

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**MAPEAMENTO DE UNIDADES LITOMORFOLÓGICAS EM BACIAS  
HIDROGRÁFICAS COM PROCESSOS DE ARENIZAÇÃO, ALEGRETE - RS**

**PATRICIA MILANI DE PAULA**

**ORIENTADOR: PROF. DR. LUIS EDUARDO DE SOUZA ROBAINA**

**PORTO ALEGRE, JULHO DE 2006.**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**MAPEAMENTO DE UNIDADES LITOMORFOLÓGICAS EM BACIAS  
HIDROGRÁFICAS COM PROCESSOS DE ARENIZAÇÃO, ALEGRETE - RS**

**PATRICIA MILANI DE PAULA**

**Orientador: Prof. Dr. Luis Eduardo de Souza Robaina**

**Banca Examinadora: Prof. Dr. Nelson Lovatto Gasparetto**

**Prof. Dr. Roberto Verdum**

**Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nina Simone Moura Fujimoto**

**Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-graduação em Geografia  
como requisito para obtenção do Título de  
Mestre em Geografia.**

**Porto Alegre, Julho de 2006.**

## AGRADECIMENTOS

- À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFGRS), por me proporcionar usufruir sua estrutura, participar de seu quadro docente; por oferecer um Curso de Pós-Graduação de alto nível acadêmico, e acima de tudo, por proporcionar um ensino de qualidade numa Universidade pública.
  
- À CAPES pelo incentivo e, pelo imprescindível apoio financeiro que proporcionou a participação, e conclusão de um curso de Pós-Graduação de qualidade e público.
  
- Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFGRS, pelo apoio, incentivo, pelos excelentes quadros docente e técnico e, pelo ensino de qualidade.
  
- À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), por colaborar, me acolher, permitir que usufrísse toda a sua estrutura durante este período e, pelo apoio incondicional.
  
- À minha família, pelo carinho, incentivo, apoio e compreensão, imprescindíveis para a realização deste trabalho.
  
- Ao meu esposo Luciano Lima da Silva, pelo carinho, compreensão, apoio e pela imensa atenção e incentivo dedicado a mim, neste período de realização do trabalho e por aceitar os muitos momentos que faltei com minha atenção e presença.
  
- Ao professor orientador, Luis Eduardo de Souza Robaina, pela competente orientação, amizade, paciência, incentivo, espontaneidade e disponibilidade em transmitir informações, indispensáveis a este trabalho e ao meu desenvolvimento futuro.
  
- À amiga Silvana Fernandes Neto, que em muitos momentos durante a realização deste trabalho esteve presente, mostrando disponibilidade e paciência, além de apoio e incentivo.
  
- À colega Alessandra Luther pela acolhida e aos primos Denise e Roberto Medeiros por abrirem as portas de sua casa e me recebido com tanto carinho.
  
- Aos amigos do Laboratório de Geologia Ambiental (LAGEOLAM), que de alguma forma participaram desta minha caminhada, apoiando, incentivando e pelo simples fato de oferecerem carinho e amizade.

## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE FOTOGRAFIAS.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE TABELA .....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>X</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>12</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>15</b>
2.1 Geomorfologia e meio ambiente.....	15
2.2 Utilização de unidades de relevo para o estudo ambiental .....	16
2.3 A documentação cartográfica.....	18
2.4 Os processos erosivos e a geração das formas de relevo.....	20
2.5 Processos erosivos no Rio Grande do Sul.....	23
2.6 Trabalhos desenvolvidos na área .....	24
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>27</b>
<b>4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>31</b>
4.1 Geomorfologia e relevo .....	31
4.2 Geologia.....	31
4.3 Clima .....	32
4.4 Vegetação .....	33
4.5 Solos.....	35
4.6 Uso e ocupação do solo .....	36
<b>5. DISCUSSÃO DOS DADOS .....</b>	<b>38</b>
5.1 Rede de drenagem .....	38
5.2 Unidade de relevo .....	42
5.3 Litologia.....	43
<b>6. UNIDADES LITOMORFOLÓGICAS.....</b>	<b>48</b>
6.1 Compartimento de dissecação .....	49
6.1.1 Unidade de colinas .....	49
6.1.1.1 Colinas de arenitos .....	49
6.1.1.2 Colinas de basalto.....	51
6.1.1.3 Colinas de lâmito.....	51
6.1.2 Cerros .....	52
6.1.3 Morrotes .....	54

<b>6.1.4</b> Feições superficiais .....	<b>54</b>
<b>6.1.4.1</b> Linhas de blocos e matacões .....	<b>55</b>
<b>6.1.4.2</b> Areais e áreas com processos de arenização.....	<b>56</b>
<b>6.1.4.3</b> Ravinas e voçorocas .....	<b>58</b>
<b>6.2</b> Compartimento de acumulação .....	<b>59</b>
<b>6.2.1</b> Unidade de acumulação.....	<b>59</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>62</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>65</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Mapa de localização da área.....	14
FIGURA 2- Organograma metodológico.....	30
FIGURA 3- Mapa da rede de drenagem.....	39
FIGURA 4- Mapa de setorização da rede de drenagem.....	41
FIGURA 5- Mapa das unidades de relevo.....	43
FIGURA 6- Mapa da litologia.....	45
FIGURA 7- Mapa das feições superficiais.....	56
FIGURA 8- Mapa de unidades litomorfológicas.....	61

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFIA 01- Espécie vegetal, mais peculiar da região, o Butiazeiro-Anão (2003).....	34
FOTOGRAFIA 02- Bacia do Lajeado Grande, onde se observa uma ampla área com Butiazeiro-Anão (2003).....	35
FOTOGRAFIA 03- Florestamentos de eucaliptos e pinus, junto às áreas de arenização, utilizados como barreira de vento (2003).....	37
FOTOGRAFIA 04- Arenito fluvial, com grânulos de sílica e bolas de argila (2004).....	46
FOTOGRAFIA 05- Camadas de óxido de ferro que formam degraus na meia encosta (2002).....	47
FOTOGRAFIA 06- Unidade correspondente a colinas de arenitos, observa-se a vegetação esparsa e o entalhamento da drenagem (2002).....	50
FOTOGRAFIA 07- Cerro de arenito na bacia do Arroio Itapeví, constituído de arenitos coesos, devido à cimentação por óxido de ferro e algumas vezes por sílica (2004).....	53
FOTOGRAFIA 08- Cerro de arenito na bacia hidrográfica do Arroio Lajeado Grande, conhecido regionalmente por Cerro da Cascavel (2001).....	53
FOTOGRAFIA 09- Morrote com as vertentes bem vegetadas (2003).....	54
FOTOGRAFIA 10- Blocos de matacão na meia encosta, que formam degraus escarpados na parte superior das vertentes das colinas (2002).....	55
FOTOGRAFIA 11- Areal desenvolvido na bacia hidrográfica do Arroio Jacaquá, observa-se à vegetação rala e marcas de onda na superfície da areia devido à ação do vento.....	57
FOTOGRAFIA 12- Areal desenvolvido base de um cerro de arenito, na bacia hidrográfica do Arroio Lajeado Grande (2003).....	58

FOTOGRAFIA 13- Sulcos e ravinas desenvolvidos na meia encosta abaixo de área com afloramentos de arenito coeso, na bacia hidrográfica do Arroio São João (2001).....	59
FOTOGRAFIA 14- Planície de inundação junto ao Rio Ibicuí, observa-se a vegetação ciliar medianamente preservada e o desenvolvimento de meandros (2003).....	60
FOTOGRAFIA 15- Utilização da planície de inundação com o plantio de arroz, na bacia hidrográfica do Arroio Lajeado Grande (2003).....	60



**LISTA DE TABELA**

TABELA 1 - Classificação de tipos de relevo (IPT, 1981).....	29
--	----

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Instituto de Geociências  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil.

### **MAPEAMENTO DE UNIDADES LITOMORFOLÓGICAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS COM PROCESSOS DE ARENIZAÇÃO, ALEGRETE – RS**

AUTORA: PATRÍCIA MILANI DE PAULA  
ORIENTADOR: LUIS EDUARDO DE SOUZA ROBAINA  
Data e Local da Defesa: Porto Alegre, Julho de 2006.

O levantamento e a análise de áreas degradadas possibilitam a obtenção de importantes informações sobre o meio físico, quando se visa o gerenciamento, a organização e a recuperação dos espaços. Os estudos, envolvendo este trabalho, desenvolveram-se nas bacias do Arroio Lajeado Grande, Arroio São João, Arroio Sanga da Divisa, Arroio Jacaquá e Arroio Itapeví, totalizando uma área com aproximadamente 172.435ha, no município de Alegrete, na região Sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, onde são importantes os processos erosivos acelerados gerando areais e voçorocas. O objetivo desta pesquisa é contribuir para o conhecimento ambiental da região através de um mapeamento litomorfológico da área, definindo-se unidades homogêneas do terreno, ou seja, que tenham comportamento semelhante frente aos processos de dinâmica superficial, além de representar cartograficamente os diferentes aspectos do meio físico. A definição das unidades utilizou-se como base teórica às técnicas de identificação de *landforms* utilizadas na geotécnica e as técnicas de separação em unidades da geomorfologia. Os trabalhos definiram dois grandes compartimentos: de acumulação e dissecação. O compartimento de dissecação foi dividido em três unidades e cinco sub-unidades. A caracterização efetuada em cada unidade do terreno constituiu-se, no ponto de partida para a interpretação da dinâmica atual desses processos.

Palavras-Chave: Geomorfologia, mapeamento e Alegrete.

## **ABSTRACT**

Dissertation of Master's degree  
Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Instituto de Geociências  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil.

### **MAPPING OF UNITS LITOMORPHOLOGICS IN HIDROGRAFIC BASINS WITH OF “ARENIZAÇÃO” PROCESS, ALEGRETE - RS**

AUTHOR: PATRICIA MILANI DE PAULA

GUIDING: LUIS EDUARDO DE SOUZA ROBAINA

She dates and Place of the Defense: Porto Alegre, July of 2006.

The rising and the analysis of degraded areas make possible the obtaining of important information on the physical middle, when it is sought the administration, the organization and the recovery of the spaces. The studies, involving this work, they grew in the basins of the Lajeado Grande, São João, Sanga da Divisa, Jacaquá and Itapeví, totaling an area with approximately 172.435ha there is, in the municipal district of Alegrete, in the Southwest area of the state of Rio Grande do Sul, where they are important the accelerated erosive processes generating sand dunes and gully. The objective of this research is to contribute for the environmental knowledge of the area through a mapping litomorfológic of the area, being defined homogeneous units of the land, in other words, that you/they have behavior similar front to the processes of superficial dynamics, besides representing Cartographic the different aspects of the physical middle. The definition of the units was used as theoretical base to the techniques of landforms identification used in the geotechnical and the separation techniques in units of the geomorphology. The works defined two great compartments: of accumulation and dissection. The dissection compartment was divided in three units and the five sub-units. The characterization made in each unit of the land was constituted, in the starting point for the interpretation of the current dynamics in those ways, the effective processes.

Keywords: Geomorphology, mapping and Alegrete

# 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A humanidade, especialmente, a partir da Revolução Industrial vem se defrontando com toda uma série de problemas globais. Neste quadro, as preocupações com o ambiente em geral, adquirem especial importância, pois as demandas estão se tornando cada vez maiores, sob o impacto do crescimento acelerado da população impostos pelos padrões de consumo da sociedade moderna. Isso faz com que seja necessária a integração do homem com a natureza.

As sociedades têm conduzido suas manifestações de uso e ocupação do espaço natural com formas disparatadas de fixação. As formas inadequadas, utilizadas nos cultivos agrícolas e a ocupação por moradias em áreas de inundação e escorregamento, caracterizam e evidenciam a deterioração ambiental. Soma-se a isso, a derrubada das florestas que trazem conseqüências, como alterações climáticas, erosão, degradação do solo e desaparecimento da fauna.

Desde os primórdios das sociedades humanas os seres vivos têm interagido com tudo aquilo que os cercam: o meio físico-químico (a terra, a atmosfera e as águas), os outros seres vivos (animais e vegetais) e outros seres humanos (seus semelhantes) (MORAES, 1998).

Os homens utilizam o que a natureza oferece de forma indiscriminada, alterando o equilíbrio dos ecossistemas, onde todos os elementos estão interligados, seja de forma direta ou indireta. Quando uma dessas relações se rompe ou um dos elementos desaparece, determina, de um modo geral, alterações nas demais.

A sociedade de maneira geral pode influenciar, quer na reconstrução do solo e de sua fertilidade quer a degradação ambiental devido à utilização de práticas agrícolas, florestais e/ou não adequadas às condições edafo-ambientais. Como agente deteriorador do ambiente, causa vários danos ao solo e à cobertura vegetal natural e, como conseqüência, tem-se acelerado a degradação dos recursos naturais e da qualidade de vida.

Segundo Palmieri & Larach apud Guerra & Cunha (1998), estas alterações tem sido efetuadas em nível mundial, porém são mais proeminentes nas regiões onde ocorrem ocupações desordenadas das terras e/ou onde a necessidade de sobrevivência predomina sobre os fatores econômicos, sociais e ambientais. A degradação decorrente das modificações ambientais no processo de utilização dos recursos naturais são inúmeras e estão relacionadas com ocupação de áreas inadequadas, desmatamento indiscriminado, abertura de estradas, aplicação de agroquímicos e utilização de terras sem aptidão para atividades agrícolas e/ou o

uso de práticas de preparo e manejo de solos e água inadequados provocando erosões e assoreamentos dos rios.

Na medida em que os problemas ambientais se multiplicam, é que nos colocamos na obrigação de contribuir na busca de alternativas, que visam “harmonizar” a relação entre a sobrevivência, e a preservação da qualidade ambiental.

A degradação dos solos que afeta, tanto terras agrícolas, como as áreas com vegetação natural, pode ser considerado, um dos mais importantes problemas ambientais dos nossos dias. No Brasil grandes áreas do território, têm sido identificadas com solos bastante degradados. Um exemplo encontra-se no estado do Rio Grande do Sul, onde a região Sudoeste é uma das mais problemáticas com relação a estes processos.

A partir da década de 1970, a região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul começou a ser vista como área sujeita a processos de erosão e “desertificação”. Vários municípios vêm sofrendo com esta problemática, em especial o município de Alegrete que abrange as áreas que foram estudadas neste trabalho e que representam com muita clareza esta degradação ambiental decorrente, das fragilidades do meio e do uso do solo.

O levantamento e a análise de áreas degradadas possibilitam a obtenção de importantes informações sobre o meio físico, visando o gerenciamento, a organização e a recuperação dos espaços territoriais.

Em estudos relativos ao meio físico, podem ser consideradas como áreas degradadas, aquelas onde ocorrem problemas associados ao desenvolvimento de processos geodinâmicos.

O estudo das formas de relevo e sua origem, processos de desenvolvimento e material composicional, são pertinentes em todos os aspectos do gerenciamento ambiental, pois permite definir ações dependendo da unidade trabalhada.

Segundo Penteadó (1983), é através do inventário classificatório das formas do relevo, da análise dos parâmetros do meio físico e da interpretação dos processos morfogenéticos, que se estabelece às bases para planejamentos regionais.

As bacias hidrográficas pesquisadas estão geograficamente localizadas no município de Alegrete-RS: bacia do Arroio Lajeado Grande, Itapeví, Jacaquá, São João e Sanga da Divisa, totalizando uma área com aproximadamente 172.435ha, entre as coordenadas 29°36'36" à 29°59'43" S e 55°37'10" à 55°04'03" W (Figura 1), onde são significativas as ações dos processos de degradação provocados pela erosão dos solos rasos, induzidos ou não pelo intensivo e inadequado uso.

O objetivo desta pesquisa é contribuir para o conhecimento ambiental da região Sudoeste através de um mapeamento do meio físico.

Como objetivo específico pretende-se setorizar a rede de drenagem; confeccionar um mapa de formas de relevo; confeccionar um mapa litológico; confeccionar um mapa de feições do relevo; confeccionar um mapa de unidades litomorfológicas que represente as unidades homogêneas do terreno, ou seja, que tenham comportamento semelhante frente aos processos de dinâmica superficial.

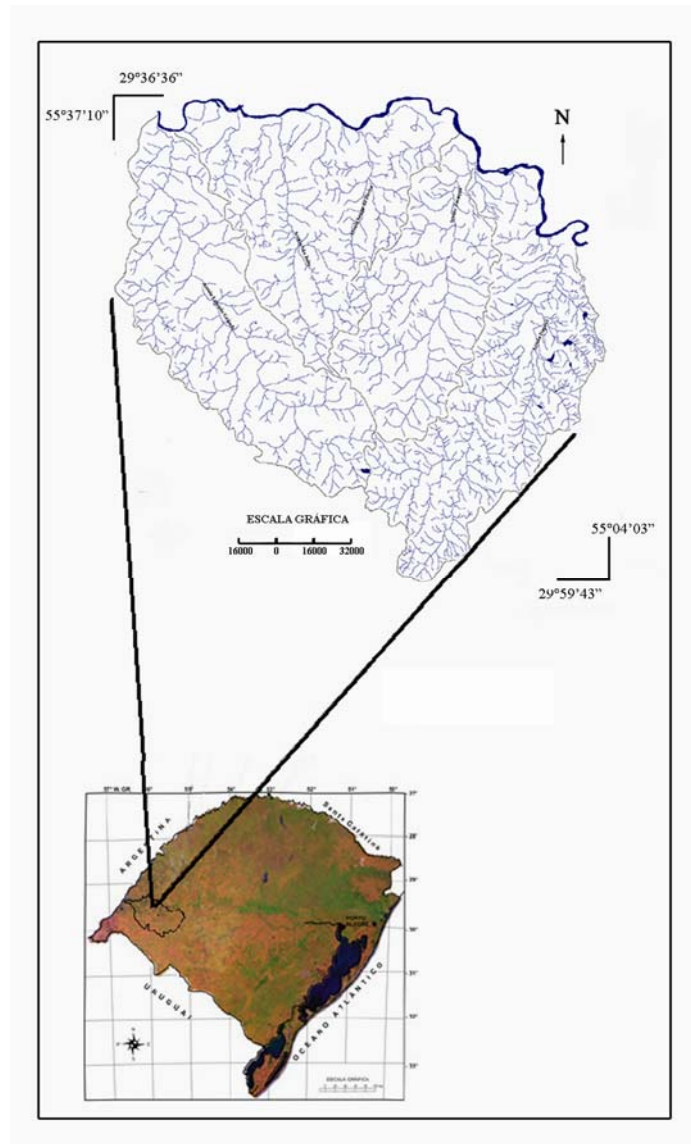


Figura 1: Mapa de localização

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Geomorfologia e meio ambiente**

Segundo Ross (1998), a geomorfologia, ao ser uma das áreas das Geociências e estar na interface litosfera-atmosfera-hidrosfera-biosfera, tem importante papel a desempenhar nos estudos ambientais.

As pesquisas geomorfológicas são, portanto, amplamente aplicáveis para diferentes tipos de atividades humanas, sendo o nível de aprofundamento dos estudos, decorrentes da dimensão da área, do objetivo, da atividade a ser implantada e da complexidade geomorfológica da área, o objeto de análise.

A partir da década de 1980, conforme Guerra & Cunha (1999), a geomorfologia tem se caracterizado por enfatizar os problemas ambientais, possuindo um caráter integrador, na medida em que proporciona compreender a evolução espaço-temporal dos processos do modelado terrestre, tendo em vista escalas de atuação desses processos, antes e depois da atuação humana em um determinado ambiente. Assim como, a compreensão dos processos de evolução do relevo e dos impactos causados pela ação antrópica, tem dado uma contribuição relevante no diagnóstico da degradação ambiental, bem como, tem apontado soluções para resolver esses problemas.

Muitas são as relações entre a geomorfologia, o meio ambiente e a sociedade, o que permite, de maneira integrada, melhor compreensão de como se processa a degradação ambiental. Em se tratando da discussão sobre geomorfologia e meio ambiente, cabe dizer da importância dos estudos geomorfológicos, em particular no que corresponde à compreensão dos processos morfodinâmicos que atuam como desencadeadores da arenização.

No que tange a geomorfologia, é conhecido o fato de que os processos geradores de formas do relevo não são homogêneos em toda a sua superfície. Diante disso, apresentam-se estreitamente relacionados os fatores temporais e espaciais no evidenciamento de fenômenos do relevo, assim como a necessidade do estabelecimento de uma sistematização de dados para uma representação integrada e não reducionista da natureza (Guerra & Cunha, 1999).

A categorização de tais evidências compõe o conjunto de dados sobre os quais se baseiam as descrições analíticas dos elementos do relevo, qual sejam as superfícies das formas e seus componentes básicos. As superfícies das formas dos relevos apresentam distinção na morfologia em função de fatores como o substrato rochoso, a estrutura geológica,

a cobertura pedológica e o clima, condicionando sua evolução e resultando em diferentes combinações de feições.

A abordagem geomorfológica nos estudos ambientais, conforme cita Ross (1998), tem especificamente a preocupação de dar direção a uma geomorfologia que tem suas bases conceituais nas ciências da Terra, mas fortes vínculos com as ciências humanas, na medida em que serve como suporte para o entendimento dos ambientes naturais, onde as sociedades humanas se estruturam, extraem os recursos para a sobrevivência e organizam o espaço físico-territorial.

Assim sendo, o primeiro fato que deve estar permanentemente em alerta aos estudiosos da geomorfologia é que as formas do relevo, de diferentes tamanhos, têm explicação genética e são inter-relacionadas e interdependentes às demais componentes da natureza e, portanto são dinâmicas.

O estudo da degradação ambiental, segundo Ross (1998), para ser entendido de forma integrada, deve levar em conta as relações existentes, entre a degradação ambiental e a sociedade causadora dessa degradação que, ao mesmo tempo, sofre os efeitos e procura resolver, recuperar e reconstruir as áreas degradadas. E para que seja possível a recuperação de áreas degradadas, é preciso saber fazer diagnósticos da degradação. Para tal, o estudo básico, desse problema, requer levantamentos sistemáticos, que são feitos, muitas vezes, através do monitoramento das várias formas de degradação.

## **2.2 Utilização de unidades de relevo para o estudo ambiental**

O uso da divisão do terreno em formas de relevo (*landforms*) para uma caracterização preliminar das condições do meio físico teve início na década de 40, conforme Lollo (1998), com vistas à avaliação de propostas de implantação de obras de engenharia.

Lollo (1998) descreve que os trabalhos pioneiros se concentravam no uso desta ferramenta exclusivamente para a avaliação de condições de implantação de obras lineares (estradas principalmente). Apenas a partir da década de 1970, estes trabalhos passaram a ser efetuados abrangendo maiores áreas e com uma preocupação de avaliação regional das condições do meio físico, visando o planejamento regional da ocupação do meio físico.

Nos últimos anos, a técnica tem sido usada em território nacional preferencialmente para a avaliação regional das condições do meio físico, havendo poucas tentativas de aplicação da mesma para levantamentos de área urbana e de expansão urbana. Porém a



técnica apresenta imenso potencial de aplicação, já que permite que se efetuem levantamentos preliminares ágeis e eficazes das condições do meio físico, pressuposto básico para aplicação de qualquer processo de avaliação.

O uso de formas de relevo para o estudo ambiental, primeiramente, se baseia no reconhecimento, interpretação e análise de feições do relevo (*landforms*) as quais, sendo reflexo dos processos naturais, atua sobre os materiais da superfície terrestre, devendo refletir as condições dos mesmos.

As unidades de relevo, na concepção de Goulart (2001), “são entendidas como unidade de relevo o conjunto de formas semelhantes, geneticamente homogêneas individualizadas em razão de suas características morfológicas e morfográficas”.

Conforme Zuquette (2004) a técnica baseia-se na possibilidade de dividir a área em parcelas, em função de sua uniformidade fisiográfica, partindo-se do pressuposto que estas feições do relevo (*lanforms*) são os reflexos do conjunto de processos de dinâmica externa atuantes no passado e no tempo atual, condicionando não só sua forma, mas também os materiais nela presentes.

Tem sido utilizada como uma ferramenta eficiente no mapeamento do meio físico, tendo como princípio, a elaboração de mapas de *Landforms*, a partir da delimitação das unidades morfológicas de forma hierárquica, considerando a evolução de uma área em termos do perfil de alteração, geologia, hidrologia, dentre outros.

A categorização de tais evidências compõe o conjunto de dados sobre os quais se baseiam as descrições analíticas dos elementos do relevo, qual sejam, as superfícies das formas e seus componentes básicos. As superfícies das formas dos relevos apresentam distinção na morfologia em função de fatores como o substrato rochoso, a estrutura geológica, a cobertura pedológica e o clima, condicionando sua evolução e resultando em diferentes combinações de feições (Rodrigues & Pejon, 1998).

A análise da paisagem consiste da delimitação de diferentes feições do relevo com base num conjunto de observações fotointerpretativas e de campo, promovendo o zoneamento da região estudada em termos de áreas consideradas semelhantes ou que apresentem um grau de heterogeneidade mínimo (RODRIGUES & PEJON, 1998:04).

Segundo Zuquette (2004), o ponto fundamental é definir unidades pertinentes que realmente representem um determinado comportamento e, não criar, a partir das básicas, unidades que não apresentem significado relacionado ao de interesse. O conceito de

homogeneidade é fundamental. Dependendo do grau de homogeneidade ou de heterogeneidade é possível estimar comportamento diante de diferentes interesses. É possível analisar homogeneidade e heterogeneidade para uma unidade em questão, para um grupo de atributos ou para um único atributo.

### **2.3 A documentação cartográfica**

O instrumento primordial da ciência Geográfica é o mapa. Esta representação da superfície da Terra é extremamente importante para a organização das sociedades. É utilizada das mais diversas formas. O mapa é a representação mais eficiente da superfície da Terra.

Segundo Zuquette (2004), o termo mapa refere-se a um documento cartográfico utilizado para os mais diversos fins (obras civis, planejamento urbano, territorial e ambiental, desenvolvimento, conservação e gestão do ambiente, avaliação de eventos perigosos, etc...), reúne informações pertinentes a um ou mais aspectos do meio (físico, biótico e antrópico), podendo ser considerado o registro de dados obtidos de um determinado aspecto do ambiente em questão, sem interpretação.

A observação, interpretação e análise das feições de relevo integradas a outras informações, como da geologia, da pedologia e do clima da área em estudo, permitem avaliar as condições do meio físico, constituindo-se num instrumento eficaz na caracterização ambiental.

Duarte (1988) comenta que a cartografia e a geografia são ciências que jamais se separam, pois, existe um grande relacionamento entre ambas, de maneira que o Geógrafo necessita conhecer os fundamentos da Cartografia, a fim de elaborar suas interpretações, buscar hipóteses e correlacionar dados e, no final a apresentação dos resultados.

A cartografia convencional está baseada na representação da superfície terrestre ou de fenômenos associados à superfície na forma de um mapa estático. Todas as informações são representadas por símbolos. O usuário ao olhar para um mapa precisa decodificar a mensagem e realizar as análises necessárias para o entendimento dos fenômenos. Com a inclusão da tecnologia computacional nas tarefas de produção e disseminação cartográfica surgiram algumas facilidades para a utilização dos mapas.

Também Cabral & Maciel Filho (1991) enfatiza que o uso da cartografia - dos mapas, do material proveniente dos registros indiretos, aerofotogramas e imagens de satélites – são elementos que possibilitam a obtenção, o registro e a análise das mais diversas variáveis. O uso da Cartografia permite a avaliação integrada nas mais variadas formas de abordagem nos

trabalhos de planejamento e investigação. Sendo que as imagens de satélite, são uma forma eficaz na interpretação do uso do solo, de feições superficiais não identificáveis nas Cartas Topográficas e um instrumento de grande valia para observar as diferenças de solo nas superfícies em estudo.

Sanchez (1993) considera a construção de mapas morfométricos como uma técnica relevante, utilizada por geomorfólogos, no planejamento ambiental. É um instrumento que permite a análise quantitativa do relevo, levando a identificação de áreas de fragilidade ambiental, áreas que devem ter cuidado em seu uso. Os desenvolvimentos dos levantamentos geomorfológicos levam a compilação de mapas geomorfológicos, que servem para compreender a relação entre o relevo, o solo e a rocha na distribuição espacial na área de estudo.

Conforme Penteadó-Orelhana (1985), a geomorfologia tem a oportunidade de planejar para preservar o meio, usar racionalmente os recursos naturais, sem romper o equilíbrio do ecossistema e corrigir falhas decorrentes da agressão sofrida pelo ambiente, através da ação antrópica em todos os seus aspectos, desde as modificações da paisagem até a poluição.

Dentro desta perspectiva Ross (2003), relata que o estudo geomorfológico serve como base para pesquisas, não apenas para a geografia como, também, em outras áreas do conhecimento. Portanto, os mapas são instrumentos imprescindíveis de análise para os resultados de um trabalho, pois, não apenas representam o espaço geográfico, como também instrumentos e meios de pesquisa.

Os trabalhos cartográficos que iniciaram a discussão sobre intervenções antrópicas são os mapas geotécnicos e, por isso, serve como base para trabalhos geoambientais. Envolve um grande volume de dados, com necessidade de cruzar níveis de informações variados, com atributos diferenciados, muitas vezes com critérios rígidos de precisão envolvidos (Zuquette 1993).

Fiori (2004) em relato sobre metodologias de cartografia geoambiental, destaca que esta, como o próprio nome indica, ocupa-se da elaboração de mapas ou cartas que tratem de problemas geoambientais e/ou geotécnicos, frequentemente ocasionados por um desequilíbrio do meio físico que, no nosso país, dizem respeito, principalmente a fenômenos de erosão, escorregamento, assoreamento, enchentes, inundações e circulação de água, associados ou não à ocupação antrópica.

Nesse sentido Zuquette (2004) destaca a importância dos mapeamentos geotécnicos, que podem ser descritos como processos que buscam avaliar e retratar as características dos componentes do meio físico, bem como comportamentos frente as diferentes formas de uso

do solo, processos naturais e induzidos. Assim, o mapeamento geotécnico caracteriza-se por ser um campo de interfaces das diversas áreas de conhecimento. A eficiência e a adequabilidade dos resultados obtidos a partir do mapeamento geotécnico dependerão da metodologia adotada.

Enfatiza o autor que o mapeamento geotécnico tem sido utilizado nos mais diferentes países como uma ferramenta que ajuda a definir e fiscalizar a ocupação territorial das regiões, de maneira tecnicamente adequada e respeitando as áreas de interesse ambiental, auxiliando no projeto, avaliação, monitoramento e gestão ambiental. E complementa que, os principais problemas para a produção de mapas incluem: selecionar, isolar, identificar e caracterizar os atributos (informações) necessários para a correta delimitação das unidades. Vale lembrar que o termo atributo pode referir-se uma propriedade ou a relações entre propriedades que, associadas a outras, permitem a previsão de comportamentos.

## **2.4 Os processos erosivos e a geração das formas de relevo**

“É praticamente impossível planejar, projetar, construir ou manter medidas de conservação e controle nas bacias hidrográficas sem envolver-se diretamente com aspectos relacionados à erosão” (Fendrich, 1998).

A degradação dos solos afeta tanto as terras agrícolas como as áreas de vegetação natural e pode ser considerado, dessa forma, um dos mais importantes problemas ambientais dos nossos dias.

Mafra (1999) descreve o solo como o recurso natural mais utilizado pelo homem, para atender às suas necessidades de produção de alimentos. Para obtenção de resultados satisfatórios, torna-se indispensável o seu uso racional nos empreendimentos agrícolas. É de suma importância conhecer as características do solo, que fornecerão subsídios para avaliar seu comportamento quando submetido a diferentes tipos de explorações.

Os resultados vindos da utilização dos solos estarão sempre relacionados às suas características com maior grau de limitação neles presentes. Desta forma, solos com altos níveis de fertilidade natural apresentarão restrições para uso agrícola, caso alguma outra característica sua ou do meio se mostre desfavorável (ROCHA, 1999:157)

Atualmente, os problemas da erosão dos solos no Brasil são uma combinação de um rápido desenvolvimento, solos frágeis e um regime climático de chuvas intensas durante todo o ano. O desafio é compreender os processos responsáveis pela erosão, reconhecendo que esses processos não são meramente físicos, mas também sócio-econômicos.

Os problemas advindos do uso do solo sejam eles urbano ou rural, tem despertado cada vez mais o interesse de estudiosos e pesquisadores do mundo inteiro. Pesquisadores de diversos ramos do conhecimento têm estudado a degradação ambiental. Alguns chamam a atenção para o fato de que a degradação ambiental é, por definição, um problema social (Blaike & Brookfield, apud Guerra & Cunha, 1999).

O aumento da população mundial e a crescente demanda por alimentos, segundo Silva (1999), têm levado cientistas a buscar soluções para um uso mais eficiente do solo, equacionando uma maior produção com menores perdas por erosão.

De um modo geral, as pesquisas sobre erosão do solo consideram como sendo fatores controladores dos processos erosivos: a erosividade da chuva, as propriedades dos solos (textura, densidade aparente, porosidade, matéria orgânica, teor e estabilidade de agregados e pH do solo), cobertura vegetal e características da encosta (Guerra & Cunha, 1999).

Através do entendimento de Fontes & Pejon (1998), permite-se destacar, nesses processos, os dois mais importantes eventos iniciais, envolvendo por um lado o impacto das gotas de chuva no solo, sobretudo quando desprotegido da vegetação, promovendo a desagregação e liberação das suas partículas e, por outro, o escoamento superficial das águas permitindo o transporte das partículas liberadas.

Dependendo da forma em que se dá o escoamento superficial ao longo da vertente, podem-se desenvolver dois tipos de erosão: erosão laminar ou em lençol, quando causada por escoamento difuso das águas de chuva, resultando na remoção progressiva e relativamente uniforme dos horizontes superficiais do solo, e erosão em sulcos, quando causada por concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em pequenas incisões na superfície do terreno, que podem evoluir por aprofundamento a ravinas.

Caso a erosão se desenvolva por influência, não somente das águas superficiais, mas também dos fluxos de água subsuperficiais, onde se inclui o lençol freático, configura-se o processo mais conhecido por voçoroca, com desenvolvimento de *piping*<sup>1</sup>, conforme Salomão (1999).

---

<sup>1</sup> *Piping*: Fenômeno que provoca a remoção de partículas do interior do solo formando canais que evoluem em sentido contrário ao do fluxo de água, podendo dar origem a colapsos do terreno, com desabamento que alargam a voçoroca ou criam novos ramos.

Guerra & Cunha (1999), Salomão (1999) e Marchiori (1995), em suas afirmações concordam que, a cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão. Protege contra o impacto direto das gotas da chuva, dispersa e quebra a energia das águas do escoamento superficial, aumenta a capacidade de retenção de águas.

O solo, por influenciar e sofrer a ação dos processos erosivos, conferindo maior ou menor resistência, constitui o principal fator natural relacionado à erosão. Sua influência deve-se às suas propriedades físicas, principalmente textura, estrutura, permeabilidade e densidade, e às suas propriedades químicas, biológicas e mineralógicas.

Os solos de textura arenosa são, normalmente, mais porosos, permitindo rápida infiltração das águas de chuva, dificultando o escoamento superficial. Entretanto, como possuem baixa proporção de partículas argilosas, que atuam como ligações entre as partículas maiores apresentam maior facilidade para remoção das partículas, que se verifica, mesmo em pequenas enxurradas.

Outro fator que deve ser discutido é o uso e ocupação do solo. Conforme Boardman (1999) apud Guerra et al (1999), “Os solos erodem não apenas porque chove forte, mas porque foram desmatados e cultivados de maneira incorreta”.

Para poder praticar a agricultura através de instrumentos, elimina-se a vegetação protetora do solo, e rasga-se a superfície terrestre, assim como, subordina-se a terra à mecanização periódica, fazendo uso de ferramentas de preparo de solo. Com isso, o processo erosivo obtém velocidade e intensidade. Por sua vez, a natureza com sua lentidão, continua decompondo a rocha e a transformando em solo, enquanto que mau uso, acelera o seu desgaste.

Para avaliar esse desequilíbrio, basta ter em conta que são necessários vários séculos para formar um centímetro de solo, e que, em um terreno em declive, mal protegido, bastam pouco tempo para arrastar uma camada dessa espessura (ROCHA, 1999:179).

## 2.5 Processos erosivos no Rio Grande do Sul

O Rio Grande do Sul não está imune aos processos erosivos existentes em todo o Brasil. Em significativas frações do território sul-rio-grandense manifesta-se o importante fenômeno da degradação ambiental.

A presença dos areais no sudoeste riograndense é anterior aos primórdios do processo de ocupação regional e decorre da fragilidade natural do sistema ecológico. Indicações nesse sentido podem ser encontradas nos relatos de famosos naturalistas que percorreram o Estado no século passado (Marchiori, 1995).

Segundo Suertegaray (1992), os registros históricos, especialmente de viajantes estrangeiros que percorreram a área ainda no século 19, em especial Ave-Lallemant que esteve no sul do país antes de 1858, e trabalhos de pesquisadores como Rambo em 1942, são importantes documentos que justificam a existência de areais antes da ocupação efetiva da região.

Ave-Lallemant (1980:322) quando em viagem em 1858, descreve a presença dos areais nas suas observações.

A lua pouco velada deitava um clarão turvo sobre a região. Subitamente, em torno de nós tudo parecia branco. Crer-se-ia viajar num campo de neve. Em volta, a areia pura, limpa, sem nenhuma vegetação, verdadeiro deserto africano, embora pouca extensão (...) (AVE-LALLEMANT, 1980:322)

Assim como Rambo (1942), que também faz referências aos areais dizendo: “Em alguns lugares mais altos e planos depara-se-nos um fenômeno único em todo o Rio Grande do Sul: areais de muitos hectares de superfície no meio do campo, (...)”.

Com estes relatos não restariam dúvidas sobre a origem natural dos areais, pois, as tribos indígenas, conforme Bellanca (2001) que habitavam a região sudoeste do Rio Grande do Sul tinham uma cultura muito primitiva e escassa população, não constituindo justificativa consistente para o aparecimento dos areais dos mesmos.

Mas apesar da origem natural, é válido lembrar que a arenização é intensificada pelo superpastoreio e pela adoção de práticas agrícolas incompatíveis com a fragilidade do ecossistema local. É a expansão da lavoura de soja nos anos 1970 e o uso indiscriminado da

mecanização, os fatores antrópicos, apresentados por Souto (1985) os responsáveis pelo agravamento da arenização no sudoeste do Rio Grande do Sul.

Mas são justamente os relatos apresentados por Suertegaray (1992), através de dados históricos, que explicam a formação dos areais como decorrentes de processos naturais; e a certeza de Souto (1985) de que a origem dos areais esta associada ao uso do solo pelo pastoreio e, mais recentemente, pela introdução do cultivo da soja e do arroz, que geram uma controvérsia a respeito da gênese dos areais.

Controvérsia esta, muito discutida por pesquisadores que trabalham na região - admiti-se a presença dos areais desde os antigos tempos, assim como, sabe-se da gravidade gerada pela ação antrópica aos processos erosivos.

Atualmente, Robaina et al (2005), consideram que as mudanças climáticas no quaternário têm influência nos processos de formação de areais.

## **2.6 Trabalhos desenvolvidos na área**

A região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul é tema de inúmeros trabalhos que tem como objetivo estudar, mapear, ou simplesmente descrever alguns aspectos da paisagem. E por ser um Estado, cuja produção econômica baseia-se na agropecuária, vê-se a importância dos estudos quanto à degradação e erosão dos solos, mais especificamente, nos municípios de Alegrete, Manoel Viana, São Francisco de Assis, sobre as questões erosivas.

Cita-se os resultados de Souto (1985), Suertegaray que desde 1987 possui trabalhos significativos na região, Veiga et al (1987), Marchiori (1995), Ab'Saber (1995), Medeiros et al (1995), Klamt & Schneider (1995), Verdum (1997), que têm discutido o conjunto de áreas sujeitas à ação de processos erosivos, como campos de areia, voçorocas, degradação do solo, entre outros.

Suertegaray, no livro *“Deserto Grande do Sul- Controvérsias”*, de 1992, com sua segunda edição em 1998, trás como temática central em sua discussão, a origem, expansão e recuperação dos areais do sudoeste do Estado. Segundo esta autora, este tema, tornou-se preocupação ecológica e veio à tona no momento em que emergiram na sociedade gaúcha os movimentos de defesa do meio ambiente. A veiculação deste problema, via imprensa, ampliou a discussão em toda a sociedade riograndense.



Segundo Marchiori (1995:89), “o controle da expansão dos areais e sua “revegetação”, temas de grande importância, tem suscitado diversos experimentos e alimentado opiniões divergentes, por vezes contraditórias.”

Ab’Saber (1995), no seu artigo *A Revanche dos Ventos/Derruição de solos areníticos e formação de areais na Campanha Gaúcha*, descreve algumas características a respeito da vegetação, do clima, traz um histórico sobre os estudos referentes às áreas degradadas, também descreve a formação dos areais, a importância do vento na formação destes, fala sobre solos e termina o artigo fazendo um chamamento sobre ações bloqueadoras para o controle dos processos degradacionais.

A formação e distribuição dos solos arenosos suscetíveis a erosão eólica e hídrica na região da Campanha Riograndense esta relacionada a alteração de arenitos por processos geomórficos e pedogenéticos. O conhecimento minucioso deste conjunto de fenômenos constitui tarefa essencial em toda a sua magnitude, bem como para recomendação de práticas que levem ao seu controle (KLAMT S & SCHNEIDER, 1995:71).

As questões que dizem respeito à geologia da região também foram estudadas, por autores como:

Maciel Filho et al, que em 1971, desenvolveram um mapeamento geológico do Município de São Francisco de Assis – RS e Müller Filho et al, que em 1989, escreveram sobre o Mesozóico no oeste do estado do Rio Grande do Sul (São Francisco de Assis e Alegrete).

Para zonas marcadas por grande susceptibilidade ecológica, novos critérios de ocupação de desenvolvimento se fazem necessários; nesse sentido, os conhecimentos oriundos das observações geológicas são imprescindíveis (MEDEIROS et al, 1995:53).

Utilizando-se de técnicas mais modernas como a cartografia digital, Suertegaray et al (2001), elaboram um Atlas sobre a Arenização no Sudoeste do Rio Grande do Sul, onde apresentam um resumo do que vem sendo estudado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS na região, através de diversos mapeamentos, fornecendo dados importantes sobre as áreas mais afetadas pela degradação, assim como os instrumentos e as técnicas que vem sendo utilizadas para atenuar os processos erosivos.

Bellanca (2001) em sua dissertação de mestrado também procurou contribuir para a explicação quanto a gênese dos areais na região Sudoeste. Para isto, buscou subsídios em outras áreas correlatas da ciência, além da geografia, como a geomorfologia, a pedologia, a geologia, e a arqueologia. Norteia este trabalho, os fatos históricos e pré-históricos que comprovam a existência de páleo-indígenas coabitando com estes areais há, pelo menos, 3.500 A. P.

O Laboratório de Geologia Ambiental – LAGEOLAM – da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, também vem desenvolvendo inúmeros trabalhos na região, como o de Paula e Robaina em 2001, que consta de um mapeamento de unidades geológicas-geomorfológicas, onde se podem constatar as diferentes unidades ambientais e a ação dos processos erosivos, com a multiplicação de campos de areia e voçorocas na bacia do Lajeado Grande. Nesta mesma linha de pesquisa na bacia do Arroio Itapeví em 2002, e em 2003 e 2004 outros trabalhos vinculados à pesquisa de mestrado da autora. Além de outros trabalhos como os de Kulman et al (2003), Correa (2003), Cardoso (2002), Sangoi et al (2003), Trentin et al (2004), Robaina et al (2005).

Assim como os processos de arenização, os processos erosivos relacionados a voçorocas, segundo Guerra (1998) também tendem a se acelerar, à medida que mais terras são desmatadas para os mais diversos fins. Fernandes Neto, Robaina e Paula em 2002 constataram esta realidade, nos trabalhos realizados no município de Cacequi no RS, assim como em outros trabalhos desenvolvidos.

## METODOLOGIA

A unidade de estudo e gestão, é a bacia hidrográfica por ser um limite natural e por estar fundamentado no tratamento da propriedade como um todo e na relação das propriedades entre si.

A utilização de bacia hidrográfica como unidade de referência para o desenvolvimento de atividades vinculadas a planejamento e gestão ambiental, constitui-se numa das iniciativas tomadas na busca do gerenciamento harmônico do ambiente. Há registros de que a administração dos recursos hídricos deve se processar no nível de bacia hidrográfica, sem jamais se atrelar às fronteiras político-administrativas, até mesmo porque estas se constituem em sistemas complexos, com entrada e saída de elementos, conforme a Declaração de Princípios de Estocolmo, de 1972. Por isso, foram eleitas como unidades ideais para efetivação de estudos, diagnósticos, análises e levantamentos ambientais, permitindo uma compreensão ampla da dinâmica do espaço geográfico analisado.

Nesta ótica, é possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respostas da natureza como erosão dos solos, desmatamentos, núcleos de arenização, poluição, inundações, cujos processos devem ser acompanhados por monitoramentos que levem à compreensão de uma natureza integrada e, que possam contribuir, de alguma forma, para o desenvolvimento e a conseqüente possibilidade de melhoria de qualidades de vida.

A escolha das bacias hidrográficas deve-se ao fato de apresentarem sérios problemas ambientais e processos erosivos significativos. As bacias hidrográficas estudadas são: bacia do Arroio Lajeado Grande, do Arroio Itapeví, do Arroio Jacaquá, do Arroio São João e Sanga da Divisa.

Através da definição de unidades homogêneas do terreno, ou seja, que tenham comportamento semelhante frente aos processos de dinâmica superficial, buscou-se alcançar o produto final deste trabalho, o mapeamento de unidades litomorfológicas, a fim de se estabelecer um diagnóstico do meio físico. As unidades do terreno foram identificadas pelos mesmos parâmetros utilizados para diagnosticar os problemas de deterioração e ou conservação nas bacias hidrográficas.

O uso de formas de relevo para o estudo ambiental, primeiramente, baseou-se no reconhecimento, interpretação e análise de feições do relevo (*landforms*) as quais, sendo reflexo dos processos naturais, atuam sobre os materiais da superfície terrestre, devendo refletir as condições dos mesmos.

As unidades de relevo, na concepção de Goulart (1998), “são o conjunto de formas semelhantes, geneticamente homogêneas individualizadas em razão de suas características morfológicas e morfográficas”.

A técnica utilizada neste trabalho baseou-se na possibilidade de dividir a área em parcelas, em função de sua uniformidade fisiográfica, litológicas. Partiu-se do pressuposto que estas unidades são o reflexo do conjunto de processos de dinâmica externa atuantes no passado e no tempo atual, condicionando não só sua forma, mas também os materiais nela presentes.

Estipulou-se um roteiro metodológico desenvolvido em etapas distintas:

- 1- levantamento de dados bibliográficos e trabalhos de campo;
- 2- trabalhos de laboratório;
- 3- interpretação dos dados e preparação de publicações.

Os levantamentos de dados bibliográficos ocorreram junto às bibliotecas das universidades e, também, a órgãos públicos e privados que tenham trabalhos sobre o tema.

Os trabalhos de campo foram efetuados através de perfis de campo. Os trabalhos utilizaram os seguintes procedimentos:

- Descrição de afloramentos;
- Coleta de amostras petrográficas e sedimentológicas;
- Perfis de campo com descrição.

No laboratório ocorreram os trabalhos de integração dos dados e análises laboratoriais como: análise de cartas topográficas com a construção de mapas hipsométricos, e morfométricos.

A última etapa representou a preparação dos dados obtidos para apresentações, publicações e propostas para a comunidade de recuperação/conservação e manejo, além do mapeamento litomorfológico, objetivo desta pesquisa.

A metodologia utilizada para a definição das unidades litomorfológicas da área em estudo, apresenta-se representada na Figura 02, através de um organograma que demonstra a seqüência de procedimentos e etapas desenvolvidas para a elaboração do mapa litomorfológico.

Num primeiro momento, as bacias foram estudadas no seu conjunto, tendo como elemento base, a hidrografia. Este estudo do meio físico foi realizado através do levantamento de dados morfométricos, buscando identificar e diferenciar as principais características da rede de drenagem e permitindo determinar diferentes setores da rede hidrográfica com características semelhantes. Os parâmetros baseados nos dados morfométricos, extraídos das

redes hidrográficas, identificaram: o padrão de drenagem, a hierarquia fluvial, a densidade das drenagens e as características dos canais (a largura, o número de canais). Esta fase do trabalho utilizou como base à interpretação de cartas topográficas da DSG, com escala de 1:50.000, imagens Landsat 5, com escala de 1:50.000 (1997) e 1:100.000 (1998).

A análise do relevo utilizou-se de parâmetros como altitude, amplitude, comprimento de rampa e declividade das vertentes. A partir disso, foram definidos baseado no estudo do IPT<sup>2</sup> (1981) (Tabela 01), a classificação do relevo da área. Nesta fase utilizou-se como base, à interpretação de cartas topográficas da DSG, com escala de 1:50.000, além das informações extraídas nos trabalhos de campo.

Tabela 01 - Classificação de Tipos de relevo, segundo o IPT (1981).

<b>Amplitude Local</b>	<b>Gradiente Predominante</b>	<b>Formas de Relevo</b>
	<5%	Rampa
<100m	<5% a 15%	Colina
	>15%	Morrote
100m a 300m	5% a 15%	Morro com encosta suave
	>15%	Morro

Fonte: FENDRICH (1998)

A litologia e as suas principais estruturas, também foram levadas em consideração. Definiu-se nesta etapa, os tipos de rochas existentes, os solos que derivam destas rochas, e os principais alinhamentos tectônicos identificados através do uso de imagem de satélite Landsat 5, com escala de 1:50.000 (1997) e 1:100.000 (1998). Para identificação das litologias/solos foram desenvolvidos perfis de campo com coleta de amostras.

Os trabalhos de interpretação de imagem e compilação das informações já existentes ocorreram nesta etapa, além da digitalização dos dados e a confecção de mapas e se necessário tabelas. Para a confecção dos mapas utilizou-se o SIG SPRING 4.0 (INPE<sup>3</sup>) e para edição o software Corel DRAW 10, desenvolvido pela Corel Inc.

<sup>2</sup> Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

A seguir desenvolveu-se o mapeamento de feições superficiais, que teve como principal objetivo localizar e identificar afloramentos rochosos e processos erosivos como areais, áreas com processo de arenização e voçorocas. Nesta fase do trabalho utilizou-se como base à interpretação de imagens Landsat 5, com escala de 1:50.000 (1997) e 1:100.000 (1998), além do uso das informações extraídas nos trabalhos de campo.

A compilação de todos os dados obtidos e mapeamentos desenvolvidos permitiram definir unidades homogêneas que foram cartografadas em um mapa litomorfológico.

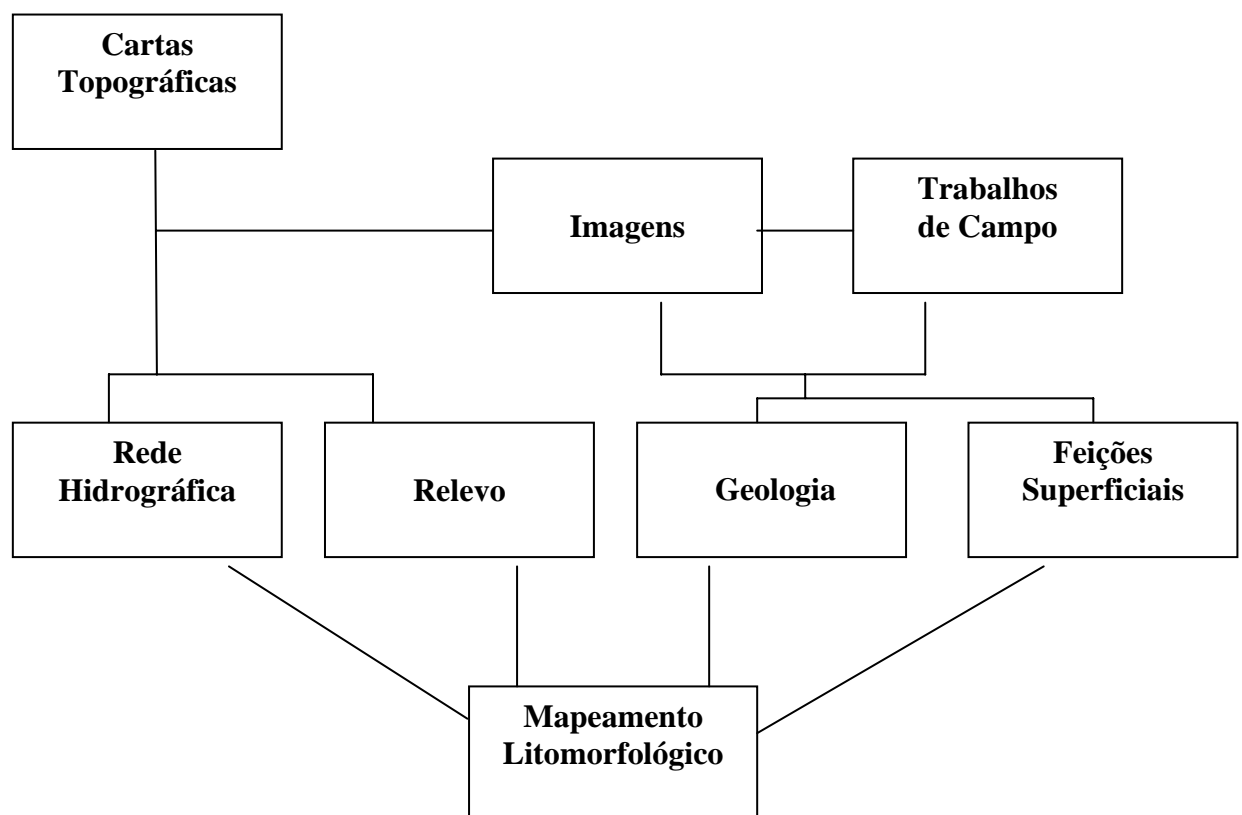


Figura 2: Organograma metodológico

## 4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 Geomorfologia e relevo

A área de estudo, com aproximadamente 172.435ha é formada pelas bacias do Arroio Lajeado Grande, Arroio Itapeví, Arroio São João, Sanga da Divisa e Arroio Jacaquá.

No contexto geomorfológico do Rio Grande do Sul, conforme Müller Filho (1970), a área de estudo encontra-se entre o Planalto e a Depressão Periférica, além de estar inserida na unidade geomorfológica denominada “*Cuesta de Haedo*”, mais precisamente no seu *front*. Isso pode estar associado a um soerguimento tectônico no início do Cenozóico, observado através da análise de cartas topográficas e imagens de satélite. A definição desta unidade particularmente no conjunto geomorfológico do Rio Grande de Sul, baseia-se fundamentalmente nas diferenças altimétricas, estruturais e de drenagem.

Quanto à análise do relevo, trata-se de uma área com baixa energia em que se destacam as formas mamelonares conhecidas, regionalmente, por coxilhas e, por alguns cerros testemunhos de forma tabular. Segundo Ab’Saber (1970), as coxilhas são “expressão de grande significação morfoclimática, pois, traduz os efeitos mamelonares dos processos subtropicais úmidos que, por último, agiram na fisionomia do relevo regional”.

As amplitudes não ultrapassam 100 metros, e as declividades mais importantes, ou mais freqüentes, estão entre o intervalo de 4% a 8%.

Conforme os dados de amplitude e do gradiente das vertentes, o relevo geral das bacias pode ser classificado segundo o IPT (1981), como relevo de colinas.

### 4.2 Geologia

A área em estudo integra-se a uma província arenítico-basáltica, segundo o mapa geológico do Estado (Carraro, 1974). As rochas encontradas na área são principalmente vulcânicas e sedimentares.

As rochas vulcânicas, denominadas de basalto, pertencem à Formação Serra Geral, constituída por derrames vulcânicos que ocorreram no sul do Brasil.

As seqüências sedimentares foram mapeadas por Carraro et al (1974), depois Santos et al (1986), como pertencentes à Formação Botucatu. Montardo & Benaduce (1984) apud Medeiros (1989), consideraram a sedimentação associada aos areais como pertencentes à

Formação Caturrita. Por outro lado Medeiros et al (1989), associa essas seqüências a sedimentos depositados no Cenozóico.

Trabalhos mais recentes (Scherer et al, 2002) e as observações, obtidas neste trabalho, permitem determinar, além dos arenitos eólicos da Formação Botucatu e rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, a ocorrência de arenitos/siltitos da Formação Sanga do Cabral ou base do Guará e arenitos fluviais da Formação Guará.

### **4.3 Clima**

Conforme Nimer (1977) e Ab' Saber (1970), o sudoeste do Rio Grande do Sul, localiza-se sob zona subtropical, com seu clima caracterizado pela presença de invernos frios, verões quentes e inexistência de estação seca. As precipitações anuais indicam que a região, onde ocorrem os areais, possui condições de umidade que ultrapassam, em muito, os valores anuais de climas áridos. Apresenta médias superiores a 1.400mm, enquanto uma zona árida é definida por precipitações menores que 200mm anuais. A umidade bem distribuída ao longo do ano, associada a temperaturas médias, (14,3°/inverno até 26,3°/verão), não justificam a denominação de áreas de desertificação para as áreas com presença de areia exposta, que ocorrem na região.

É válido, salientar, conforme Berlato e Fontana (2003), que o estado do Rio Grande do Sul, sofre alterações nas condições meteorológicas, especialmente as condições hídricas e térmicas, influenciados por dois fenômenos meteorológicos: La Niña e El Niño. Pode-se esperar em decorrência disto, que a cobertura vegetal do Estado também sofra alterações.

Os efeitos associados ao El Niño são precipitações pluviais abundantes, principalmente na primavera do ano de início do fenômeno e precipitações acima do normal no final do outono e início de inverno do ano seguinte. As frentes frias que vêm do sul, podem ficar semi-estacionárias na região por vários dias provocando precipitação pluvial.

Os efeitos associados à La Niña são passagens rápidas de frentes frias nessa região com tendência de diminuição da precipitação pluvial, especialmente, na primavera e início de verão. Tendência de temperaturas abaixo da média mínima na primavera do RS.



#### 4.4 Vegetação

Marchiori (1995) destaca que, embora substancialmente alterada, na atualidade, as paisagens do Rio Grande do Sul, ainda permitem reconhecer com bastante precisão o seu estado original, tal como foi encontrado pelos primeiros europeus. A característica mais notável da região é a grande predominância de formações campestres.

As matas nativas recobrem, em geral, as vertentes dos morros testemunhos, bem como as faixas que acompanham as margens dos arroios e com maior densidade a longo do curso do Rio Ibicuí.

As matas ciliares encontram-se moderadamente preservadas em especial a longo do curso do Rio Ibicuí, onde a vegetação é mais abundante. Já nas demais drenagens estas matas encontram-se representadas, por uma vegetação arbórea secundária, de menor porte.

A família das gramíneas é geralmente dominante na estrutura horizontal destes campos, proporcionam ao solo uma cobertura de baixa a média, com os campos se assemelhando, fisionomicamente, as estepes. Entremeadas na cobertura de gramíneas e com maior ou menor intensidade, encontram-se numerosas espécies de ervas e pequenos arbustos (Marchiori, 1995).

Conforme Suertegaray (1995) a região pode ser caracterizada como uma área de paisagem extremamente frágil, derivada de um paleoambiente semi-árido ou semi-úmido estepário que, mais recentemente, sofreu umidificação o que permitiu o surgimento, nas áreas mais úmidas, uma vegetação arbórea: a mata de galeria ou a mata de encosta. Porém, este mesmo clima foi insuficiente para mascarar e/ou eliminar os vestígios de uma paisagem pré-moderna.

Segundo Ab'Saber (1970), é neste domínio paisagístico caracterizado pelas elevadas umidades, por coxilhas extensivas, matas subtropicais, fracas decomposição das rochas e pequenas mamelonizações ou formas pseudomamelonares devido, sobretudo a colúviação, que se encontram localizadas as manchas de areia (ou areais) do Rio Grande do Sul.

Segundo Medeiros et al (1995), a influência da cobertura vegetal no desenvolvimento de processos erosivos é bastante conhecida, manifestando-se nas taxas de escoamento superficial e erosão mais do que em qualquer outro fator físico individual.

Os campos da área suscetível ao processo de arenização, por sua vez, apresentam aspectos distintos do restante da campanha, constituindo uma savana-estépica gramíneo-lenhosa, de acordo com a classificação fitogeográfica mais atualizada (Marchiori, 2004).

Uma das plantas que chama atenção nas coxilhas arenosas da savana-estépica de Alegrete é o Butiazeiro-anão (Foto 01-02), cientificamente “*Butiá Paraguayensis*”. Conforme Marchiori (2004), apresenta uma distribuição descontínua, ocorrendo em manchas de vários hectares, sempre em estreita dependência das características do solo. Trata-se de uma das espécies mais peculiares da vegetação regional por ser o único caso de palmeira anã na flora sul-riogradense.

Segundo Marchiori (2004:70), a mais antiga referência sobre o butiá-anão no Rio Grande do Sul, deve-se as observações em 1858 de Ave-Lallemant.

Quando, de manhã, saí de Tapevi, a minha atenção foi despertada por uma planta grosseira e um cinzento brilhante que, em moitas herbáceas, cobria encostas inteiras, em milhares de exemplares. Apeei-me e encontrei inumeráveis palmeirinhas truncadas ou fronte de palmeiras que tinham todos os atributos da palmeira, menos o estipe, pois as folhas, de um a dois pés de comprimento, pinatífidas como na maioria das palmeiras, saem diretamente do chão (AVE-LALLEMANT, 1880)



**Foto 01:** Espécie vegetal mais peculiar da região, o Butiazeiro-Anão (2003)



**Foto 02:** Ampla área com Butiazeiro-Anão, na bacia do Lajeado Grande (2003)

#### 4.5 Solos

Os solos encontrados na região foram identificados através do mapa de solos do Rio Grande do Sul realizado por Brasil (1971) e modificado por Streck et al (2002). Podem-se destacar as seguintes classes: Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa (LE) e textura média (Lem), Argissolo Vermelho-Escuro textura argilosa (PE) e média/grossa (PEm), Cambissolos (C), Planossolos e Gleissolos, Neossolos Quartzarênicos (NQ) e, terrenos tipo Areais (A) e Afloramento de Rochas (Af).

Segundo Klamt e Schneider (1995), os Latossolos encontrados na área de estudo, são profundos, bem drenados, friáveis, ácidos, com teores baixos a médios de matéria orgânica. Duas unidades de Latossolo Vermelho-Escuro ocorrem na região: uma de textura argilosa (LE), formada a partir da alteração do basalto da Formação Serra Geral e a outra de textura média (Lem), originada do arenito Botucatu.

Os Neossolos Quartzarênicos (NQ), são solos desenvolvidos da alteração de arenitos, profundos excessivamente drenados, de textura arenosa a franca em todo o perfil e com baixa consistência. Apresentam baixos teores de matéria orgânica e pequena capacidade de retenção

de umidade. A vegetação desenvolve-se precariamente, tornando-se suscetíveis à erosão hídrica e eólica.

Para Streck (2002), os Latossolos têm pouco incremento de argila com a profundidade e apresentam transição difusa ou gradual entre os horizontes, por isso, mostram um perfil muito homogêneo, dificultando a diferenciação dos horizontes. Predominam neste tipo de solo a caulinita e os óxidos de ferro, conferindo uma acentuada acidez.

Os argissolos ocorrem associados ao substrato arenítico e vulcânico, diferencia-se dos latossolos por apresentarem gradiente textural, ou seja, incremento no teor de argila em profundidade, sendo similares nas demais características. São solos frágeis muito suscetíveis aos processos erosivos.

Quanto aos Neossolos, Streck (2002), ressalta que são rasos ou profundos; de formação muito recente; encontrados nas mais diversas condições de relevo e drenagem. E nas áreas de pastagem deve ser evitado o pastoreio excessivo, bem como o pisoteio, pois, ambos afetam a cobertura vegetal, favorecendo o processo erosivo.

Associação Cambissolos (C) - Solos Litólicos, são oriundos de basalto, ocorrem em áreas mais dissecadas, podendo apresentar pedregosidade e rochosidade, além de serem pouco profundos. Planossolos e Gleis apresentam gradiente textural abrupto entre os horizontes superficiais e subsuperficiais, profundidade média e drenagem imperfeita (Klamt e Schneider, 1995).

Conforme Streck (2002), os Gleissolos são pouco profundos, muito mal drenados, de cor acinzentada ou preta. São solos aptos para o cultivo de arroz irrigado e, quando drenados, aptos a culturas anuais como o milho, soja e pastagens.

Também ocorrem além destas classes de solos, outros tipos de formações, que são os Afloramentos Rochosos (Af), que surgem geralmente na meia encosta de colinas, sendo formada principalmente de rochas vulcânicas ou arenitos silicificado. Ocorrem ainda os Areais (A), constituídas de áreas degradadas, sujeitas à erosão eólica e hídrica, geralmente ocorrem em forma de núcleos.

#### **4.6 Uso e ocupação do solo**

Nesta região tem-se como atividade principal, a agricultura e a pecuária extensiva.

A produção baseada na agricultura é responsável pela produção de milho, mandioca, batata, hortaliças, melancia, pastagens e principalmente, o plantio de arroz irrigado, próximo



às drenagens, numa área de plantio, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2006) de aproximadamente 45.000ha.

Conforme informação da Prefeitura Municipal de Alegrete (2006), 90% da lavoura é cultivada no sistema tradicional e cerca de 10%, no sistema de plantio direto.

Além do cultivo de soja, introduzido na região, em parte, via arrendamento da terra, ao final da década de 60, realizado em médias e grandes propriedades da região.

Segundo o IBGE (2006), a pecuária é representada pela criação de bovinos (gado de cria e corte), ovinos e eqüinos. O rebanho de bovino chega a acumular, aproximadamente, 540.000 cabeças.

Uma prática comum na área são os florestamentos de eucaliptos e pinus (Foto 03), especialmente junto às áreas de arenização. Em decorrência de transferência de indústrias de celulose para a região, através de forte investimento internacional, se perceberá a maciça implantação destas espécies.

Embora a ação erosiva faça parte da dinâmica natural dessa paisagem, a adoção de práticas agrícolas incompatíveis com a fragilidade do ecossistema local, como a total mecanização da lavoura e o superpastoreio do gado são responsáveis, assim como a falta de técnicas de manutenção e conservação do solo, pela intensificação do processo de arenização.



**Foto 03:** Florestamentos de eucaliptos e pinus, junto às áreas de arenização, utilizados como barreira de vento (2003)

## 5. DISCUSSÃO DOS DADOS

Neste capítulo apresentam-se os dados obtidos nos trabalhos de mapeamentos desenvolvidos ao longo da pesquisa. Foram enfocados dados que apresentam os aspectos físicos da área: rede de drenagem, unidades de relevo e litologia.

### 5.1 Rede de drenagem

O estudo da bacia hidrográfica nos permite ter uma visão integrada dos processos que definem a paisagem e é, reconhecida com a melhor unidade para o manejo dos recursos naturais. Um instrumento que vem sendo utilizado nas pesquisas, a fim de compreender a dinâmica e as formas topográficas resultantes da ação de diversos fatores nas bacias hidrográficas, é o levantamento de índices e parâmetros morfométricos, que foram utilizados na análise da área e como importantes instrumentos metodológicos.

Os estudos referentes à drenagem (Figura 3) destacam-se, vista a sua importância na análise dos agentes físicos naturais que atuam nas bacias hidrográficas, elucidando numerosas questões geomorfológicas, uma vez que, os cursos d'água são responsáveis pela esculturação da paisagem, ou sendo reflexo do clima ou da litologia local, servindo de parâmetro para um diagnóstico do meio físico. Foram realizados inúmeros trabalhos que propiciaram caracterizar, compreender e diagnosticar a área.

A bacia do Lajeado Grande possui uma área de aproximadamente 49.000ha e drenagem principal de 62Km de extensão. O curso principal apresenta uma orientação no alto curso de NW-SE, que é a orientação dominante dos principais rios da região.

A bacia do Arroio Jacaquá possui uma área de aproximadamente 33.460ha e drenagem principal com 27Km de extensão. O curso principal apresenta uma orientação NE.

A bacia do Arroio Itapeví possui uma área de aproximadamente 44.200ha e o comprimento da drenagem principal é de 52Km. A orientação preferencial é de NE-SO.

A bacia do Arroio São João possui drenagem principal com 32Km de extensão, a orientação preferencial é para N-S.

## Mapa da Rede de Drenagem

A bacia do Arroio Sanga da Divisa possui drenagem principal com 18Km de extensão, a orientação é N-S, e junto com a bacia do Arroio São João totalizam uma área de aproximadamente 45.775ha.

As bacias hidrográficas do Arroio Lajeado Grande e Arroio Itapeví apresentam uma forma alongada, enquanto que as bacias hidrográficas do Arroio Jacaquá e Arroio São João e Sanga da Divisa, apresentam uma forma retangular.

Todas as bacias hidrográficas possuem como característica geral uma hierarquia fluvial de 5ª ordem (Strahler, 1974) e padrão retangular-dendrítico, exceto a bacia hidrográfica do Arroio Itapeví, onde o padrão é dendrítico.

A distribuição da rede de drenagem permite identificar a ocorrência do Alto do Pavoré, localizado a montante das bacias estudadas (Figura 4). O Alto do Pavoré pode estar associado a um “pipe” vulcânico intrudido durante reativações no Cenozóico. Identifica feições deste tipo nas cidades de Jaguari e São Vicente do Sul. A lagoa do Pavoré está localizada sobre essa elevação.

As características da rede de drenagem permitiram dividir a área em 6 grandes unidades, ou setores, que além de identificar o alinhamento dos canais principais das drenagens, conforme se apresenta na Figura 4.

O setor 1 possui canais estreitos em comparação com os demais setores. Os canais de primeira ordem são abundantes, formando cursos com contatos retos. Este setor ocorre em uma pequena área na margem esquerda da e jusante da bacia do Lajeado Grande e em partes na montante da bacia do Itapeví, Jacaquá e Lajeado Grande, compreendendo uma área de 29.500ha.

O setor 2 apresenta como principal característica a ocorrência de embaciamentos que se formam junto as nascentes, provavelmente devido a um substrato menos permeável. Os canais quanto à forma são curtos e largos. Abrange uma pequena área da bacia do Lajeado Grande, ocupando uma área de 9.000ha.

No setor 3 a forma retangular da drenagem principal é identificada pelos ângulos retos, mas o aspecto arborecente junto as nascentes classifica o padrão de drenagem como retangular-dendrítico. A forma dos canais de 1ª ordem é uma característica marcante, definidos por canais largos e rasos. Neste setor encontra-se grande parte da bacia do Arroio São João e Sanga da Divisa, ocupando uma área de 66.200ha.

O setor 4 corresponde uma área de acumulação onde ocorre a planície de inundação do Rio Ibicuí. Constitui-se em uma área com grande acúmulo de água, formando solos hidromórficos pela baixa capacidade de drenagem. Neste setor a atividade agrícola é mais



significativa. Abrange o setor onde ocorrem às desembocaduras dos canais principais dos arroios que formam as bacias hidrográficas, ocupando uma área de 16.200ha.

No setor 5 a rede de drenagem tem como principal característica o controle estrutural, formando um padrão de drenagem paralelo com direção nordeste. Possui um pequeno número de canais de 1ª ordem. Quanto à forma constituem-se de canais curtos e largos que fluem quase paralelamente uns aos outros. Abrange grande parte da bacia do Jacaquá e uma pequena parcela da bacia do Itapeví, ocupando uma área de 31.300ha.

O setor 6 está representado por um grande número de canais de 1ª ordem, gerando um aspecto arborescente que caracteriza um padrão dendrítico. Outra característica observada é a grande quantidade de açudes, em relação aos demais setores. Esses parâmetros refletem um substrato com baixa capacidade de infiltração. Ocorre associado à bacia do Itapeví, ocupando uma área 20.200ha.

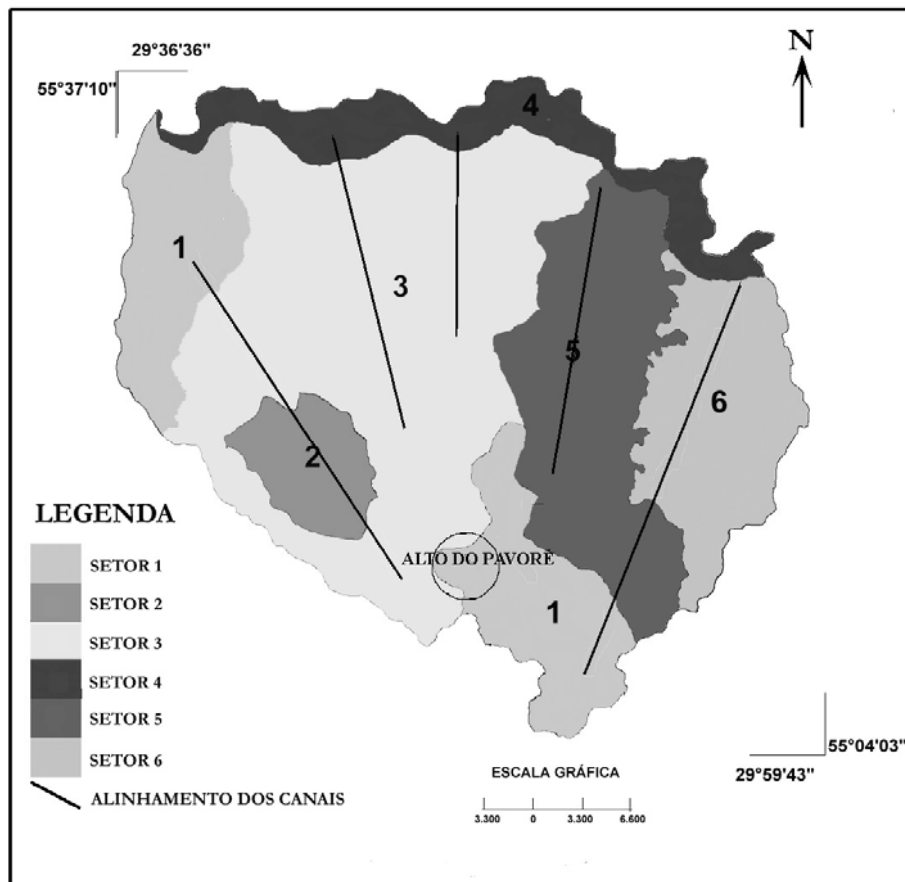


Figura 4: Mapa de setorização da rede de drenagem

## 5.2 Unidade de relevo

No relevo, da área destacam-se as formas mamelonares, conhecidas regionalmente por coxilhas, por morrotes de forma tabular e as planícies de inundação (Figura 5).

As colinas apresentam uma declividade, com intervalos entre 4% a 12%, possuem amplitude altimétrica em torno de 100 metros, e podem ser classificadas como de basalto ou arenito.

Os morrotes, conhecidos regionalmente como cerros, ocorrem associados às colinas; com amplitudes inferiores a 100 metros, mas com declividades das vertentes acima de 15%, segundo classificação do IPT (1981) e com topos planos. Apresentam um formato mamelonar com vertentes íngremes.

As planícies de inundação são as áreas com baixa declividade, baixo desnível altimétrico, e representam as áreas de deposição atual em torno do canal principal dos rios.

Nas bacias hidrográficas, as menores altitudes são da ordem de 80 metros, localizando-se à jusante, próximo ao Rio Ibicuí. As maiores altitudes estão representadas no baixo curso por valores ao redor de 140m; no médio curso as altitudes passam de 160m e somente no curso superior, no extremo montante, ocorrem altitudes superiores a 200m. Podem ocorrer associados aos cerros de arenito silicificado, as maiores altitudes, em trono de 246 metros, assim como as maiores amplitudes. Mas as amplitudes das bacias hidrográficas, não costumam ultrapassar 100 metros.

As declividades mais importantes, ou mais freqüentes, estão entre o intervalo de 4% a 8%. Declividades elevadas superiores a 30%, ocorrem junto as vertentes de topos planos, constituídos pelos arenitos silicificados e também associadas a morrotes de basalto.

Ocorrem associados às colinas feições de amplitudes inferiores a 100m, mas com declividades acima de 15%, classificadas como morrotes ou cerros (expressão regional).

O relevo pode ser classificado, segundo o IPT (1981), como relevo de colinas com morrotes associados.

## Mapa de Formas de Relevo

### 5.3 Litologia

A análise geológica das bacias hidrográficas identificou a ocorrência de derrames vulcânicos da Formação Serra Geral e sedimentos arenosos oriundos da bacia do Paraná (Figura 6).

Os derrames caracterizam-se por delgadas seqüências de basaltos que ocorrem bastante alterados formando colinas e morrotes com blocos associados ao manto de alteração.

Ocorrem subjacentes rochas constituídas por arenitos com estratos cruzados de alto ângulo, textura de areia média a fina, ocorrendo associados aos derrames vulcânicos. As características mostradas indicam que essas rochas pertencem a Formação Botucatu.

A sucessão de arenitos finos a conglomeráticos, de cores esbranquiçadas a avermelhadas, com estratificações cruzadas de pequeno à grande porte, laminação plano-paralela, representa a seqüência de rochas da Formação Guará.

Nesta seqüência as rochas de arenitos fluviais (Foto 04) com grânulos de sílica e bolas de argila, esparsos, formam o principal tipo litológico. As cores vermelhas, comuns, se devem à película de óxido de ferro ao redor dos grãos. Quando presente o cimento silicoso, as rochas marcam o relevo formando cerros e afloramentos de blocos e matacões na meia encosta. A presença deste cimento torna as rochas mais claras (tons rosados), provavelmente pela remoção do óxido de ferro por fluidos silicosos ou à não deposição devido à presença anterior deste cimento. Nos níveis não silicificados, em função de sua permeabilidade, freqüentemente desenvolvem-se erosões internas que culminam com a formação de estruturas de colapsos, que dão margens a ramificações e evoluções de antigas voçorocas ou aparecimento de novas.

A base da seqüência está representada por arenitos finos a lâmitos com laminação plano paralela, micáceos, que quando alterados adquirem uma característica forma de pastilha, são predominantes na bacia do Arroio Itapeví. Estas rochas são interpretadas como representando rochas do Grupo Rosário do Sul, Formação Sanga do Cabral.

Os areais são interpretados por associar-se a depósitos coluviais no sopé das colinas e cerros, com a remoção de finos e concentração do material arenoso. A formação de cobertura de colúvios sobre as baixas vertentes das colinas depende da efetividade de altos eventos erosivos; que podem refletir eventos de chuva de alta magnitude, degradação ou remoção das plantas de cobertura, ou alguma combinação do clima e vegetação que levam a instabilização da encosta.

Mapa Litológico



**Foto 04:** Arenito fluvial, com grânulos de sílica e bolas de argila (2004)

O vento persistente na região espalha as areias ampliando os campos de areia. Cabral & Maciel Filho (1991) indicam direção predominante de Sudoeste, com velocidade média em torno de 2 m/s. Velocidades maiores são identificadas nos meses de julho, agosto e parte de setembro, transformando-se em ventanias fortes, período de maior atividade do vento conhecido como Minuano, onde se identificam as intensificações dos processos de formação dos campos de areia na fronteira do sudoeste do Rio Grandes do Sul.

Porém podem estar associados às mudanças no equilíbrio ocorreram devido a trocas climáticas no quaternário, e mais recentemente produzidos pela ação antrópica.

As oscilações climáticas no quaternário imprimiram marcas na paisagem, verificadas pelas concreções e nódulos ferruginosos, crostas e camadas com coesões dadas pela aglutinação de óxidos, cascalheiras e pelas formas erosivas de entalhe e arenização nas vertentes e vales fluviais.

Em condições climáticas com existência de estações secas e úmidas bem definidas existe a concentração de óxidos de ferro e alumínio em camadas controladas pelo lençol freático. Os óxidos de ferro (Foto 05) e alumínio exercem uma aglutinação intra-agregados nos grãos silte e uma maior coesão superficial entre os grãos tamanho areia. Essa capacidade

de aglutinação gera crostas e uma maior resistência à rocha. Essa maior resistência se reflete na formação de pavimentos de rocha na paisagem.

Neste período, as atividades morfoclimáticas de erosão de vertentes teriam sido regidas por processos de degradação lateral gerando superfícies aplainadas.

A mudança para as condições úmidas atuais desenvolve uma fase de dissecação vertical que formam as unidades de relevo, predominantes, suavemente e mediamente dissecadas de colinas e as unidades associadas às porções mais coesas constituindo de rampas colúvio, entre as porções mais dissecadas localizadas nas bordas de pequenas elevações ou degraus de camadas mais resistentes, podem se formar os cerros e morrotes.

Associado a muitos areais, o acúmulo de cascalho e seixos de quartzo, pode ser atribuído a processos que se associam a intemperismo de rocha, denudação química e gradual remoção de materiais finos devido ao efeito de lavagem da encosta sob condições de erosão superficial com baixa energia.



**Foto 05:** Camadas de óxido de ferro que formam degraus na meia encosta (2002)

## 6. UNIDADES LITOMORFOLÓGICAS

Os estudos realizados permitiram dividir a área em unidades de terreno homogêneas. A caracterização efetuada em cada unidade de relevo constituiu-se, então, no ponto de partida para a interpretação da dinâmica atual dessas formas, os processos operantes, seus formatos e condicionantes.

Sobre essa perspectiva, os trabalhos concentram-se na avaliação de feições morfodinâmicas desenvolvidas sobre os elementos básicos das formas do relevo e sua respectiva gênese, sendo então reunidas nas próprias unidades de relevo, nas quais as informações morfogenéticas são representadas. Com isso foram definidos os critérios a serem considerados nesta etapa analítica das atividades que visam caracterizar de maneira sintética os fenômenos morfogenéticos/morfodinâmicos presente nos relevos.

As informações documentais cartográficas com esse conteúdo definem novas abordagens para cada um dos tipos de formas de relevo, nesta proposta tratada com o nome de unidade litomorfológica, identificadas já com vistas a um entendimento e suas aptidões como suporte ao uso e em atendimento das necessidades humanas.

Dessa sistematização, resulta uma compreensão acerca das características do relevo e sua compartimentação, que tem os atributos relativos às suas condições físicas, dinâmicas e históricas, sintetizadas em um único empreendimento, o produto cartográfico litomorfológico.

A síntese litomorfológica do mapeamento se descreve na divisão de uma área em unidades homogêneas, os quais guardam no limite, um conjunto de formas representadas por um conjunto de atributos relacionáveis, por isso, satisfatoriamente dotados de elementos analíticos que relatam a sua síntese histórica, permitindo também a avaliação, por estes ou por outros meios, da dinâmica superficial da paisagem.

Na abordagem analítico-dinâmica, a atenção foi centralizada sobre os elementos das formas presentes no interior de cada conjunto individualizado de relevo, nos processos morfogenéticos atuais e na relação estabelecida entre os agentes deflagradores e a constituição da estrutura física dessas formas, obtendo com isso um diagnóstico do funcionamento dinâmico do sistema.

Estas unidades de terreno distribuem-se pela área, perfazendo um total de oito tipos distintos de relevos com ocorrências descontínuas, cujas formas, variam entre resultantes de processos erosivos (denudacionais) e formas resultantes de processos acumulativos (agradacionais).



Os parâmetros representativos das unidades de terreno dividiram a área em dois compartimentos: de dissecação e de acumulação. O compartimento de dissecação foi dividido em 3 unidades definidas como colinas de arenito, colinas de basalto e colinas de lâmito, associados às colinas ocorrem feições do terreno com parâmetros característicos e que respondem à dinâmica superficial de uma forma específica divididos em 5 sub-unidades litomorfológicas: cerros de arenito, morrotes, linhas de matacão de arenito, e as feições superficiais: areais e áreas em processo de arenização, ravinas e voçorocas (Figura 8).

## **6.1 Compartimento de dissecação**

### **6.1.1 Unidade de colinas**

As colinas representam à unidade mais significativa da área. São divididas conforme as características do substrato rochoso, que se diferenciam na resposta aos processos superficiais.

#### **6.1.1.1 Colinas de arenitos**

Representa a unidade de maior ocorrência na área de estudo (Foto 06).

O substrato rochoso é composto por arenitos eólicos e fluviais, com baixa coesão, predominantemente silicosos, cimento de óxido de ferro, cobrindo grãos, e muito baixa percentagem de matriz.

Os solos se caracterizam por baixo conteúdo orgânico; Argissolos e Latossolos são os solos característicos; quando o conteúdo de argila é inferior a 15% representam os Neossolos Quatzênicos que ocorrem associados.

As amplitudes médias estão ao redor de 60m, declividades entre 4% e 8%. As menores altitudes, de 80 metros, localizam-se à jusante das bacias, na planície aluvial do Rio Ibicuí e as máximas entre as cotas de 140m até 180m.

Os processos geomorfológicos atuantes estão relacionados à erosão que ocorre durante os períodos de chuvas intensas, desenvolvendo na forma laminar e também em sulcos, formando ravinas.

A cobertura vegetal de gramíneas é esparsa com baixa proteção a ação erosiva.

O uso do solo é de pecuária extensiva e atividade agrícola (pastagens e plantação de soja).

As colinas de arenitos apresentam alto grau de risco ao desenvolvimento de processos erosivos e com uso de sistemas agrícolas inadequados estão sujeitas a arenização.

O uso de cítricos, em consórcio com gramíneas é uma alternativa, por vezes lembrada, que pode ser empregada nas vertentes das colinas arenosas. As espécies frutíferas desenvolvem-se muito bem em solos arenosos.

Utilização de práticas de plantio direto, consórcio de leguminosas e gramíneas são alternativas que tem sido eficazes em vários lugares para diminuir a degradação, pelo aumento da biomassa e menor erosão.



**Foto 06:** Nas colinas de arenito observa-se a vegetação esparsa e o entalhamento da drenagem (2002)

### **6.1.1.2 Colinas de basalto**

O substrato rochoso é composto por derrames vulcânicos delgados, de composição básica. Na área são identificados dois derrames com arenito intertrápico.

As colinas de basalto apresentam altitude de 140 a 200m e amplitudes, em geral, pouco superiores às colinas de arenitos, com média de 70m. A declividade das vertentes está entre 4% e 8%.

Os solos são do tipo Latossolos Vermelho-Escuro textura argilosa, com blocos subangular e associação entre Cambissolos-litólicos.

O uso do solo está relacionado à pecuária extensiva e a atividade agrícola está associada a pastagens e plantação de soja.

A vegetação característica está representada por gramíneas com cobertura de solo superior as das colinas de arenitos.

Os processos geomorfológicos de transporte de massa são menos expressivos neste compartimento, devido a maior coesão dos solos.

### **6.1.1.3 Colinas de lâmito**

O substrato rochoso possui baixa capacidade de infiltração e está representado por arenitos finos a lâmitos com laminação plano paralela, micáceos, que quando alterados adquirem uma característica forma de pastilha. Estas rochas são interpretadas como representando rochas do Grupo Rosário do Sul, Formação Sanga do Cabral.

As colinas apresentam amplitudes médias ao redor de 60m, as declividades estão entre 4% e 8%. As menores altitudes, de 80m, localizam-se a jusante da bacia, na planície do Rio Ibicuí e as máximas entre as cotas de 120m a 180m. As vertentes apresentam elevada declividade, formando escarpas de topo reto.

Os solos característicos são o argissolos e o latossolos, se caracterizam por baixo conteúdos orgânicos; quando o conteúdo de argila é inferior a 15% representam os Neossolos Quatzênicos que ocorrem associados.

Assim como em outras unidades, a cobertura vegetal de gramíneas é esparsa com baixa proteção a ação erosiva. O uso do solo é de pecuária extensiva e atividade agrícola (pastagens e plantação de soja).

As feições superficiais não são significativas nesta unidade, apresenta apenas algumas ravinas e voçorocas e um número de areais e áreas em processo de arenização insignificantes.

### 6.1.2 Cerros

Os cerros ocupam área pouco expressiva (Foto 07), entretanto, são feições importantes na área, por representarem ecossistemas muito particulares. São as áreas com maiores altitudes, sendo comuns altitudes superiores a 200m de cota.

Formam-se pela resistência diferencial a alteração e erosão entre arenitos com cimentação silicosa e os com cimento de óxido de ferro.

Constituem-se predominantemente de arenitos fluviais com grânulos esparsos de sílica e menos bolas de argila. As rochas afloram como grandes matações e blocos junto à encosta (Foto 08).

Ocorrem na parte superior de amplas colinas, constituindo feições com amplitude pouco superior a 20m. As vertentes apresentam elevadas declividades, formando escarpas com o topo reto.

A vegetação arbustiva ocorre associado à zona de fratura do arenito. No topo ocorre uma área pedregosa com solo muito raso ou inexistente. Vegetação do tipo cactácea apresenta associação significativa. Exemplos bem característicos na área são: o Cerro do Tigre, Cerro do Negro, Cerro das Tunas, Cerro do Itapeví, entre outros.

Os cerros apresentam características muito particulares quanto ao substrato rochoso, relevo e vegetação, podendo ser incorporados em propostas de educação ambiental e turismo ecológico.



**Foto 07:** Cerro de arenito na bacia hidrográfica do Arroio Itapeví, constituído de arenitos coesos, devido a cimentação por óxido de ferro e algumas vezes por sílica (2004)



**Foto 08:** Cerro de arenito na bacia hidrográfica do Arroio Lajeado Grande; conhecido regionalmente por Cerro da Cascavel (2001)



### 6.1.3 Morrotes

Esta unidade está representada por elevações com topos arredondados e vertentes vegetadas (Foto 09), formados por rochas do tipo basalto. O solo é cambissolo-litólico com afloramentos de rocha na forma de lajeado e blocos.

Os morrotes são definidos por vertentes com as amplitudes pouco superiores a 20m e a encosta é íngreme, superior a 15%. Na base da vertente depósito de colúvio proporciona a ocorrência de uma vegetação de médio a grande porte significativo.



**Foto 09:** Observa-se na foto um morrote com as vertentes bem vegetadas (2003)

### 6.1.4 Feições superficiais

As feições superficiais são importantes elementos da paisagem e caracterizam a área de estudo. São feições ligadas ao compartimento de dissecção (Figura 7).

#### 6.1.4.1 Linhas de blocos e matacões

Na meia encosta de algumas colinas e na vertente dos cerros ocorrem afloramento de rochas com blocos e matacões de arenitos silicificados formando alinhamentos (Foto 10) com espessura média de 5m. O termo linha de matacão foi utilizado em substituição a campos de matacões por considerarmos um melhor indicativo da feição observada.

Quando destacados na meia encosta dão a colina um aspecto de rampa, caracterizando-se, na maioria dos casos, como feições intermediárias entre colinas e cerros.

Junto às linhas de matacões os processos erosivos se acentuam, gerando sulcos e ravinas e uma erosão laminar mais acentuada, provavelmente devido à mudança na velocidade de escoamento no contato das rochas silicificadas mais impermeáveis e as rochas friáveis. Dessa forma, nessas áreas, junto à meia encosta das colinas, é importante a recuperação de uma vegetação nativa que minimize a ação do escoamento superficial.



**Foto 10:** Blocos de matacão na meia encosta, observa-se que formam degraus escarpados na parte superior das vertentes das colinas (2002)

## Mapa das Feições Superficiais



#### 6.1.4.2 Areais e áreas com processos de arenização

As áreas com areais e em processos de arenização, formam importantes feições na paisagem devido ao grau de degradação ambiental que representam e da dificuldade da utilização destas unidades pelo proprietário da terra (Foto 11-12).



**Foto 11:** Areal desenvolvido na bacia hidrográfica do Arroio Jacaquá. Observa-se a vegetação rala e marcas de onda na superfície da areia devido a ação do vento (2003)

Os grandes areais se desenvolvem associados à base dos cerros (Foto 09) e, principalmente, junto ao vale dos principais arroios. A formação destas feições esta associada, inicialmente, ao processo erosivo que ocorre pela ação das chuvas em um solo de baixa cobertura vegetal, muito friável e arenoso, gerando exposição do horizonte arenoso. Posteriormente o vento persistente na região, espalha os areias formando campos de areia.

Os areais constituem-se de areias quartzosas com grânulos de sílica, concreções e nódulos de ferro. Estão associados a depósitos coluviais no sopé das colinas e cerros, gerados com a remoção das partículas de menor granulometria e concentração do material arenoso. A formação da cobertura de colúvio sobre as baixas vertentes depende da efetividade de altos eventos erosivos; representados por precipitações de elevada magnitude, em condições de aridez, que causam a remoção de plantas de cobertura.



**Foto 12:** Areal desenvolvido na base de um cerro de arenito, na bacia hidrográfica do Arroio Lajeado Grande (2003)

As mudanças climáticas de condições áridas para úmidas provocam a lavagem dos finos, concentrando a textura tamanho areia. A passagem de latossolos no topo das colinas para neossolos junto à base evidencia a migração lateral. Também, associado aos areais ocorre acúmulo de cascalho e seixos de quartzo. Esses podem ser atribuídos a processos que se associam a intemperismo de rocha, denudação química e gradual remoção de materiais finos (principalmente argila) devido ao efeito de lavagem da encosta sob condições de erosão superficial com baixa energia. As linhas de acumulação de pedras são encontradas na base das areias formando-se através de um processo, onde ocorre alternância de superfície de lavagem e movimento de massa, podendo ser atribuídos a paleopavimento durante a aridez.

O Butiazeiro-anão (*Butiá Paraguayensis*) (Marchiori, 1995), é uma espécie vegetal muito característica dessas áreas.

Representam áreas muito fragilizadas e que têm aumentado ao longo dos anos.

#### **6.1.4.3 Ravinas e voçorocas**

As ravinas e voçorocas (Foto 13) são elementos importantes da paisagem que se desenvolvem associados às cabeceiras de drenagem. Também ocorrem junto aos cerros

associados às linhas de pedra, devido à intensificação do escoamento na zona de contato entre o arenito silicificado e o arenito friável na base. As mais bem desenvolvidas formam canais com profundidade de até 3m e larguras de mais de 10m.



**Foto 13:** Sulcos e ravinas desenvolvidos na meia encosta abaixo de área com afloramentos de arenito coeso, na bacia hidrográfica do Arroio São João (2001)

## 6.2 Compartimento de acumulação

### 6.2.1 Unidade de acumulação

Representam as zonas de deposição atual da drenagem na região, constituindo-se das várzeas e canais, formando amplas áreas junto ao Rio Ibicuí. (Foto 14).

Esta área é bastante significativa em cotas de 80m junto ao Rio Ibicuí e no médio curso dos canais dos rios, com altitudes entre 100 e 120m. Constitui-se em uma área com grande acúmulo de água, formando solos hidromórficos pela baixa capacidade de drenagem, os planossolos e gleissolos. Nas áreas de acumulação, os solos são adequados para a irrigação



por inundação sendo utilizadas para o cultivo de arroz irrigado. As matas ciliares estão bastante degradadas, mantendo somente espécies arbustivas junto ao Rio Ibicuí.

Esta unidade é associada a um substrato relativamente menos permeável formado por arenitos finos micáceos. O uso característico é o cultivo de arroz (Foto 15).



**Foto 14:** Planície de inundação junto ao Rio Ibicuí. Vegetação ciliar medianamente preservada e desenvolvimento de meandros. O uso está associado à lavoura de arroz (2003)



**Foto 15:** Utilização da planície de inundação com o plantio de arroz, na bacia hidrográfica do Arroio Lajeado Grande (2003)

Mapa Litomorfológico

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente demanda pelo uso dos recursos naturais foi acompanhada nos últimos anos pela preocupação com a quantidade e a qualidade desses recursos nos dias atuais e para as futuras gerações. No Brasil, os estudos do solo como da vida e suporte das atividades humanas ganharam força durante a década de 1980, conforme Botelho e Silva (2004) apud Vitte & Guerra (2004), e vários trabalhos foram publicados envolvendo técnicas e práticas de manejo e conservação das terras e de planejamento do uso do solo, considerando suas limitações e potencialidades. A atenção dada à correta utilização e ocupação do solo refletiu-se na criação de normas e regulamento na ordenação do território, como os planos diretores municipais, e o Projeto Nacional de Microbacias Hidrográficas.

A década de 1990, principalmente a partir da segunda metade, vem sendo caracterizada pelo aumento na produção de trabalhos ligados à área ambiental. A conscientização, cada vez maior, por parte da sociedade, impulsionou o desenvolvimento de estudos que regulamentem e planejem o uso indiscriminado dessas áreas.

O uso inadequado do ambiente pela sociedade, não é um fenômeno novo. O que talvez seja recente é justamente, essa preocupação crescente, no meio científico e acadêmico e, principalmente, nas comunidades urbanas, com a qualidade de vida, traduzida em qualidade do alimento, da água e do ar.

Isso não quer dizer que a comunidade rural não esteja preocupada e pressionada. A limitação maior parece ser falta de conhecimentos e de habilidades (formação, educação, informação e tecnologia) para conciliar produção com preservação ambiental.

É necessário, portanto, que a formação de técnicos e educadores considere a aparente dicotomia produção versus preservação e, assim busque reconciliá-los.

Na medida em que os problemas ambientais se multiplicam, é que nos colocamos na obrigação de contribuir na busca de alternativas, que visam “harmonizar” a relação entre a sobrevivência, e a preservação da qualidade ambiental.

Neste sentido o levantamento e a análise de áreas degradadas possibilitam a obtenção de importantes informações sobre o meio físico, visando o gerenciamento, a organização e a recuperação desses espaços territoriais.

O objetivo deste trabalho é justamente, possibilitar essas informações sobre os aspectos do meio físico, através de um mapeamento, contribuindo para o conhecimento

litomorfológico da região sudoeste do Estado e, para o estudo dos processos erosivos em desenvolvimento.

Segundo Klamt & Schneider (1995), “o mapeamento e a descrição de solos representa um ponto de partida para qualquer estratégia de recuperação que se queira implementar nesta vasta região”.

Buscou-se no mapeamento de unidades litomorfológicas a integração de vários parâmetros a fim de se estabelecer unidades homogêneas que permitissem, portanto, um planejamento de uso e recuperação mais adequados.

Propostas de recuperação dos areais na região datam da década de 70 e tiveram início através da Secretaria da Agricultura do Estado com o plano piloto de Alegrete. Resumidamente constou do uso de esteiras como quebra-vento. E a espécie que melhor desenvolveu-se sobre os areais foi o eucalipto (Suertegaray, 1998).

No final dos anos 1980, e início dos anos 1990, ocorreram novas tentativas de recuperação dessas áreas. Uma das alternativas utilizadas novamente foi o florestamento com espécies exóticas como eucaliptos e pinus, que servem como barreiras na ação do vento. Além disso, incorporam essas áreas ao processo produtivo.

O florestamento tem sido utilizado como medida efetiva de recuperação de áreas degradadas, embora, segundo Lima (1993) apud Suertegaray (1998), a interação a longo prazo de espécies florestais com solo, possa conferir diferentes efeitos quanto a dinâmica do sistema radicular, as características da serrapilheira, as atividades biológicas e interceptação da luz.

Entretanto, Marchiori (1995), o estabelecimento de florestas apresenta uma vantagem de proteção dos solos pela ação erosiva da chuva e vento, além disso, os eucaliptos não são invasores. Atualmente em decorrência de transferência de indústrias de celulose para a região, através de forte investimento internacional, observa-se a maciça implantação destas espécies.

A utilização de solos aptos para cultura como os Latossolos Vermelhos e Argissolos que estão associados às colinas de arenitos e basaltos devem ser processadas através de práticas de manejo adequadas como plantio direto, construção de terraços e canais escoadouros vegetados para controlar o escoamento superficial.

O uso de cítricos, em consórcio com gramíneas é uma alternativa, por vezes, lembrada, que podem ser empregadas nas vertentes das colinas arenosas. As espécies frutíferas desenvolvem-se muito bem em solos arenosos.

Utilização de práticas de plantio direto, consórcio de leguminosas e gramíneas são alternativas que tem sido eficazes em vários lugares para diminuir a degradação, pelo aumento da biomassa e menor erosão.

É nas colinas de arenitos, unidade mais significativa da área que se observa a presença marcante dos processos erosivos. Os areais e as áreas em processo de arenização, as linhas de matacão e as ravinas e voçorocas, se apresentam espalhados por grandes extensões desta área.

Nas colinas de basalto, onde o próprio substrato rochoso explica, não se observa a presença de feições superficiais como os areais e as áreas em processo de arenização, assim como, as voçorocas e as ravinas. Aparecem nesta unidade apenas alguns morrotes isolados.

Nas colinas de lâmbito, as feições superficiais não são significativas, apresentam apenas algumas ravinas e voçorocas e o número de areais e áreas em processo de arenização são insignificantes. Devido ao substrato rochoso existe a presença marcante de embaciamentos na nesta área.

Os cerros apresentam características muito particulares quanto ao substrato rochoso, relevo e vegetação, são unidades significativas na área, que estão associadas, como se pode observar, ao substrato arenítico. A maior parte dos areais e áreas que estão em processo de arenização estão vinculadas a esta unidade. Podem ser incorporados em propostas de educação ambiental e turismo ecológico.

Nas áreas de acumulação, os solos, são adequados para a irrigação por inundação e, por conseguinte, para o cultivo de arroz irrigado. Entretanto, o uso da água deve ser regulado, pois mudanças nas condições hidrodinâmicas provocados pela retirada em excesso da água favorecem a dinâmica erosiva. A preservação e recuperação das matas ciliares desempenham um papel fundamental na dinâmica fluvial como na manutenção de espécies da fauna da região.

O resultados obtidos mostram que o produto cartográfico desta pesquisa, o mapeamento de unidades litomorfológicas, é uma importante ferramenta para obter as informações necessárias a análise das potencialidades e problemas, sendo um instrumento de planejamento e gestão, auxiliar nas questões que visem à preservação ambiental.



## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. A revanche dos Ventos - Derruição de solos areníticos e formação de areais na Campanha Gaúcha. **Ciência e Ambiente**. Santa Maria: Imprensa Universitária. UFSM. vol. 11. p. 53-64. 1995.

\_\_\_\_\_. Províncias Geomorfológicas e Domínios Morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**. São Paulo: Usp, n. 20, 1970.

AVÉ-LALLEMANT, R. **Viagem pela província do Rio Grande do Sul (1958)**. São Paulo: Itatiaia/USP, 1880.

BELLANCA, E.T.. **Uma contribuição para a explicação da Gênese dos areais do Sul do Rio Grande do Sul**. 2002. 87f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

BERLATO, M.A. e FONTANA, D.C. **El Nino e La Nina: Impactos no Clima, na Vegetação e na Agricultura do Rio Grande do Sul Aplicações de Previsões Climáticas na Agricultura**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

CABRAL, I. L.L.; MACIEL FILHO, C.L. Medidas de Erosão e Deposição em solos Arenosos. **GEOGRAFIA**, Rio Claro, 16: p.95-116, outubro, 1991.

CARDOSO, C. B. **Mapeamento das Unidades Geomorfológicas e os Impactos Ambientais: Bacias Hidrográficas Arroio São João e Sanga da Divisa, Alegrete-RS**. Santa Maria: UFSM (Trabalho de Graduação), 2003. 90p

CARRARO, C.C.et al. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Escala 1:1.000.000. Porto Alegre: Editora da Universidade. UFRGS. 1974

CORRÊA, L. da S. L. **Mapeamento Geológico Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Arroio Caraguataí**, Manuel Viana, RS. 2004. Monografia (Graduação em Geografia), Santa Maria, 2003, 55 p.

DUARTE, P. A. **Cartografia Básica**. Florianópolis, SC: Ed da UFSC, 2 ed. 1988. 182 p.

FENDRICH, R.. **Erosão Urbana**. Drenagem e Controle da Erosão Urbana. Curitiba: Ibrasa Champagnat, 1998. p. 15-43.

FIORI, A.P. Metodologias de Cartografia Geoambiental. In: 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. São Carlos: **Anais**, 2004.

FONTES, S. B.& PEJON, O. J. Mapeamento Geotécnico com Ênfase em Erosões no Município de Ouro Preto – Escala 1:5.000. In: 9º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. São Paulo. 1999. **Anais**, “não paginado”.

GUERRA, A. J.;SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M.. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999 339p.

GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

GOULART, A. C. O. Mapeamento Geomorfológico: Proposta e Perspectiva de Análise. In: 8º Encontro de Geógrafos de América Latina. Santiago do Chile, 2001, **Anais**, “não paginado”.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: [http://: www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

**IPT**. Mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo. Escala 1:500.000. 130p.2v.(IPT – Publicação, 1183) 1981.

KLAMT, E.& SCHNEIDER, P. Solos Suscetíveis à Erosão Eólica e Hídrica na Região da Campanha do Rio Grande do Sul. **Ciência e Ambiente**. Santa Maria: Imprensa Universitária. UFSM. vol. 11. p. 53-64. 1995.

KULMAN, D.. **Estudos Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Arroio Jaguarí-Mirim, RS**. 2004. Monografia (Graduação em Geografia), Santa Maria, 2004. 71 p.

LOLLO, J. A. de. Caracterização Geotécnica da Área de Expansão Urbana de Ilha Solteira (SP) com uso de Formas de Relevo. In: 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. Florianópolis, 1998, **Anais**, “não paginado”.

MACIEL FILHO, C.; MENEGOTTO, E.; SARTORI, P. **Geologia do Município de São Francisco de Assis- RS**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1971.

MAFRA, N. C. Erosão e planificação de uso do solo. p. 301-320. In: GUERRA, A. J.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M.(Org) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

MARCHIORI, J. N. C. Vegetação e Areais no Sudoeste Rio-Grandense. **Ciência e Ambiente**. Santa Maria: Editora da Universidade. UFSM. vol.11, p. 81-92. 1995.

\_\_\_\_\_. História Natural. **Ciência e Ambiente**. Santa Maria: Editora da Universidade. UFSM, vol. 3, n. 5, p. 62-86. jul. -dez. 1992.

\_\_\_\_\_. Vegetação e Areais no Sudoeste Rio-Grandense. **Ciência e Ambiente**. Santa Maria, v. 11, 1995. p. 81-92.

\_\_\_\_\_. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul- Campos Sulinos**. Porto Alegre: EST, 2004.

MEDEIROS, E. R., MULLER FILHO, I. L., VEIGA, P. O Mesozóico no Oeste do Estado do Rio Grande do Sul (São Francisco de Assis e Alegrete). **Acta Geologica Leopoldensia**. São Leopoldo, 29: p. 49-60, 1989.

MEDEIROS, E. R.; ROBAINA, L. E. de S.; CABRAL, I. L. L. Degradação Ambiental na Região Centro-Oeste do Rio Grande do Sul. **Ciência e Ambiente**. Santa Maria: Imprensa Universitária. UFSM. vol. 11. p. 53-64. 1995.

MORAES, E.C.de. A construção do Conhecimento Integrado Diante do Desafio Ambiental: Uma estratégia Educacional. P. 35-54. **In:** NOAL, F. O.; REIGOTA, M. & BARCELOS, V.H. de L. (org). Tendências da Educação Ambiental Brasileira. Santa Cruz do Sul:UDUNISC.1998

MÜLLER FILHO, I. L., **Notas para o Estudo da Geomorfologia do Rio Grande do Sul, Brasil**. Publicação Especial nº 1. Santa Maria: Imprensa Universitária. UFSM. 1970

MULLER FILHO, I.L.; SARTORI, M.G.B. **Elementos para Interpretação geomorfológica de Cartas Topográficas.- Contribuição à Análise Ambiental**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1999.

NIMER, R. **Clima. Geografia do Brasil**. Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. p. 35 – 79.

PAULA, P. M. de. **Mapeamento Geológico – Geomorfológico na Bacia do Lajeado Grande, Alegrete – RS**. Monografia (Graduação em Geografia), Santa Maria: UFSM, 2002. 61 p.

PAULA, P.M.de.; ROBAINA, L.E.S. Mapeamento de Unidades Geológicas-Geomorfológicas da Bacia do Arroio Lajeado Grande. São Paulo. UNESP. **Geociências**., v 22, n. 2. 175-184. São Paulo. 2003

---

\_\_\_\_\_ Mapeamento Geológico-Geomorfológico da Bacia do Arroio Itapevi – Cacequi/Rs. In: IV Simpósio Nacional de Geomorfologia. **Anais**. Maranhão, 2002.

---

\_\_\_\_\_ Mapeamento de Unidades de Relevo com Apoio da Geomorfologia em Áreas Degradadas. In: V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia. **Anais**. Santa Maria, 2004.

PENTEADO-ORELHANA, M. M. **Metodologia Integrada no Estudo do Meio Ambiente**. Geografia, Rio Claro, v. 10, n.20, out. 1985. p. 125-148.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. 3 ed, Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1983.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ALEGRETE – Alegrete-RS. Dados da Secretaria da Agricultura. 2006. Disponível em: [http://: www.alegrete.rs.gov.br](http://www.alegrete.rs.gov.br)

RAMBO, B. **A Fisionomia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Livraria Selbach, 1942.

ROBAINA, L.E.S.; PAULA, P.M.de.; TRENTIN, R.. Soil Degradation And Developments Of The Sands In Ibicui Basin – Rs – Brasil. In: International Symposium on Land Degradation and Desertification. Uberlândia, **Anais**. 2004

ROBAINA, L. E.; FERNANDES NETO, S.; PAULA, P. M. de & PEREIRA, V. P. Processos Erosivos Acelerados no RS: Voçorocamento no município de Cacequi. **Geografia: UNESP**, 2002, 109-120.

ROCHA, J.S.M. da. **Educação Ambiental Técnica para os Ensinos Fundamental, Médio e Superior**. 2ªed. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1999. 548p.

RODRIGUES, B.B.; PEJON, O.J.nome do artigo. In: 3º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Florianópolis.UFSC. 1998, **Anais**, “não paginado”.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIAS-RIMAS. p. 291-336. In: GUERRA, A. J. T, CUNHA, S. B. da. (Org) **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

\_\_\_\_\_ A Geomorfologia Aplicada ao Planejamento e Gestão Ambiental da Bacia do Alto Paraguai. In: 8º Encuentro de Geógrafos de América Latina. Santiago do Chile, 2001, **Anais**, “não paginado”.

\_\_\_\_\_ **Geomorfologia. Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Contexto, 2003, 85 p.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e preservação dos processos erosivos. p. 229-267. In: GUERRA, A. J.;SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M.(Org) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

SANCHEZ, M. C. Sugestões para elaboração de cartas morfométricas em áreas costeiras e cristalinas. In: **V simpósio de Geografia Física Aplicada**. Anais. São Paulo, 1993.

SANGOI, D.S. **Estudo de Parâmetros Morfométricos na Bacia Hidrográfica do Arroio Inhacundá – São Francisco de Assis/RS**. Monografia (Graduação em Geografia), Santa Maria, 2003. 64 p.

SANTOS, E. L; RAMGRAB, G. E.; MACIEL. L. A.C.; MOSSMANN, R. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul**.Escala 1: 500.000. DNPM – Ministério das Minas e Energia. 1986.

SCHERER, C., FACCINI, U., LAVINA, E. Arcabouço Estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná. **In: Geologia do RS**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p. 335-354. 2002

SILVA, A. S. Análise morfológica dos solos e erosão. p. 101-124. In: GUERRA, A. J.;SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M.(Org) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

STRAHLER, A. **Geografia Física**. Barcelona: Omega. 1974.

STRECK, E. V.; et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Editora: UFRGS. 2002

SOUTO, J. J. P. **Deserto, uma ameaça?** Estudos dos núcleos de desertificação na fronteira sudoeste do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura/DRNR, 1985.

SUERTEGARAY, D. O Rio Grande do Sul Descobre os Seus “Desertos”.**Ciência e Ambiente**. Santa Maria: Editora da Universidade. UFSM. vol.11, p. 33-52. 1995.

\_\_\_\_\_ **Deserto Grande do Sul: Controvérsia.** Porto Alegre: Editora da Universidade. UFRGS. 1992.

SUERTEGARAY, D.; GUASSELLI, L; VERDUM, R.. **Atlas da Arenização: Sudoeste do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Secretaria da Coordenação e Planejamento, 2001.

TRENTIN, R.. **Mapeamento de Unidade de terreno: Aplicação no Oeste/RS – Bacia Hidrográfica do Rio Itu.** Monografia (Graduação em Geografia), Santa Maria, 2004. 72 p.

VEIGA, P.; MEDEIROS, E. R.; SUERTEGARAY, D. Gênese dos campos de areia no município de Quaraí, RS. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Porto Alegre. **Anais.** 1987.

VITTE, A.C. **Reflexos sobre Geografia Física no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, 280p.

ZUQUETTE, L V. & GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 190 p.