não comprovada           | 29       | 1       | 0         | 7      | Ponto    |
| Grade       | UTM mestra                    | 1        | 3       | 0         | 0      | Linha    |
|             | UTM intermediária             | 1        | 0       | 0         | 0      | Linha    |
|             | Limite da carta               | 1        | 0       | 0         | 0      | Linha    |
|             | Ponto trigonométrico          | 29       | 1       | 0         | 14     | Ponto    |
|             | Ponto astronômico             | 29       | 1       | 0         | 21     | Ponto    |
| Geologia    | Unidades                      | 3        | 0       | 0         | 4      | Polígono |
|             | Falha                         | 4        | 2       | 3         | 29     | Linha    |
|             | Fratura                       | 4        | 1       | 2         | 3      | Linha    |
| Hidrografia | Rio (margem dupla)            | 21       | 0       | 0         | 1      | Linha    |
|             | Rio (margem simples)          | 22       | 1       | 0         | 1      | Linha    |
|             | Rio intermitente              | 23       | 0       | 6         | 1      | Linha    |
|             | Terreno sujeito à inundação   | 24       | 0       | 1         | 1      | Linha    |
| Limite      | Internacional                 | 27       | 1       | 6         | 7      | Linha    |
|             | Estadual                      | 52       | 1       | 6         | 0      | Linha    |
|             | Marco de limite internacional | 28       | 0       | 0         | 0      | Ponto    |
|             | Área de estudo                | 51       | 0       | 0         | 0      | Polígono |
| Pedologia   | Unidades                      | 02       | 0       | 0         | 0      | Polígono |
| Planimetria | Rodovia pavimentada           | 11       | 1       | 0         | 3      | Linha    |
|             | Rodovia implantada            | 12       | 0       | 3         | 3      | Linha    |
|             | Estrada municipal             | 13       | 0       | 3         | 0      | Linha    |
|             | Ferrovia                      | 14       | 1       | 0         | 14     | Linha    |
|             | Zona urbana                   | 36       | 0       | 0         | 3      | Polígono |
|             | Escola                        | 38       | 0       | 0         | 0      | Ponto    |
|             | Igreja                        | 46       | 0       | 1         | 0      | Ponto    |
|             | Aeroporto                     | 47       | 0       | 3         | 14     | Ponto    |
| Político    | Limites municipais            | 35       | 1       | 0         | 6      | Polígono |

O parâmetro ângulo (do módulo de digitalização contínua do *MicroStation*) foi definido como sendo de 5 graus, que, segundo RODRIGUES (op. cit.), é um valor angular pequeno o suficiente para que o “*Stream Tolerance*”, quando ativado, não ultrapasse lateralmente (em medida perpendicular) ao “*Stream Delta*”, mantendo a precisão do trabalho. Cabe salientar que o parâmetro ângulo define a variação angular máxima que uma linha pode possuir antes de ativar o “*Stream Delta*”. Quando o segmento de linha possuir variação angular menor que esse parâmetro (5 graus), o segmento pode possuir o comprimento máximo definido em “*Tolerance*”.

TABELA 5.5 - Tolerância para digitalização contínua.

| ESCALA   | STREAM DELTA | STREAM TOLERANCE | ÂNGULO |
|----------|--------------|------------------|--------|
| 1:10000  | 2,50 m       | 6,00 m           | 5°     |
| 1:50000  | 12,50 m      | 30,00 m          | 5°     |
| 1:100000 | 25,00 m      | 60,00 m          | 5°     |
| 1:250000 | 62,50 m      | 150,00 m         | 5°     |
| 1:500000 | 125,00 m     | 300,00 m         | 5°     |

FONTE: RODRIGUES (op. cit.).

Em relação às unidades de trabalho dos arquivos gráficos, o “Km” foi definido como unidade padrão, com precisão de um metro.

TABELA 5.6 - Unidades de trabalho para escalas entre 1:25.000 e 1:1.000.000.

| ESCALA    | PEC   | PRECISÃO |
|-----------|-------|----------|
| 1:25000   | 7,5 m | 1 m      |
| 1:50000   | 15 m  | 1 m      |
| 1:100000  | 30 m  | 1 m      |
| 1:250000  | 75 m  | 1 m      |
| 1:500000  | 150 m | 1 m      |
| 1:1000000 | 300 m | 1 m      |

FONTE: RODRIGUES (op. cit.).

### 5.2.2.2 Digitalização

A digitalização propriamente dita partiu da estrutura de arquivos prevista no processo de planejamento.

Cada categoria foi digitalizada como um arquivo próprio, de acordo com o seguinte fluxo de atividades:

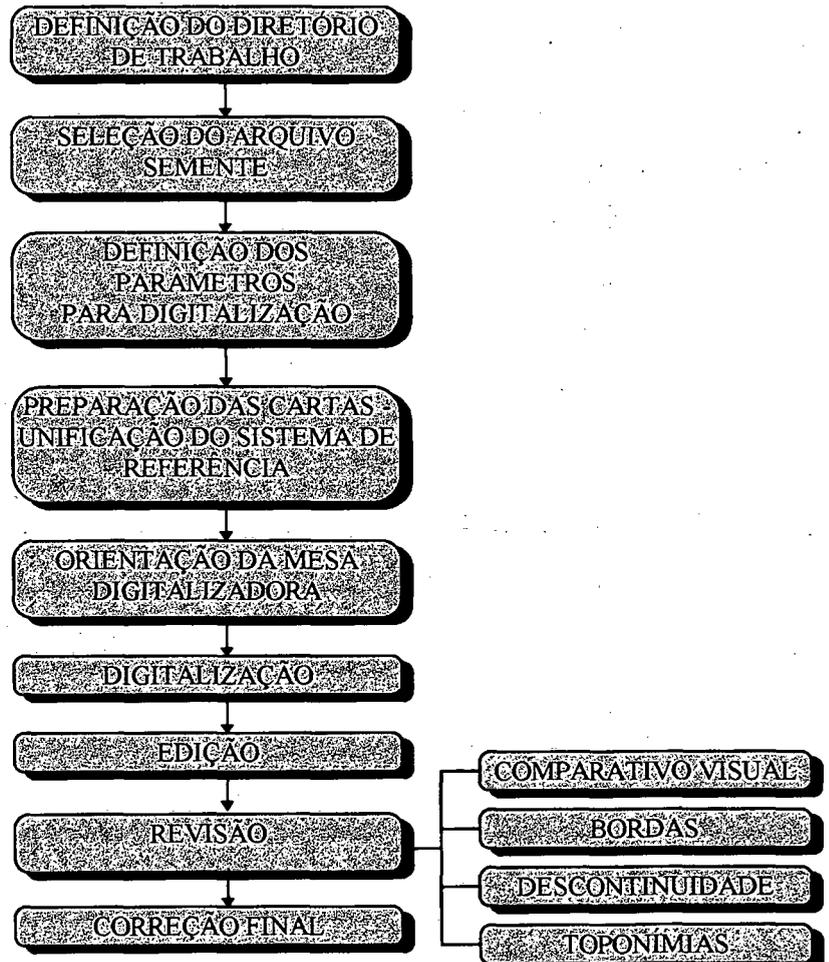


FIGURA 5.3 - Fluxo de atividades para digitalização manual.

A digitalização manual foi realizada no modo contínuo (arraste) para as feições caracterizadas por arcos extensos e sinuosos (como as curvas de nível) e no modo ponto a ponto para as feições com características retilíneas (como o sistema viário).

Procurando minimizar o trabalho de correção e ajustes durante a edição, a digitalização das feições observou cuidadosamente os aspectos relativos à quebra

das linhas para a definição dos nós, ao fechamento dos polígonos e à continuidade das feições entre as bordas das cartas.

#### 5.2.2.3 Correção de erros/edição

A edição pode ser entendida de duas formas: a edição gráfica, com o objetivo de apresentação visual do mapa gerado em CAD e a edição em SIG. Essa última está descrita no item 5.3.

Todos os mapas digitalizados foram editados graficamente, utilizando-se as convenções cartográficas estabelecidas em norma e organizadas em biblioteca de células específica. Antes da edição gráfica, porém, fez-se a duplicação dos arquivos, com a finalidade de manter um grupo de arquivos não editados para manipulação no SIG.

A verificação final da qualidade da digitalização e da edição gráfica foi realizada através da impressão dos mapas digitalizados em papel transparente, com posterior sobreposição aos mapas originais em mesa de luz para marcação de eventuais erros.

### 5.3 COMPOSIÇÃO DO MAPA DE ESTIMATIVA DE UNIDADES GEOTÉCNICAS NO SIG

Os arquivos contendo os mapas pedológico (simplificado), geológico, topográfico e político, gerados no formato DGN, foram exportados no formato *DXF (Drawing Exchange File)*. A importação para o *software* IDRISI deu-se através da rotina *DXFIDRIS*. A seguir, procedeu-se à reformatação, convertendo-os de *ASCII*<sup>3</sup> para binário.

O passo seguinte consistiu na união dos dois fusos em cada mapa - para posterior composição das imagens -, alterando-se novamente o sistema de referência UTM para coordenadas geográficas (latitude e longitude) pelo módulo *PROJECT* do IDRISI. Para possibilitar a alteração, foram criados arquivos de referência no módulo de entrada de dados através do menu *EDIT* (editor de

---

<sup>3</sup> Arquivo *ASCII* contém apenas símbolos do conjunto de caracteres *ASCII*. (*ASCII* - abreviatura de *American Standard Code for Information Interchange*. Tabela de códigos de oito bits, estabelecida pelo *American National Standard Institute*. Para todos os caracteres do teclado do computador, define um padrão e garante a eficiência em toda e qualquer comunicação de dados por equipamentos de computação).

texto *ASCII*) para cada fuso, com os parâmetros cartográficos para sua representação (ver tabela 5.7).

TABELA 5.7 - Descrição dos arquivos de referência.

| ARQUIVOS DE REFERÊNCIA            |                     |                     |                    |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| PARÂMETROS                        | FUSO UTM 21         | FUSO UTM 22         | LAT/LONG           |
| Sistema de referência             | UTM                 | UTM                 | Latitude/Longitude |
| Projeção                          | Transv. de Mercator | Transv. de Mercator | -----              |
| Datum                             | SAD69               | SAD69               | SAD69              |
| Delta WGS84                       | -60 -2 -41          | -60 -2 -41          | -60 -2 -41         |
| Elipsóide                         | Sul Americano 69    | Sul Americano 69    | Sul Americano 69   |
| Semi eixo maior                   | 6.378.160,000       | 6.378.160,000       | 6.378.160,000      |
| Semi eixo menor                   | 6.356.774,740       | 6.356.774,740       | 6.356.774,740      |
| Origem da longitude               | - 57                | - 51                | 0                  |
| Origem da latitude                | 0                   | 0                   | 0                  |
| Origem X                          | 500.000             | 500.000             | 0                  |
| Origem Y                          | 10.000.000          | 10.000.000          | 0                  |
| Fator de escala (K <sub>0</sub> ) | 0,9996              | 0,9996              | 1,0                |
| Unidade de medida                 | metro               | metro               | graus              |
| Parâmetros                        | 0                   | 0                   | 0                  |

Com os arquivos referenciados ao sistema de coordenadas geográficas, passou-se à edição de feições no software TOSCA<sup>4</sup>. Primeiramente, os arquivos referentes ao fuso 21 e 22 foram unidos pelo módulo *APEND*, passando a constituir um arquivo único. A linha de borda entre os fusos foi eliminada e os polígonos limítrofes foram unidos.

A segunda etapa de edição consistiu na atribuição de um código ou identificador para as feições representadas por polígonos (unidades pedológicas, unidades geológicas e unidades administrativas). Cada arco componente de um mesmo polígono recebeu a identificação de sua localização em relação ao polígono considerado (esquerda/direita). A seguir, através do módulo *CYCLE*

<sup>4</sup> O TOSCA é um *software* específico que acompanha o IDRISI *for Windows* para digitalização e edição de vetores.

fez-se a construção de polígonos a partir dos arcos organizados. Na etapa de rasterização, cada célula do polígono irá assumir o valor determinado pelo identificador escolhido.

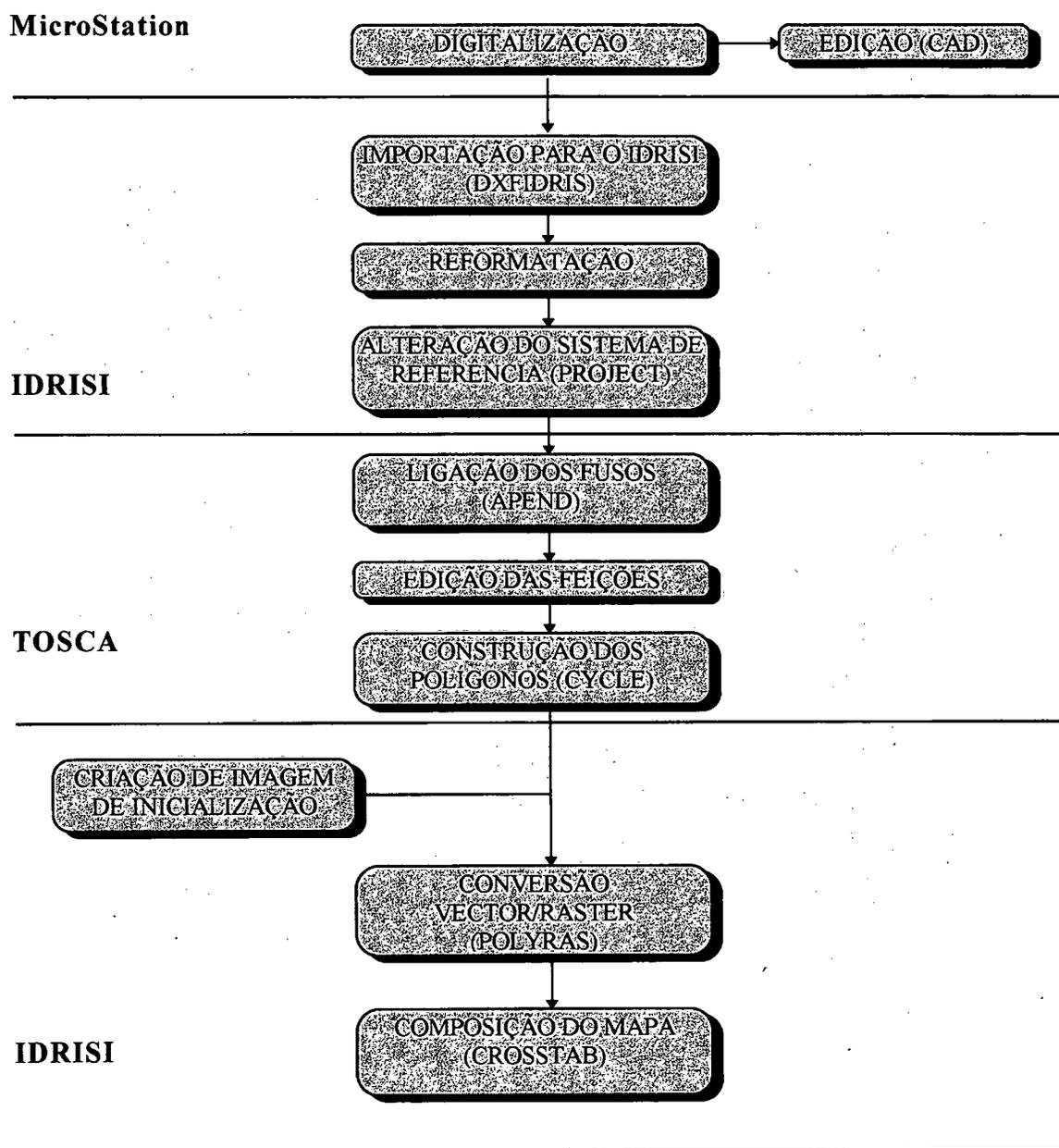


FIGURA 5.4 - Roteiro para composição do mapa de estimativas de unidades geotécnicas.

Concluída a construção dos polígonos no TOSCA, os arquivos foram novamente levados para o IDRISI para a conversão vetorial/matricial. Para

viabilizar a conversão, criou-se uma imagem de inicialização (imagem em branco<sup>1</sup>) através do menu *INITIAL* no módulo de entrada de dados do IDRISI. Foram definidos os parâmetros espaciais, entre os quais o sistema de referência, cujas descrição está apresentada na tabela 5.7, e calculado o número de colunas e linhas da imagem a ser gerada, em função da resolução pretendida para o mapa final. A conversão vetorial/matricial propriamente dita foi obtida com o módulo *POLYRAS* (conversão de arquivos poligonais), do menu *REFORMAT*. Com esse procedimento, cada célula do polígono passou a assumir o valor do identificador definido na etapa de edição<sup>2</sup>. Por fim, as classes de imagens de pedologia e geologia foram combinadas, com o auxílio do módulo *CROSSTAB*, gerando a imagem de estimativa de unidades geotécnicas (ver figura 5.4). Para melhor definição dos limites das unidades geotécnicas, o mapa topográfico foi sobreposto à imagem resultante da combinação, mas apenas como plano de cobertura (arquivo vetorial).

A edição do mapa final (composição da legenda de cores) foi baseada na referência da ordenação de classes de solos estabelecida pelo Manual Técnico de Pedologia, publicado pelo IBGE (1995).

### 5.3.1 Montagem do banco alfanumérico

Através do Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), no módulo "*DATABASE WORKSHOP*" (Oficina de Banco de Dados) do IDRISI, foi estruturado um banco de dados alfanumérico, contendo 81 registros (linhas) e 16 campos (colunas). Os registros correspondem aos municípios da região do Médio Uruguai e nos campos foram armazenados os atributos relacionados aos municípios. O arquivo foi criado no formato *Access*.

O primeiro campo refere-se aos identificadores de feições, cujos valores são códigos criados especificamente para o trabalho e permitem a ligação dos arquivos imagem com o banco de dados. A codificação dos identificadores foi

<sup>1</sup> Para criar a "imagem branco" tomou-se as coordenadas mínimas e máximas X e Y inteiras (independente dos valores de X e Y mínimos e máximos não o serem), dividiu-se o  $\Delta X$  e o  $\Delta Y$  pela resolução desejada para obter-se o número de colunas e linhas, respectivamente (aconselha-se que as células do arquivo imagem sejam quadradas).

<sup>2</sup> Caso deseja-se alterar o valor do identificador, recomenda-se criar um arquivo de valores pelo módulo "EDIT" (editar arquivo de valores).

estabelecida a partir da separação dos municípios em quatro séries. Assim, a série 700 reuniu os municípios pertencentes ao CRD da Região das Missões, na série 800 foram agrupados os municípios da Região Fronteira Noroeste, na série 900 os municípios da Região Noroeste Colonial e na série 1000 foram incluídos os municípios que fazem parte da área de estudo mas não pertencem aos CRDs envolvidos no PDIRMU. O segundo campo foi destinado ao nome do município, o terceiro campo para área (em Km<sup>2</sup>) e o quarto campo destinado à população. Os campos seguintes foram adicionados para descrever a área que cada unidade geotécnica representa em cada município.

## CAPÍTULO VI

### 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 6.1 MAPAS RESULTANTES

Os mapas resultantes da edição gráfica em CAD estão apresentados em arquivos distintos para cada fuso (fuso 21 e 22) demonstrados nos anexos A, B, C, D e E (impressos na escala 1:500.000<sup>1</sup>).

ANEXO A - Mapa base (planimetria, altimetria, toponímia, sistema viário, manchas urbanas e hidrografia);

ANEXO B - Mapa político (limites municipais e limites dos Conselhos Regionais de Desenvolvimento);

ANEXO C - Mapa do limite da área de estudo (parte da bacia hidrográfica do Rio Uruguai);

ANEXO D - Mapa pedológico;

ANEXO E - Mapa geológico;

Os mapas unificados representando a pedologia, geologia e político foram obtidos no IDRISI e estão representados nas figuras 6.1, 6.2 e 6.3.

---

<sup>1</sup> O rodapé desses mapas foi impresso na escala original (1:250.000) para melhor visualização da legenda.

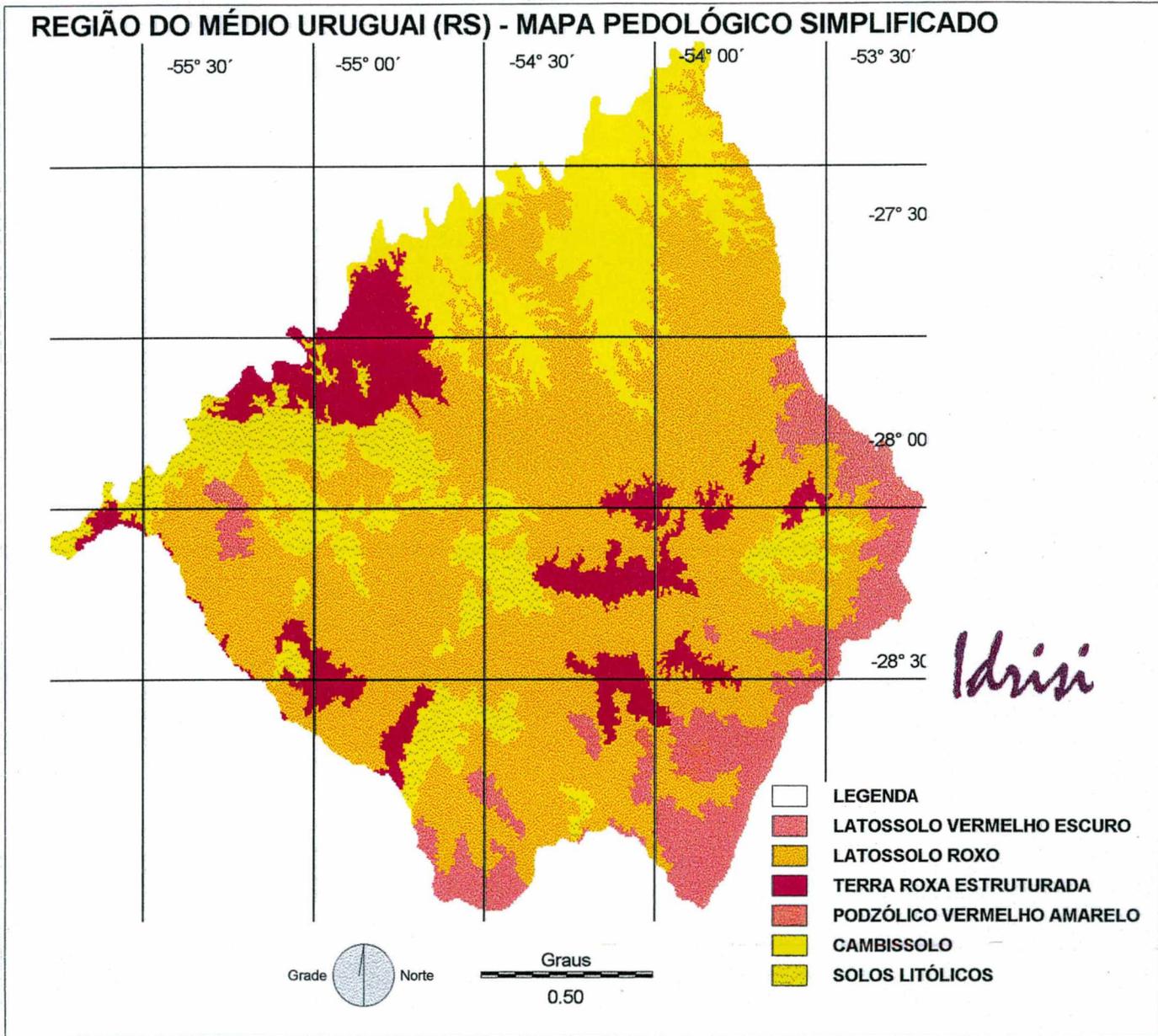


FIGURA 6.1 - Região do Médio Uruguai - mapa pedológico simplificado.

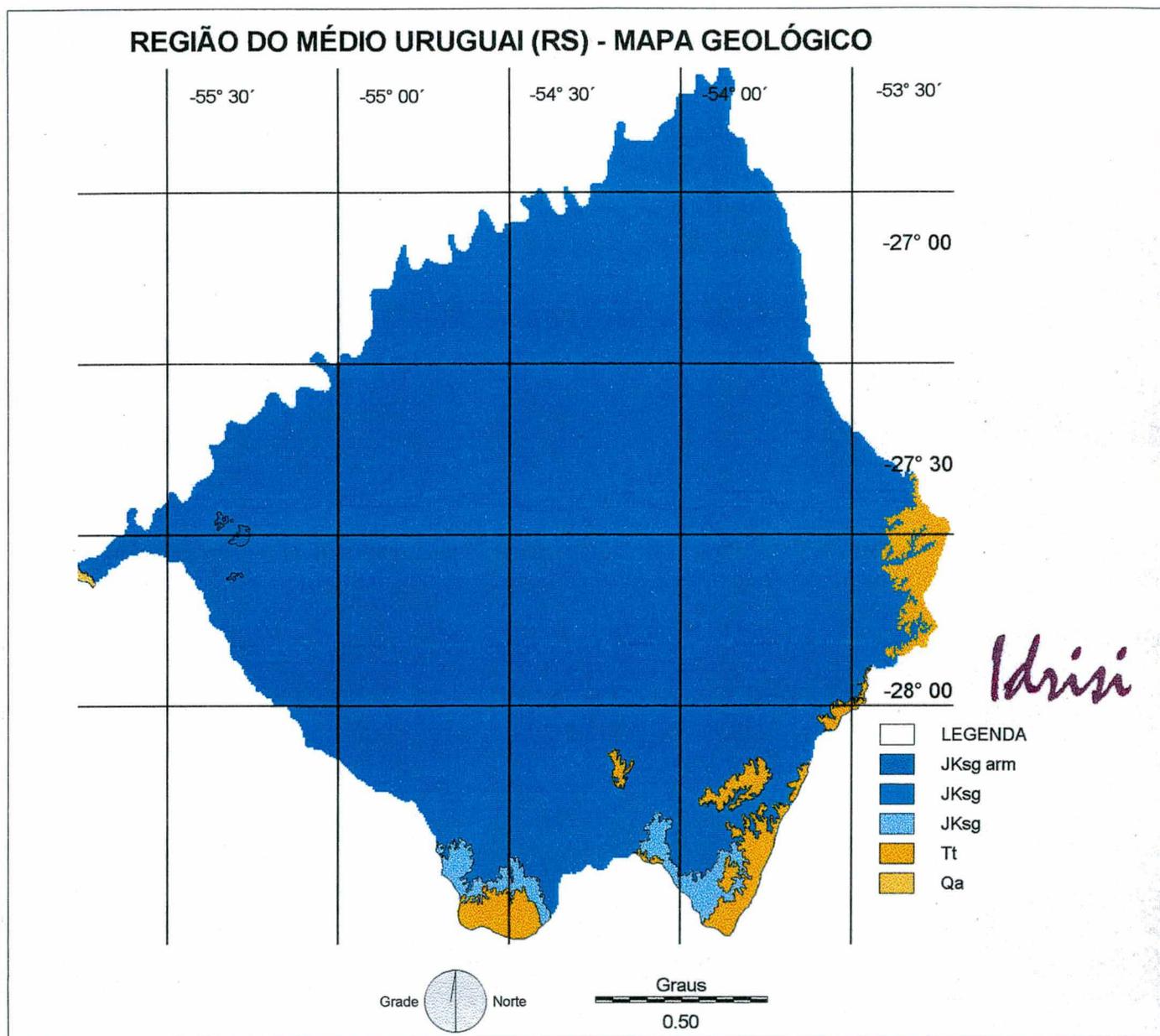


FIGURA 6.2 - Região do Médio Uruguai - mapa geológico.

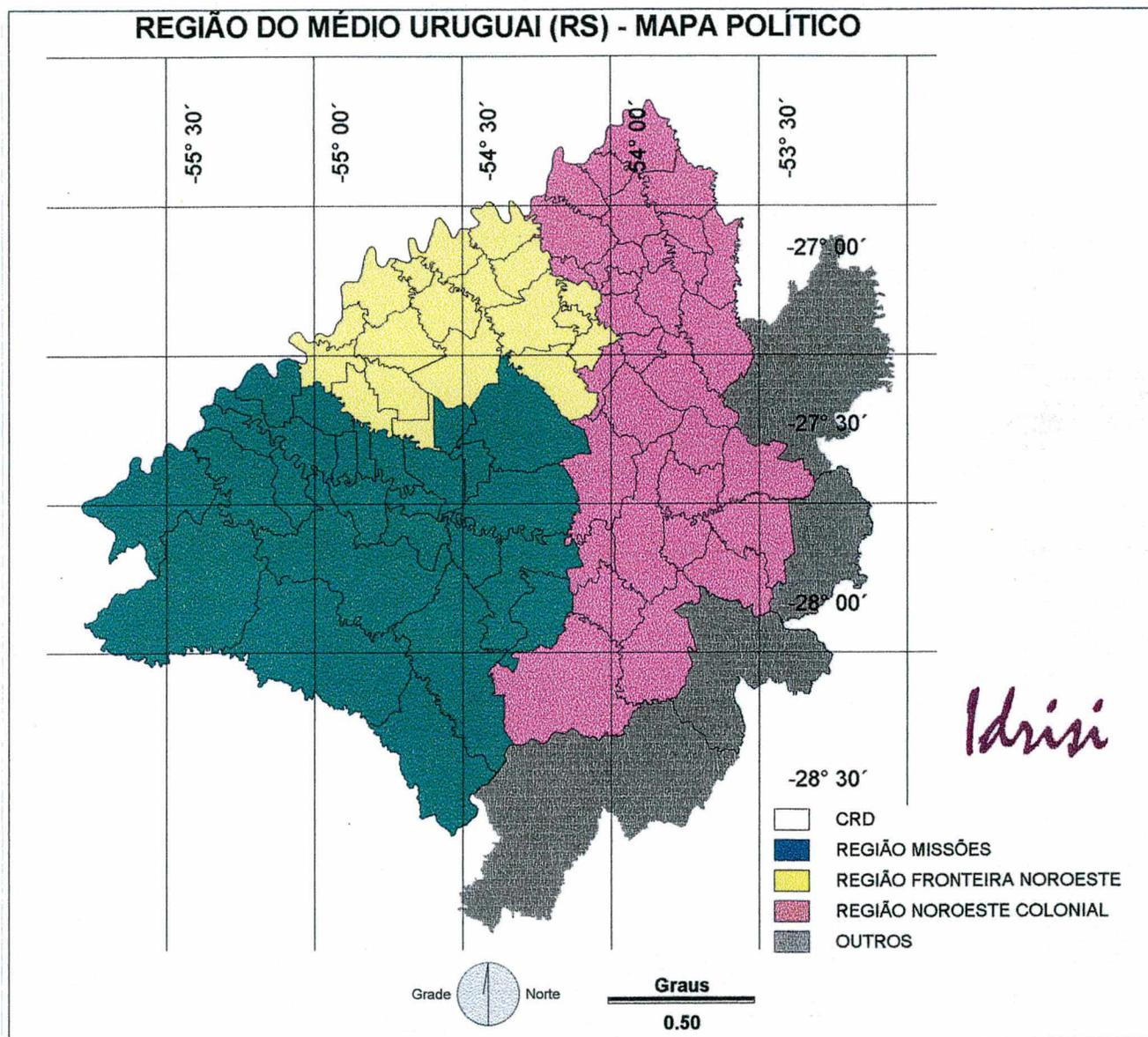


FIGURA 6.3 - Região do Médio Uruguai - mapa político.

## 6.2 DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS<sup>2</sup>

O mapa de estimativa de unidades geotécnicas resultante está representado na figura 6.4. Na descrição das unidades geotécnicas a ordem das ocorrências está baseada na ordenação das classes de solos.

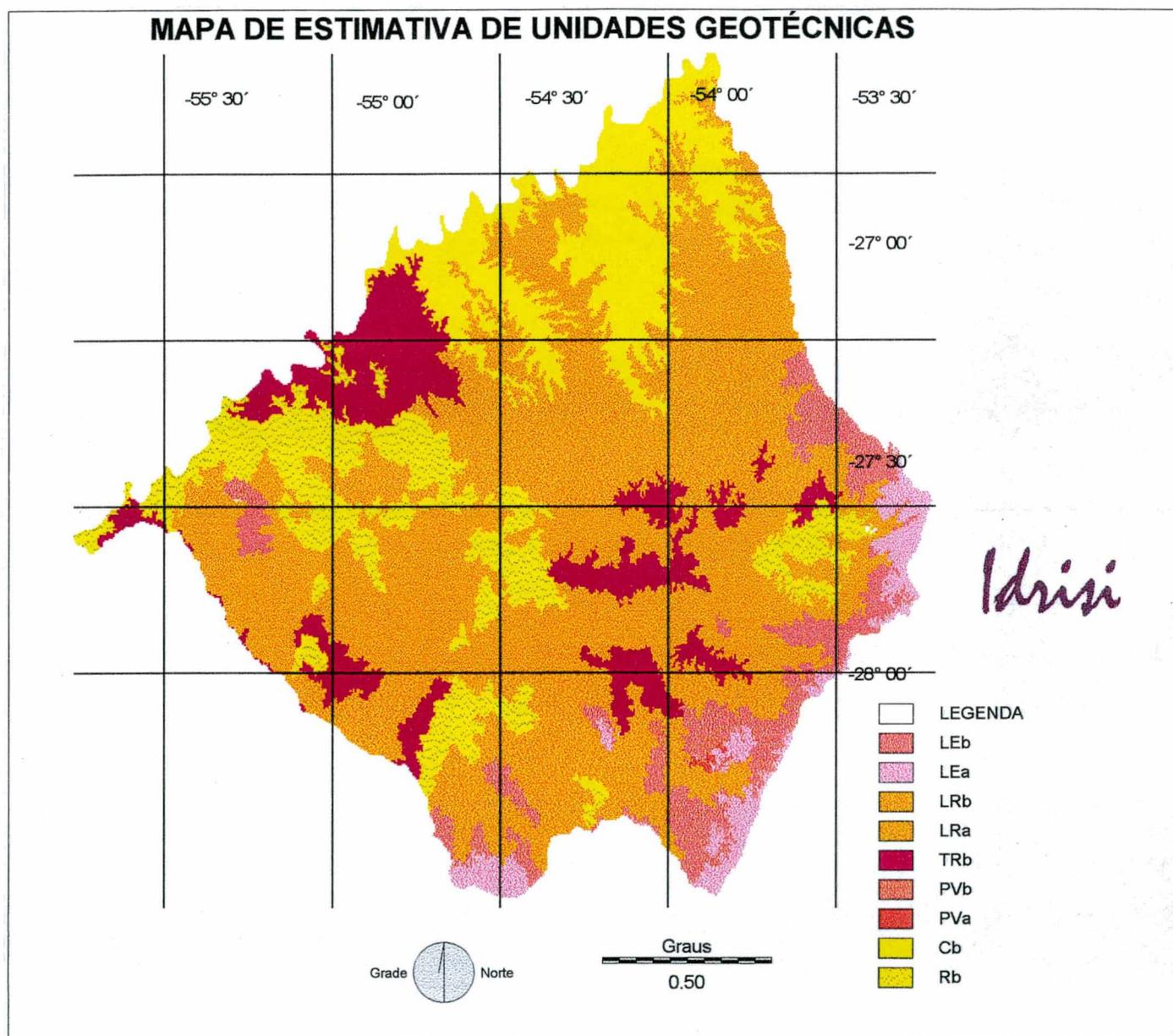


FIGURA 6.4 - Região do Médio Uruguai - mapa de estimativa de unidades geotécnicas.

<sup>2</sup> A descrição das unidades geotécnicas foi compilada de DAVISON DIAS e ARNOLD (1995).

### 6.2.1 Solos com horizonte B latossólico

#### **Latossolo Roxo (LR)**

Essa classe compreende solos minerais, não hidromórficos, apresentando horizonte B latossólico de cor típica bruno-avermelhado-escuro a vermelho-escuro com tonalidades arroxeadas nos matizes 2,5 YR e 1,5 YR (MUNSELL, 1988), entretanto são comuns matizes mais vermelhos de até 10 R. Os teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  são acima de 18%. A forte atração pelo imã, quando o solo é seco e pulverizado, deve-se aos elevados teores de óxidos de ferro (magnetita, herdada da rocha de origem). São solos bastante porosos, sendo comum porosidade total da ordem de 50 %. A textura é argilosa ou muito argilosa.

Apresentam horizontes A-Bw-C, de difícil diferenciação entre o horizonte A e B e transição gradual e plana. O horizonte diagnóstico é o B latossólico (Bw) que, em geral, apresenta-se com mais de 3,0 metros de espessura e tipicamente com aspecto maciço poroso, contudo, com lente de mão pode-se constatar a existência de uma organização estrutural forte, muito pequena e granular.

- **Unidade Geotécnica:**

Latossolo Roxo substrato basalto (LRb) - Compreende solos derivados de rochas básicas da Formação Serra Geral, referida ao Juracretáceo. Em área de contato com arenitos da Formação Tupanciretã, observa-se um sensível aumento na fração arenosa e ligeiro decréscimo nos teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , passando a ser mais friáveis.

#### **Latossolo Vermelho-Escuro (LE)**

São solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B latossólico de cor vermelho-escuro, vermelho ou bruno-avermelhado-escuro de matiz 4 YR ou mais vermelho, valores de 3 a 5 e croma 4 a 6. Apresentam teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  inferiores a 18 % e fraca atração magnética.

São solos muito profundos, de seqüência de horizontes A-Bw-C, de diferenciação modesta entre os horizontes A e Bw. O horizonte B latossólico apresenta estrutura muito pequena granular com aspecto de maciço porosa "in situ", sendo comum também estrutura em blocos subangulares fraca a moderada.

A textura varia desde média até muito argilosa, sendo a consistência molhada, nos menos argilosos, não-plástica e não-pegajosa, podendo chegar a muito plástica e muito pegajosa nos mais argilosos. A consistência úmida mais comum é a friável, aproximando-se, nos solos mais arenosos, da solta. São solos bem drenados a acentuadamente drenados, podendo ocorrer drenagem moderada.

- **Unidade Geotécnica:**

Latossolo Vermelho-escuro substrato basalto (LEb) - Compreende solos derivados de basaltos da Formação Serra Geral e a influência do arenito da Formação Tupanciretã é evidenciada pela presença de grãos de quartzo ao longo do perfil.

Latossolo Vermelho-escuro substrato arenito (LEa) - Solos com substrato arenitos da Formação Tupanciretã.

#### 6.2.2 Solos com horizonte B textural

Em muitas encostas da região basáltica são comuns essas classes de solos com características intermediárias e a identificação pode envolver grande subjetividade, ficando a distinção por conta do grau de expressão da estrutura prismática e/ou blocos e da cerosidade caracterizando o horizonte B textural.

#### **Terra Roxa Estruturada (TR)**

São solos minerais, não hidromórficos, de cores brumadas a vermelho-escuro nos matizes 5 YR a 9 YR, textura de argilosa a muito argilosa, com teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  superiores a 15 %, baixo gradiente textural, horizonte B textural com argila de atividade baixa, estrutura em blocos e cerosidade moderadamente a bem desenvolvida, Ki entre 1,9 e 2,2.

Apresentam a seqüência de horizontes A-Bt-C onde Bt se caracteriza não tanto pelo aumento em teor de argila, mas pela estruturação em blocos subangulares, exibindo cerosidade. Apesar do alto teor em argila, a porosidade, em geral, apresenta valores superiores a 50 %. Podem ser da cor do Latossolo Roxo, ou muito similar, distinguindo-se deste pela presença de estrutura prismática e/ou em blocos e pela cerosidade bem desenvolvida nos solos típicos.

- Unidade Geotécnica:

Terra Roxa Estruturada substrato basalto (TRb)

São derivados de rochas básicas a ultrabásicas da Formação Serra Geral.

#### **Podzólico Vermelho-Amarelo (PV)**

São solos minerais, não hidromórficos, caracterizando-se pela presença de horizonte B textural, com considerável iluviação de argila evidenciada pela expressiva relação textural e/ou recobrimento por filmes de material coloidal na superfície de contato das unidades estruturais.

Apresentam seqüência de horizontes A, Bt e C, usualmente bem diferenciados, com horizonte Bt geralmente argiloso com estrutura moderada ou fortemente desenvolvida. São solos medianamente profundos e profundos (raramente rasos), com coloração variável dentro dos matizes 5 YR (valores e cromas altos) a 10 YR. Na sua grande maioria são solos bem drenados e apresentam argila de atividade baixa.

- Unidades Geotécnicas:

Podzólico vermelho-Amarelo substrato basalto (PVb)

São derivados do basalto da Formação Serra Geral.

Podzólico vermelho-Amarelo substrato arenito (PVa)

Solos com substrato arenitos da Formação Botucatu.

#### 6.2.3 Solos com horizonte B incipiente

##### **Cambissolo (C )**

São solos minerais, não hidromórficos, com presença de horizonte B incipiente (Bi), de cores brunas e bruno-amarelado-escuras, textura normalmente argilosa e estrutura fraca ou moderadamente desenvolvida em blocos subangulares. São solos pouco profundos e profundos, com argila de atividade alta ou baixa, geralmente com altos teores de silte ao longo do perfil.

- Unidades Geotécnicas:

Cambissolo substrato basalto (Cb)

São solos desenvolvidos de basaltos da Formação Serra Geral.

#### 6.2.4 Solos pouco desenvolvidos

##### **Solo Litólico (R)**

São solos pouco desenvolvidos, rasos, que exibem seqüência de horizontes A e R ou A, C e R com o horizonte A ascendente diretamente sobre a rocha-matriz ou sobre um pequeno horizonte C, geralmente com muito material de rocha em decomposição. Apresentando-se bem drenados a acentuadamente drenados e com características morfológicas, físicas e químicas muito variáveis em função do material de origem.

- **Unidade Geotécnica**

Solo Litólico substrato basalto (Rb) - São solos desenvolvidos de basaltos da Formação Serra Geral.

### 6.3 OCORRÊNCIA DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS

Através do Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) do IDRISI, foram desenvolvidas análises integradas com o SIG para identificar a distribuição espacial das unidades geotécnicas nos CRDs e nos municípios. As consultas podem ser feitas por localização ao banco de dados, estabelecendo-se uma ligação do arquivos-imagem com o banco de dados, ou através da geração de mapas derivados.

A ocorrência das unidades geotécnicas nos municípios é apresentada no anexo F. As análises realizadas com o auxílio do SIG permitiram constatar que a unidade latossolo roxo substrato basalto (LRb) aparece em 57% da área total, seguida pelas unidades Rb, com 12% de ocorrência e Cb, também com 12% de ocorrência. As unidades TRb e LEB aparecem em 8% e 12% da área, respectivamente. As demais unidades ocorrem com pouca expressividade na Região.

## CAPÍTULO VII

### 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista os procedimentos adotados para a realização do presente trabalho, foi possível chegar-se às seguintes conclusões e recomendações:

#### 7.1 QUANTO À ESCALA DE TRABALHO E EXTENSÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O mapa de estimativa de unidades geotécnicas gerado como produto final contribui ao planejamento regional como uma primeira aproximação das potencialidades de uso e ocupação da região. A inexistência de levantamentos pedológicos e geológicos em escalas maiores para a região como um todo impediu a realização de estudos mais particularizados.

A geração da carta de declividade, importante para a definição mais apropriada das unidades geotécnicas presentes na área de estudo, foi prejudicada pela escala de trabalho. Embora a amplitude altimétrica fosse de aproximadamente 500 metros (altitude mínima de 100 metros e máxima de 600 metros), a equidistância entre curvas de nível de 100 metros definiu a existência de apenas 5 curvas em toda a área de estudo. Recomenda-se gerar o mapa de declividade da área de estudo na escala 1:50.000.

Com relação à extensão da área de estudo, dois aspectos podem ser realçados. A escolha em trabalhar-se com uma área abrangente gerou um volume de dados gráficos grande, impedindo a exploração das demais etapas da metodologia de mapeamento geotécnico. Por outro lado, foi possível produzir informações para os 79 municípios da região e atender às necessidades do PDIRMU.

## 7.2 QUANTO À ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS GRÁFICOS

A estrutura de planejamento adotada para a digitalização mostrou-se adequada, em especial em relação à divisão da categoria de interesse em diversas feições, equivalentes a níveis. É mais fácil unir-se as feições do que separá-las posteriormente.

Com relação aos parâmetros de digitalização utilizados no modo contínuo, aconselha-se a realização de testes para o caso da digitalização de unidades muito extensas. A digitalização do mapa de pedologia apresentou problemas em relação a esse aspecto, excedendo ao limite de vértices para polígonos aceito pelo IDRISI.

Uma vez que o trabalho objetivava também a geração do mapa base para a região, dedicou-se um tempo considerável na edição gráfica dos arquivos. Para evitar essa dificuldade, procurou-se o recurso de trabalhar com dois grupos de arquivos, ou seja, arquivos editados graficamente no CAD e arquivos não editados graficamente, mas com estrutura topológica definida para o SIG, para evitar o refinamento cartográfico excessivo, não requerido pelo SIG.

A estruturação da base de dados gráfico apresentou-se como uma etapa bastante demorada, decorrente, principalmente, da não disponibilidade dos dados em meio digital e da falta de “*know how*” em cartografia digital e SIG. Essas limitações, no entanto, são superáveis e passam, invariavelmente, pela continuidade do desenvolvimento de trabalhos aplicados.

Como aspecto final, salienta-se a necessidade de ter-se clareza dos objetivos que se deseja alcançar com o produto digital a ser gerado antes de iniciar-se a conversão para meio digital.

## 7.3 QUANTO AOS *SOFTWARES* UTILIZADOS

O *software* utilizado para digitalização (*MicroStation*) mostrou-se bastante adequado à representação cartográfica, apresentando excelentes recursos de edição gráfica. A maior velocidade de regeneração também facilitou os trabalhos de edição.

O *software* Tosca apresentou-se pouco funcional para a operação de definição dos identificadores e concatenação dos polígonos.

Em função dos objetivos propostos para o trabalho, apenas o recurso de cruzamento de mapas foi explorado no *software* IDRISI. Mesmo assim, foi possível verificar que se trata de um *software* de fácil manuseio, requerendo baixo investimento em plataforma de hardware. A adequabilidade ao uso educacional foi também um aspecto constatado com a utilização do *software*.

Além desses aspectos, é importante destacar que, por trabalhar com estrutura de dados matricial, o IDRISI adapta-se muito bem aos estudos de recursos naturais que envolvam grandes áreas, em que a precisão requerida na quantificação de áreas não é o aspecto mais importante, mas, sim, as análises temáticas.

#### 7.4 QUANTO AO USO DO SIG PARA MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

Com a experiência adquirida com o trabalho, é possível destacar a contribuição do SIG para aprimorar os trabalhos tradicionais do mapeamento geotécnico. Com o uso do SIG, as possibilidades de análise e desenvolvimento de novos estudos ampliam-se grandemente.

Para finalizar, sugere-se: (1) a continuidade dos estudos dentro dessa linha de pesquisa no CPGEC, visando estruturar as demais fases da metodologia de mapeamento geotécnico desenvolvida para o sul do Brasil, para o ambiente do SIG e (2) utilizando-se da base de dados produzida com o trabalho, ampliar os estudos físicos da Região do Médio Uruguai, incorporando novos elementos que subsidiem o planejamento regional.

## ANEXOS

**ANEXO A**  
**MAPA BASE**





ESCALA DE PLOTAGEM 1:500000

Escala 1:250.000



Escala de Declividade

EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL: 100 METROS

NAS ÁREAS COBERTAS POR VEGETAÇÃO DENSA, AS CURVAS DE NÍVEL SÃO APROXIMADAS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

DATUM VERTICAL: IMBITUBA - SANTA CATARINA

DATUM HORIZONTAL: SAD 69 - MINAS GERAIS

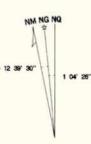
ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM - EQUADOR E MERIDIANO SI GUAUS V. GR.

ACRESCIDAS AS CONSTANTES: 10.000 KM E 600 KM, RESPECTIVAMENTE

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA EM 1997,72

E CONVERGÊNCIA MERIDIANA

NAS COORDENADAS - 53 15' 00" LONG. E - 28 30' 00" LAT.



DECLINAÇÃO MAGNÉTICA  
VARIAÇÃO ANUAL: 0 04" 12"

Usar exclusivamente os dados numéricos

COMPILAÇÃO DAS FOLHAS



COMPILAÇÃO DAS CARTAS TOPOGRÁFICAS DA DSG - ESCALA 1 : 250000

CHAPECO - SG.22-V-C  
CRUZ ALTA - SH.22-V-A  
SANTA MARIA - SH.22-V-C

CHAPECO  
CRUZ ALTA  
SANTA MARIA

ÁREA COMPILADA E REPRESENTADA EM MEIO DIGITAL COM ESTRUTURA TOPOGRÁFICA  
PRODUTO DE DIGITALIZAÇÃO MANUAL COM BASE EM CARTAS TOPOGRÁFICAS DA DSG E CARTAS TEMÁTICAS DO IBGE  
PARTE INTEGRANTE DA DISERTACÃO DE MESTRADO  
MARCUS SERGIO HOLSKI - UFSC - CPGEC/CTM  
SETEMBRO DE 1997  
ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS - FUSO 22

SINAIS CONVENCIONAIS

VIAS DE CIRCULAÇÃO

- ESTRADAS DE RODAGEM
  - Pavimentadas
  - Implantadas
  - Municipais
  - Cantão
  - Perfil de estrada: federal, estadual
- ESTRADAS DE FERRO
  - Via simples
  - Bidirecional
- LIMITES
  - Estados
  - Áreas de estudo

OUTROS ELEMENTOS PLANIMÉTRICOS

- Linhas transmissoras de energia: Cerca
- Ignis: Escala: 1:1
- Aeroporto: Campo de pouso
- Elementos ALTIMÉTRICOS
  - Ponto trigonométrico: Ponto astrolábico
  - Cota comprovada
  - Cota não comprovada
  - Cota não comprovada (ponto identificável)

DIVISÃO ADMINISTRATIVA

- Limite Municipal
- Sede do Município
- Limite CRD

ELEMENTOS DE VEGETAÇÃO

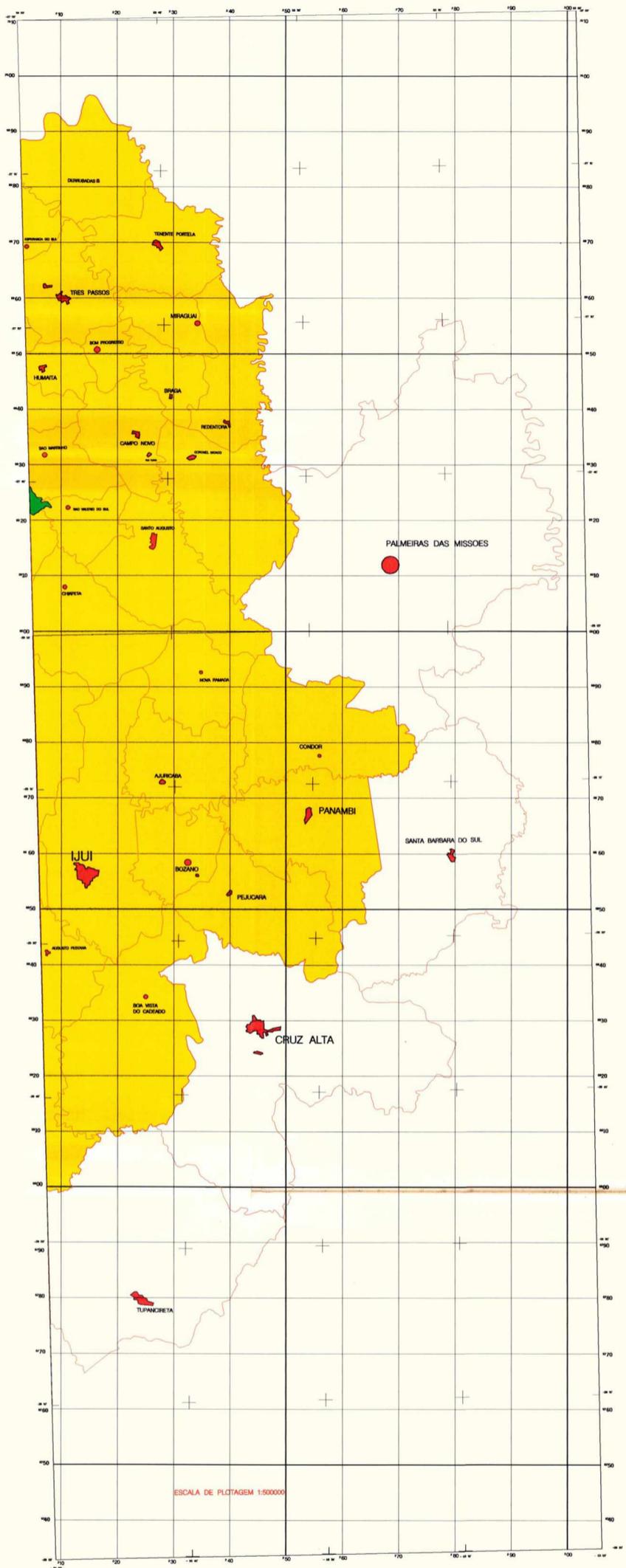
- Floresta, mata e bosques: Evis tropical
- Pomar, vinhedo, Plantação
- Arrozal: terreno seco, úmido

ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA

- Curso d'água intermitente
- Lago ou lagoa intermitente
- Terrão sujeito a inundação
- Brejo ou pântano
- Poço (águas): Nascente
- Rápidos e catraças grandes
- Barragem







SINAI CONVENCIONAIS

|                                       |  |  |  |
|---------------------------------------|--|--|--|
| <b>VIAS DE CIRCULAÇÃO</b>             |  |  |  |
| <b>ESTRADA DE RODAGEM</b>             |  |  |  |
| <b>ESTRADA DE TERCEIRA CLASSE</b>     |  |  |  |
| <b>OUTROS ELEMENTOS PLANIMÉTRICOS</b> |  |  |  |
| <b>ELEMENTOS ALTIMÉTRICOS</b>         |  |  |  |
| <b>DIVISÃO ADMINISTRATIVA</b>         |  |  |  |

Escala 1:250.000

ESCALA DE DOUTRINAÇÃO

EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL: 100 METROS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

DATUM VERTICAL: MARITIMA - SANTA CATARINA

DATUM HORIZONTAL: SAD 89 - BRASIL GEODESICO

ORIGEM DA QUADRIPLACAGEM: UTM - EQUADOR E MEDIANHA DE GRUPO W. CR.

ADICIONAIS AS COORDENADAS: 5000 NM E 500 NM, RESPECTIVAMENTE.

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA EM 1987,72

E CORREÇÃO: 10,00

NAU COORDENADA: - 53 30' 00" LONG. E - 28 30' 00" LAT. S

COMPILAÇÃO DAS FOLHAS



COMPILAÇÃO DAS CARTAS TOPOGRAFICAS DA DSG - ESCALA 1 : 250000

|             |                         |
|-------------|-------------------------|
| CHAPECO     | CHAPECO - SG-22-Y-C     |
| CRUZ ALTA   | CRUZ ALTA - SH-22-V-A   |
| SANTA MARIA | SANTA MARIA - SH-22-V-C |

ÁREA COMPILADA E REPRESENTADA EM MEIO DIGITAL, COM ESTRUTURA TOPOLOGICA

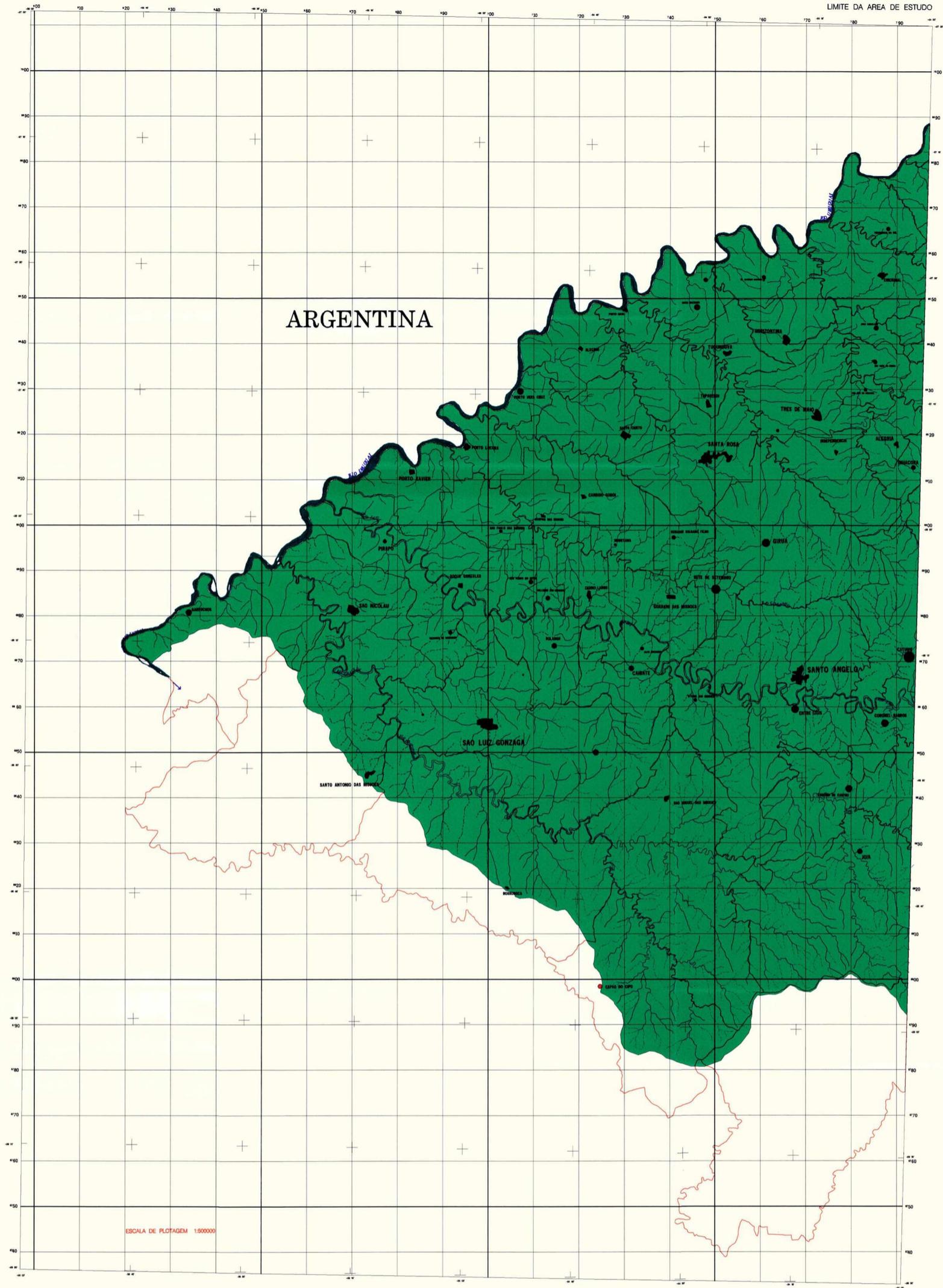
PRODUTO DE DIGITALIZAÇÃO MANUAIS, COM BASE EM CARTAS TOPOGRAFICAS DA DSG E CARTAS TEMATICAS DO IBGE

PROJETO INTEGRATIVO DA INSTITUIÇÃO DE PESQUISA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC

SETEMBRO DE 1997

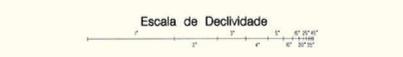
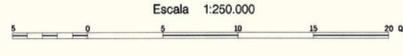
ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS - FUSO 22



ESCALA DE PLOTAGEM 1:500000

SINAIS CONVENCIONAIS

- |   |                                       |  |
|---|---------------------------------------|--|
| <b>VIAS DE CIRCULACAO</b>                 | <b>Superfície deformada, Areia</b>    |  |
| <b>ESTRADAS DE RODAGEM</b>                | <b>ELEMENTOS DE VEGETACAO</b>         |  |
| Federais                                  | Floresta, mata e bosque, Ewa tropical |  |
| Municipais                                | Parque, vinhedo, Plantação            |  |
| Cantão                                    | Arrozal, terreno seco, úmido          |  |
| Perfil de estrada, federal, estadual      | <b>ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA</b>       |  |
| <b>ESTRADAS DE FERRO</b>                  | Cursos d'água intermitente            |  |
| Bilrotas largas                           | Lago ou lagoa intermitente            |  |
| <b>LIMITES</b>                            | Terreno sujeito a inundação           |  |
| Internacional                             | Bonje ou pântano                      |  |
| Estadual                                  | Pico (água), nascente                 |  |
| Área de estudo                            | Rápido e cachoeira grandes            |  |
| <b>OUTROS ELEMENTOS PLANIMÉTRICOS</b>     | Diarragem                             |  |
| Linhas transmissoras de energia, Cerca    |                                       |  |
| Alças, Escola, Mina                       |                                       |  |
| Alargamento, Campo de posse               |                                       |  |
| <b>ELEMENTOS ALTIMÉTRICOS</b>             |                                       |  |
| Ponto hipométrico, Ponto sismológico      |                                       |  |
| Ponto de salinidade                       |                                       |  |
| Cota comprovada                           |                                       |  |
| Cota não comprovada                       |                                       |  |
| Cota não comprovada (porto identificável) |                                       |  |
| <b>DIVISAO ADMINISTRATIVA</b>             |                                       |  |
| Limite Municipal                          |                                       |  |
| Sede de Município                         |                                       |  |
| Limite CRD                                |                                       |  |
| AREA DE ESTUDO                            |                                       |  |



EQUIDISTANCIA DAS CURVAS DE NÍVEL: 100 METROS  
 NAS ÁREAS COBERTAS POR VEGETACAO Densa, AS CURVAS DE NÍVEL SÃO APROXIMADAS  
 PROJECCAO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
 DATUM VERTICAL: LIMBUZA - SANTA CATARINA  
 DATUM HORIZONTAL: SAD 69 - MINAS GERAIS  
 ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM "EQUADOR E MERIDIANO 57 GRAUS W. GR.  
 ACRESCIDAS AS CONSTANTES: 10.000 KM E 500 KM, RESPECTIVAMENTE  
 DECLINACAO MAGNETICA em 1997,72  
 E CONVERGENCIA MERIDIANA  
 NAS COORD. - 54 45' 00" LONG. E - 28 30' 00" LAT.  
 Declinação Magnética  
 Variação Anual: 0 da 18"

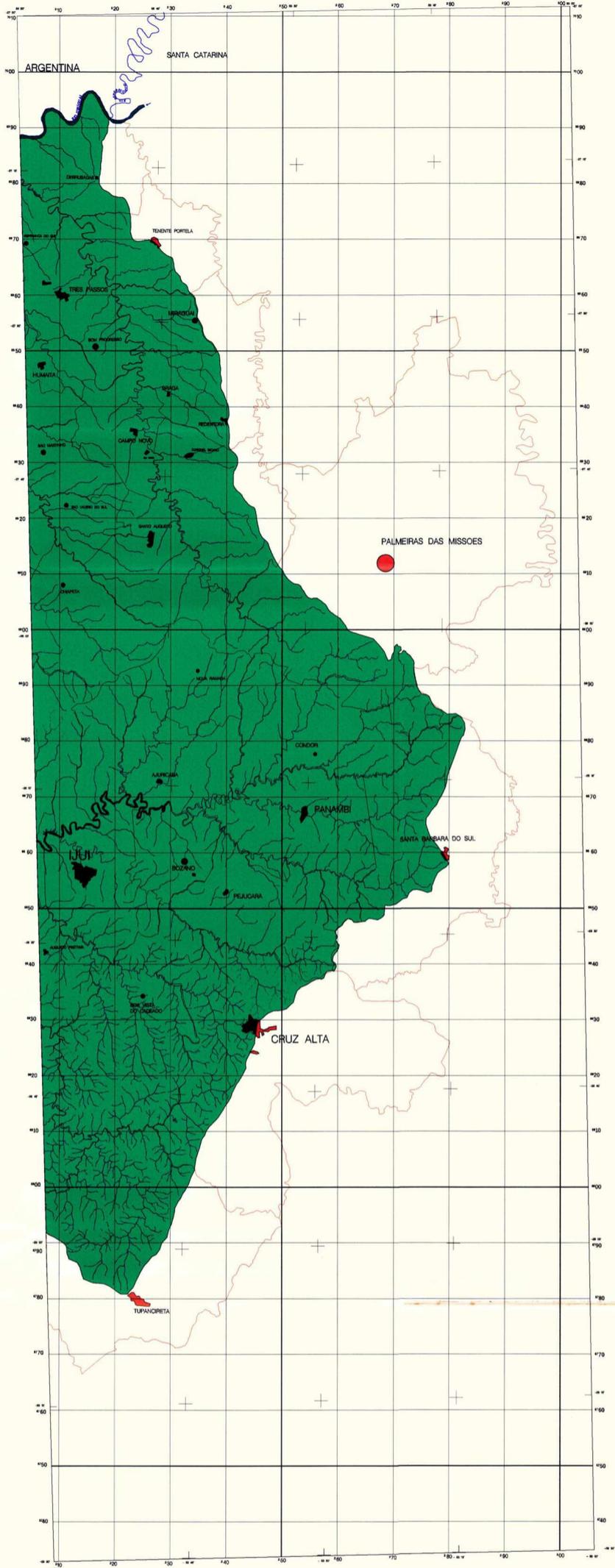
COMPILACAO DAS FOLHAS



COMPILACAO DAS CARTAS TOPOGRAFICAS DA DSG - ESCALA 1 : 250000  
 SANTA ROSA - SG.21-Z-D  
 SAO BORJA - SH.21-X-A  
 SANTO ANGELO - SH.21-X-B  
 SANTIAGO - SH.21-X-D

AREA COMPILADA E REPRESENTADA EM MEIO DIGITAL COM ESTRUTURA TOPOLOGICA  
 PRODUTO DE DIGITALIZACAO MANUAL COM BASE EM CARTAS TOPOGRAFICAS DA DSG E CARTAS TEMATICAS DO IBGE  
 PARTE INTEGRANTE DA DISSERTACAO DE MESTRADO  
 LAYNE SERGIO HOLSKI - UFSC - CPGEC-CTM  
 SETEMBRO DE 1997  
 ARTICULACAO DAS FOLHAS - FUSO 21

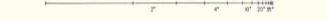
|              |
|--------------|
| SANTA ROSA   |
| SAO BORJA    |
| SANTO ANGELO |
| SANTIAGO     |



Escala 1:250.000



Escala de Declividade



EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL: 100 METROS

NAS ÁREAS COBERTAS POR VEGETAÇÃO DENSA, AS CURVAS DE NÍVEL SÃO APROXIMADAS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

DATUM VERTICAL: IBIUTIBA - SANTA CATARINA

DATUM HORIZONTAL: SAD 69 - MINAS GERAIS

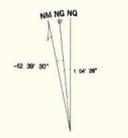
ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM - EQUADOR E MERIDIANO DE GRÁU W. GR.

ACRESCIDAS AS CONSTANTES: 10.000 KM E 500 KM, RESPECTIVAMENTE

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA EM 1997,72

E CONVERGÊNCIA MERIDIANA

NAS COORDENADAS -48 15 00" DE LONG. E -28 30 00" DE LAT.



DECLINAÇÃO MAGNÉTICA  
VARIAÇÃO ANUAL - 0 04' 12"

Usar exclusivamente os dados numéricos

COMPILAÇÃO DAS FOLHAS



COMPILAÇÃO DAS CARTAS TOPOGRÁFICA DA DSG - ESCALA 1 : 250000

|  |                         |
|--|-------------------------|
| CHAPECO  | CHAPECO - SG.22-Y-C     |
| CRUZ ALTA  | CRUZ ALTA - SH.22-V-A   |
| SANTA MARIA  | SANTA MARIA - SH.22-V-C |
| ÁREA COMPILADA E REPRESENTADA EM MEIO DIGITAL COM ESTRUTURA TOPOLOGICA<br>PRODUTO DE DIGITALIZAÇÃO MANUAL COM BASE EM CARTAS TOPOGRÁFICAS DA DSG E CARTAS TEMÁTICAS DO IBGE<br>PARTE INTEGRANTE DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO<br>MARCO SERGIO VOLSKI - UFSC - CPGEC/CTM<br>SETEMBRO DE 1997<br>ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS - FUSO 22 |                         |

SINAIS CONVENCIONAIS

VIAS DE CIRCULAÇÃO

- ESTRADAS DE RODAGEM
- Imbituba
- Municípios
- Cantão
- Perfil de estrada federal, estadual
- ESTRADAS DE FERRO
- Bitão largo
- LIMITES
- Internacional
- Estadual
- Área de estudo

OUTROS ELEMENTOS PLANIMÉTRICOS

- Linhas transmissoras de energia, Cadea
- lênçol. Escala. Mina
- Aeroporto, Campo de pouso
- ELEMENTOS ALTIMÉTRICOS
- Ponto trigonométrico, Ponto astronômico
- Ponto de sáltila
- Cota comprovada
- Cota não comprovada
- Cota não comprovada (ponto identificado)

DIVISÃO ADMINISTRATIVA

- Limite Municipal
- Sede do Município
- Limite CRD

ELEMENTOS DE VEGETAÇÃO

- Superfície deformada, Área
- Floresta, mata e boscos, Eruca tropical
- Parque, sítio, Pântano
- Áreas, terras secas, úmidas

ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA

- Curso d'água intermitente
- Lago ou lagoa intermitente
- Terrão sujeito a inundação
- Ilhéu ou pântano
- Posto (água), Nascente
- Rápido e cachoeiras grandes
- Barragem
- REGIAO DO MEDIO URUGUAI

ELEMENTOS DE VEGETAÇÃO

- Floresta, mata e boscos, Eruca tropical
- Parque, sítio, Pântano
- Áreas, terras secas, úmidas

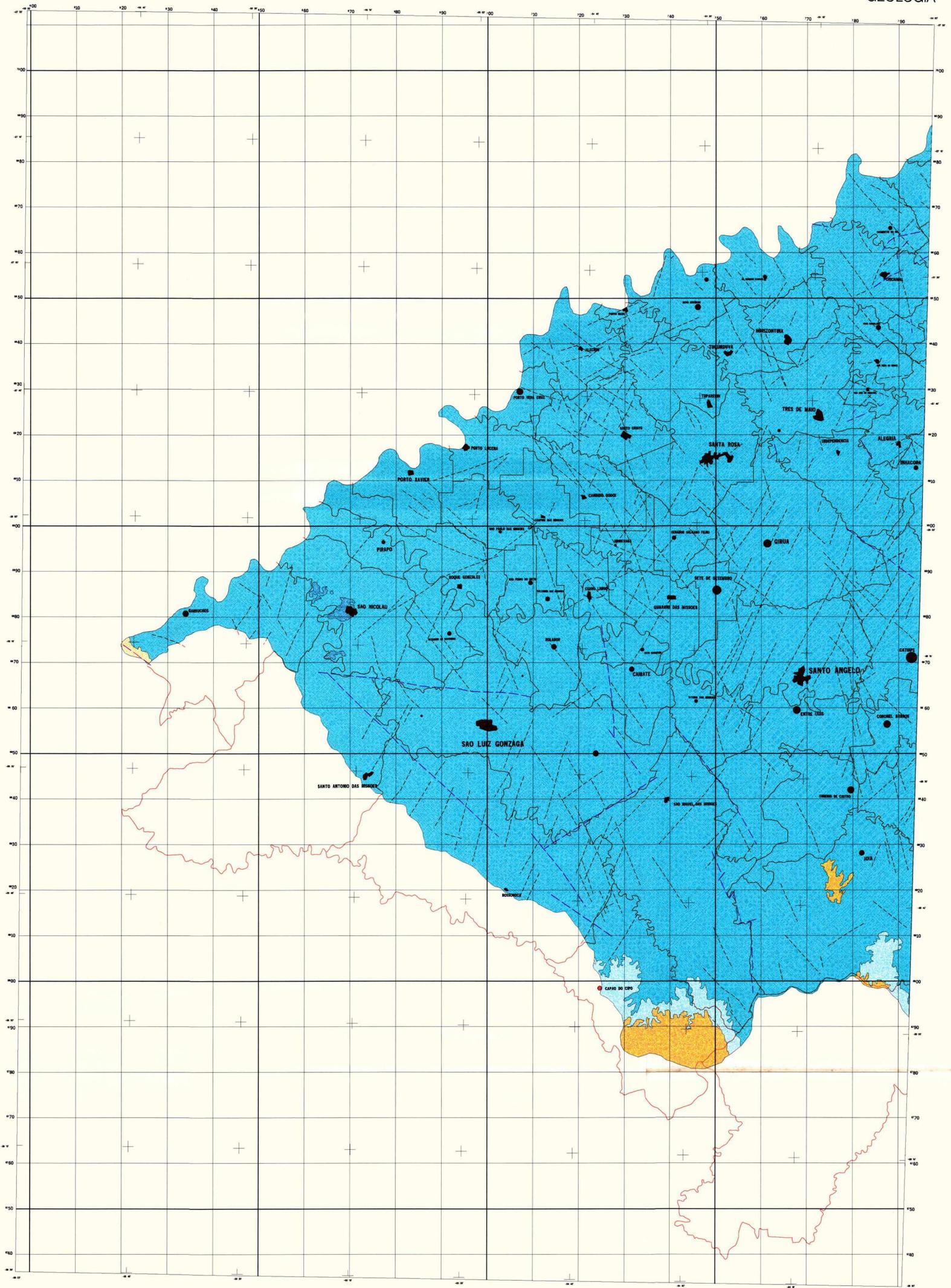
ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA

- Curso d'água intermitente
- Lago ou lagoa intermitente
- Terrão sujeito a inundação
- Ilhéu ou pântano
- Posto (água), Nascente
- Rápido e cachoeiras grandes
- Barragem

REGIAO DO MEDIO URUGUAI

(ÁREA DE ESTUDO)





- SINAIS CONVENCIONAIS**
- VIAS DE CIRCULAÇÃO**
- ESTRADAS DE RODAGEM**
- Pavimentadas: asfaltadas, municipais, camêrão
- Perfil de estrada: federal, estadual
- ESTRADAS DE FERRO**
- Bitola larga
- LIMITES**
- Internacionais, estaduais, municipais
- OUTROS ELEMENTOS PLANIMÉTRICOS**
- Linhas transmissoras de energia, Cerca, Igreja, Escola, Mina, Aeroporto, Campo de pouso
- ELEMENTOS ALTIMÉTRICOS**
- Ponto trigonométrico, Ponto astronômico, Ponto de nível, Cota comprovada, Cota não comprovada (ponto identificável)
- DIVISÃO ADMINISTRATIVA**
- Limite Municipal, Sede do Município, Limite CRD

- Superfície deformada. Área**
- ELEMENTOS DE VEGETAÇÃO**
- Floresta, mata e bosques. Evas tropical, Pântano, vinhedo, Plantação, Arrozal, terreno sacro, (mêdo)
- ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA**
- Curso d'água intermitente, Lago ou laguna intermitente, Terreno sujeito a inundação, Brejo ou pântano, Poço (água), Nascente, Rêgões e estâncias grandes, Barragem
- UNIDADES ESTADÍSTICAS**
- Ca, Tt, Jkg, Jkg em, Jkg

Escala 1:250.000

Escala de Declividade

EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL: 100 METROS

NAS ÁREAS COBERTAS POR VEGETAÇÃO DENSA, AS CURVAS DE NÍVEL SÃO APROXIMADAS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

DATUM HORIZONTAL: IMBUTIBA - SANTA CATARINA

DATUM VERTICAL: SAD 69 - MINAS GERAIS

ORIGEM DA QUILOMETRAGEM: LTM - EQUADOR E MERIDIANO 57 GRÁUS W. GR.

ADOSCIDAS AS CONSTANTES: 10.000 KM E 800 KM, RESPECTIVAMENTE

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA EM 1997,72 E CONVERGÊNCIA MERIDIANA NAS COORD. - 54 45' 00" LONG. E - 28 30' 00" LAT.

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA VARIACÃO ANUAL - 0 04" 18"

Usar exclusivamente os dados numéricos

**COMPILAÇÃO DAS FOLHAS**

ÁREA COMPILADA E REPRESENTADA EM MEIO DIGITAL COM ESTRUTURA TOPOOLÓGICA

PRODUTO DE DIGITALIZAÇÃO MANUAL COM BASE EM CARTAS TOPOGRÁFICAS DA DSG E CARTAS TEMÁTICAS DO IBGE

PARTE INTEGRANTE DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MÁRIO BERGO WOLSKI - UFSC - CPGEC-CTM

SETEMBRO DE 1997

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS - FUSO 21

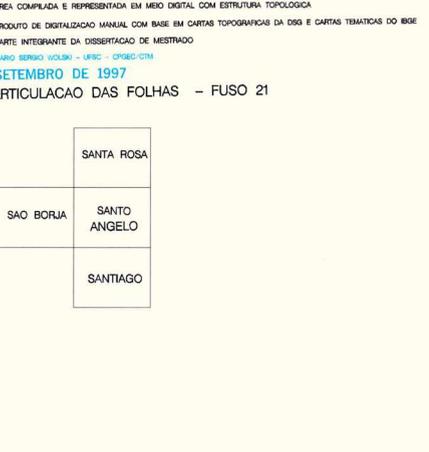
COMPILAÇÃO DAS CARTAS TOPOGRÁFICAS DA DSG - ESCALA 1 : 250000

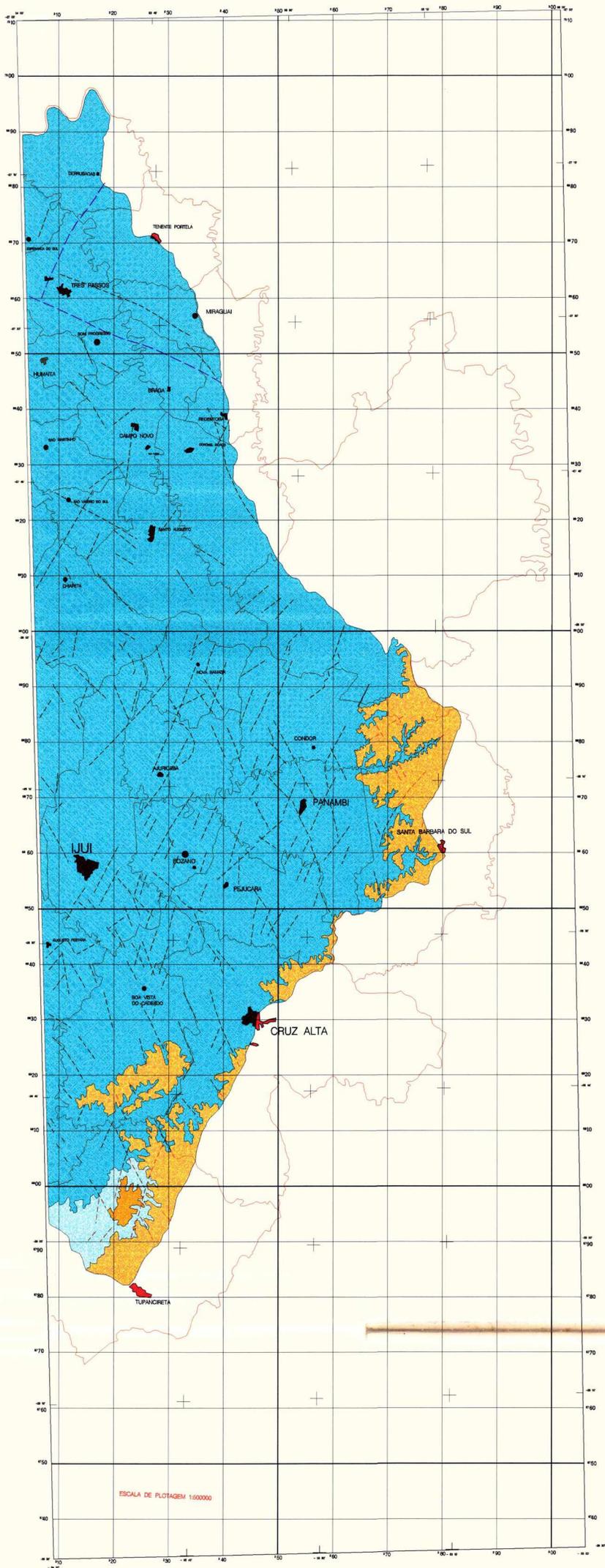
SANTA ROSA - SG.21-Z-D

SÃO BORJA - SH.21-X-A

SANTO ANGELO - SH.21-X-B

SANTIAGO - SH.21-X-D





**SINAIS CONVENCIONAIS**

A cor rosa representa áreas urbanizadas

**VIAS DE CIRCULAÇÃO**  
**ESTRADAS DE FERROVIARIA**

Paralelas  
 Municipais  
 Caminho  
 Perfil de estrada: federal, estadual

**ESTRADAS DE FERRO**  
 Via simples

**LIMITES**  
 Estadual  
 Área do estudo

**OUTROS ELEMENTOS PLANIMÉTRICOS**  
 Linha transmissora de energia, Cerca AT / BT  
 Igreja, Escola, Mina  
 Aeroporto, Campo de pouso

**ELEMENTOS ALTIMÉTRICOS**  
 Ponto trigonométrico, Ponto astronômico  
 Cota comparada  
 Cota não comparada  
 Cota não comparada (ponto identificado)

**DIVISÃO ADMINISTRATIVA**  
 Limite Municipal  
 Sede do Município  
 Limite CRD

**ELEMENTOS DE VEGETAÇÃO**  
 Floresta, mata e bosques. Ene tropical  
 Pastagem, cerrado, campo úmido  
 Anzol, terreno seco, úmido

**ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA**  
 Curso d'água intermitente  
 Lago ou lagoa intermitente  
 Terreno sujeito a inundação  
 Brejo ou pântano  
 Poço (águas), Nascente  
 Rápidos e cachoeiras grandes  
 Barragem

**UNIDADES ESTRATIGRAFICAS**

|      |         |
|------|---------|
| Qa   | Qa      |
| Tt   | Tt      |
| Jkag | Jkag am |
| Jkag | Jkag    |

ESCALA 1:250.000

ESCALA DE DECLIVIDADE

EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL: 100 METROS

NAS ÁREAS COBERTAS POR VEGETAÇÃO DENSA, AS CURVAS DE NÍVEL SÃO APROXIMADAS

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

DATUM VERTICAL: IMBUTUBA - SANTA CATARINA  
 DATUM HORIZONTAL: SAD 69 - MINAS GERAIS  
 ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM - EQUADOR E MERIDIANO DE GRÁUS W. GR.  
 ACRESCIDAS AS CONSTANTES: 10.000 KM E 500 KM, RESPECTIVAMENTE

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA EM 1997,72  
 E CONVERGÊNCIA MERIDIANA  
 NAS COORDENADAS - 53° 15' 00" LONG. E - 28° 30' 00" LATITUDE

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA  
 VARIACÃO ANUAL - 0 04' 12"

Usar exclusivamente os dados numéricos

**COMPILAÇÃO DAS FOLHAS**

**COMPILAÇÃO DAS CARTAS TOPOGRÁFICAS DA DSG - ESCALA 1 : 250000**

CHAPECO - SG.22-Y-C  
 CRUZ ALTA - SH.22-V-A  
 SANTA MARIA - SH.22-V-C

ÁREA COMPILADA E REPRESENTADA EM MEIO DIGITAL COM ESTRUTURA TOPOLOGICA  
 PRODUTO DE DIGITALIZAÇÃO MANUAL COM BASE EM CARTAS TOPOGRÁFICAS DA DSG E CARTAS TEMÁTICAS DO IBGE  
 PARTE INTEGRANTE DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
 MARIO SERGIO VOLZSKI - UFSC - CPGEC-CTM  
**SETEMBRO DE 1997**  
 ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS - FUSO 22