

**ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE GEOMORFOLOGIA E  
EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO MEDIANTE O EMPREGO DE  
TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E  
GEOPROCESSAMENTO: BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO  
ANHANDUÍ-MS**

**Antonivaldo de Jesus**

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP  
**EXEMPLAR REVISADO**  
Data de entrada no Serviço: 09./02./01..  
Ass.: *Antonivaldo de Jesus*

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Evlyn M. L. de Moraes Novo

DEDALUS - Acervo - EESC



31100017153

São Carlos-SP

2000



Class.	TESE-EESC
Cutt.	2894
Tombo	T0066/01

3 1 1000,753

at 1134355

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento  
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

J58e

Jesus, Antonivaldo de

Estudo da relação entre geomorfologia e evolução do uso do solo mediante o emprego de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento: Bacia Hidrográfica do Alto Anhanduí-MS / Antonivaldo de Jesus. -- São Carlos, 2000.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2000.

Área : Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Evlyn M. L. de Moraes Novo.

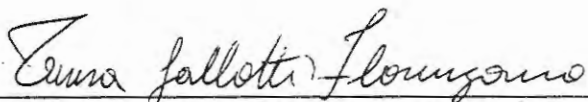
1. Geomorfologia. 2. Uso do solo. 3. Sensoriamento remoto. 4. Geoprocessamento. 5. Bacia hidrográfica. I. Título.

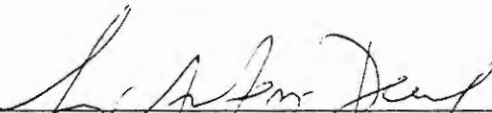
**FOLHA DE APROVAÇÃO**

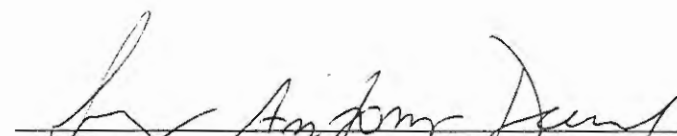
Candidato: Licenciado **ANTONIVALDO DE JESUS**

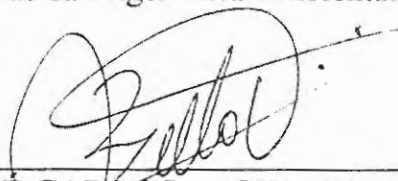
Dissertação defendida e aprovada em 12-12-2000  
pela Comissão Julgadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Doutora **EVLYN MARCIA LEÃO MORAES NOVO (Orientadora)**  
(Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Doutora **TERESA GALOTTI FLORENZANO**  
(Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Doutor **LUIZ ANTONIO DANIEL**  
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)

  
\_\_\_\_\_  
P/ Prof. Doutor **EVALDO LUIZ GAETA ESPÍNDOLA**  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação  
em Ciências da Engenharia Ambiental

  
\_\_\_\_\_  
P/ **JOSE CARLOS A. CINTRA**  
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

MORTE E VIDA SEVERINA

*"... Somos muitas Severinas  
iguais em tudo na sina:  
a de abrandar estas pedras  
suando-se muito em cima,  
a de tentar despertar  
terra sempre mais extinta,  
a de querer arrancar  
algun roçado da cinza..."*

*João Cabral de Melo Neto*



*À minha mãe Maria Helena  
(que foi meu pai ao mesmo tempo),  
pelo exemplo de caráter e dignidade,  
os verdadeiros valores do ser humano.*

*À minha avó Ana Maria e minha tia  
Maria das Graças, grandes incentivadoras.*

*À minha esposa Valdirene, por sua dedicação,  
carinho, amor e incentivos incessantes.*

*À minha mais nova fonte de inspiração, minha filha Tayná.*

*Dedico este trabalho.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte inesgotável de todas as forças, proporcionando-me saúde, força de vontade e coragem para enfrentar os obstáculos da vida.

Ainda nesta ocasião, registro os meus sinceros agradecimentos às seguintes pessoas e instituições que colaboraram para a execução deste trabalho:

À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Evlyn Márcia L. M. Novo, pela paciência, disposição, apoio e compreensão durante a execução deste trabalho, transmitindo-me não só conhecimentos acadêmicos, mas também de vida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq pela bolsa de mestrado concedida.

Aos Professores Drs. Evaldo L. G. Espíndola e Luiz Antonio Daniel pela valiosa colaboração e incentivos para o desenvolvimento desta dissertação.

À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Lylian Coltrinari (USP/SP), pelas valiosas sugestões para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Swami Marcondes Vilella, por estar sempre disposto a discutir o trabalho e colaborando para sua execução.

Aos grande amigos e incentivadores Ayr T. Salles pela ajuda no trabalho de campo e suas valiosas observações e José Mareo, sempre presente.

Aos funcionários do INPE:

Valéria Pelodan pela disposição e auxílio na montagem do banco de dados. José Carlos Moreira na solução de problemas e dúvidas quanto às técnicas de segmentação e classificação. João Pedro por sanar as dúvidas quanto a utilização da linguagem LEGAL. Eymar Lopes por estar sempre tirando dúvidas quanto ao funcionamento do SPRING.

Ao INPE/LTID por colocar à minha disposição sua infra-estrutura na fase inicial do trabalho.

À EMBRAPA/CNPGC, representada pelo Dr. Araê Boock e Sr. Nelson (Motorista), pelo apoio logístico durante o trabalho de campo,

À EMBRAPA/CPAO representada por Cláudio Gasparotto pelo fornecimento e informações relativas aos tipos de culturas do Município de Campo Grande.

À Claudete, Regina e Mara (funcionárias do CRHEA), que sempre me atenderam com boa vontade e disposição.

Aos amigos do CRHEA: Reginaldo, Eva, João Vila e Myrian Abdon, pelo auxílio na utilização de softwares e pelas oportunas discussões e idéias sobre a dissertação, que em muito colaboraram para sua execução.

Ao amigo Roberto Simão e seus pais pela hospedagem em São José dos Campos - SP.

À grande família pantaneira: minha esposa Valdirene, Paulino, Ricardo Gentil, Fabiano e Rosa, Reginaldo e Valdir (agregados), Clóvis (agregado sem tereré), Eva, João Vila e Myrian, pelos bons momentos com tereré e churrasco com mandioca para minimizar as saudades de casa.

À minha avó Ana Maria, minha mãe Maria Helena e minha tia Maria das Graças pelos ensinamentos e incentivos ao longo de minha vida.

À Thalita, que com o seu sorriso e brilho nos olhos sempre fornece uma força a mais para a busca dos meus objetivos.

A todos os demais amigos do CRHEA pela colaboração e apoio neste trabalho.

## SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	vi
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 2 - OBJETIVOS.....	6
2.1. Objetivo geral.....	6
2.2. Objetivos específicos.....	6
CAPÍTULO 3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
3.1. Geomorfologia e estudos ambientais.....	7
3.2. Técnicas para obtenção de classes de declividade como informações sobre o relevo.....	10
3.3. Sensoriamento remoto.....	11
3.3.1. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao estudo da cobertura vegetal e uso do solo.....	12
3.4. Sistemas de classificação para o mapeamento do uso e ocupação do solo.....	17
3.5. Potencialidade do geoprocessamento.....	19
3.5.1. O caráter multidisciplinar do geoprocessamento no	

planejamento.....	21
3.5.2. Uso integrado do geoprocessamento e sensoriamento remoto.....	23
3.6. Processamento digital de imagens de satélite.....	25
3.6.1. Pré-processamento.....	26
3.6.2. Classificação.....	27
3.7. Bacia hidrográfica como unidade de estudo.....	29
<b>CAPÍTULO 4 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>32</b>
4.1. Histórico da área de estudo.....	32
4.2. Estrutura fundiária do Município de Campo Grande.....	34
4.3. Demografia.....	35
4.4. Caracterização ambiental.....	37
<b>CAPÍTULO 5 - MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>39</b>
5.1. Material.....	39
5.2. Métodos.....	42
5.2.1. Levantamento de dados/Compilação de dados.....	43
5.2.2. Sistematização de dados obtidos.....	43
5.2.2.1. Definição do perímetro da bacia.....	43
5.2.2.2. Digitalização manual.....	43
5.2.2.3. Processamento digital das imagens.....	44
5.2.2.3.1. Pré-processamento.....	44
5.2.2.3.2. Processamento.....	46
5.2.3. Trabalho de campo.....	48
5.2.3.1. Aquisição de pontos amostrais.....	49
5.2.3.2. Entrevistas.....	51

5.2.3.3. Registro fotográfico.....	53
5.2.4. Análise e interpretação de dados.....	53
5.2.4.1. Mapa hipsométrico.....	54
5.2.4.2. Mapa de declividades.....	55
5.2.4.3. Mapa geomorfológico.....	55
5.2.4.4. Cruzamento do uso do solo de 1988 com o uso de 1998.....	56
5.2.4.5. Cruzamento da informações geomorfológicas com as informações de uso do solo.....	56
5.2.4.6. Edição dos mapas finais.....	57
<b>CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>58</b>
6.1. Cruzamento entre as classes de uso do solo de 1988 com as classes de uso do solo de 1998.....	72
6.2. Cruzamento do uso do solo de 1988 com as classes de declividade da Bacia do Alto Anhanduí-MS.....	78
6.2.1. Uso do solo de 1988 na classe de declividade 0-2%.....	82
6.2.2. Uso do solo de 1988 na classe de declividade 2-5%.....	82
6.2.3. Uso do solo de 1988 na classe de declividade 5-8%.....	84
6.2.4. Uso do solo de 1988 na classe de declividade 8-13%.....	85
6.2.5. Uso do solo de 1988 na classe de declividade >13%.....	86
6.3. Cruzamento do uso do solo de 1998 com as classes de declividade.....	87
6.3.1. Evolução do uso do solo em função da declividade.....	88
6.3.1.1. Área urbanizada.....	88
6.3.1.2. Vegetação natural.....	90
6.3.1.3. Área antropizada.....	91
6.4. Cruzamento das classes de uso do solo de 1988 com as classes	



hipsométricas.....	93
6.4.1. Uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 360-480.....	96
6.4.2. Uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 480-520.....	96
6.4.3. Uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 520-560.....	97
6.4.4. Uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 560-720.....	98
6.5. Cruzamento das classes de uso do solo de 1998 com as classes hipsométricas.....	100
6.5.1. Evolução do uso do solo em função da hipsometria.....	101
6.5.1.1. Área urbanizada.....	101
6.5.1.2. Vegetação natural.....	105
6.5.1.3. Área antropizada.....	106
6.6. Cruzamento do uso do solo de 1988 com as classes geomorfológicas...	109
6.6.1. Uso do solo de 1988 na classe geomorfológica P.....	113
6.6.2. Uso do solo de 1988 na classe geomorfológica Dt 11.....	113
6.6.3. Uso do solo de 1988 na classe geomorfológica Dt 21.....	114
6.6.4. Uso do solo de 1988 na classe geomorfológica Dt 22.....	114
6.7. Cruzamento entre as classes de uso do solo de 1998 com as classes geomorfológicas.....	115
6.7.1. Evolução do uso do solo em função da geomorfologia.....	116
6.7.1.1. Área urbanizada.....	116
6.7.1.2. Vegetação natural.....	117
6.7.1.3. Área antropizada.....	118
<b>CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>120</b>
7.1. Conclusões.....	120
7.2. Recomendações.....	123



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
ANEXOS.....	136

**LISTA DE FIGURAS**

	Pág.
<b>FIGURA 1</b> Localização da área de pesquisa.....	4
<b>FIGURA 2</b> Bacia Hidrográfica do Alto Anhanduí-MS.....	5
<b>FIGURA 3</b> Número de estabelecimentos do Município de Campo Grande.....	35
<b>FIGURA 4</b> Área dos estabelecimentos do Município de Campo Grande.....	35
<b>FIGURA 5</b> Imagem TM-Landsat 5 de 1988 utilizada para mapeamento do uso e ocupação do solo.....	39
<b>FIGURA 6</b> Imagem TM-Landsat 5 de 1998 utilizada para mapeamento do uso e ocupação do solo.....	40
<b>FIGURA 7</b> Fases para execução do projeto de pesquisa.....	42
<b>FIGURA 8</b> Etapas do pré-processamento.....	44
<b>FIGURA 9</b> Etapas do processamento das imagens.....	46
<b>FIGURA 10</b> Mapa dos pontos amostrais de campo.....	50
<b>FIGURA 11</b> Mapa dos pontos amostrais de campo com entrevistas.....	52
<b>FIGURA 12</b> Mapa de uso do solo de 1988 sem reclassificação.....	59
<b>FIGURA 13</b> Mapa de uso do solo de 1998 sem reclassificação.....	60
<b>FIGURA 14</b> Mapa de uso do solo de 1988 reclassificado.....	61
<b>FIGURA 15</b> Mapa de uso do solo de 1998 reclassificado.....	62
<b>FIGURA 16</b> Reserva Ecológica Estadual do Parque dos Poderes localizada na Cidade de Campo Grande-MS.....	64
<b>FIGURA 17</b> Área de pastagem sendo queimada próximo a área de vegetação	

	natural.....	65
<b>FIGURA 18</b>	Área de pastagem sendo queimada.....	65
<b>FIGURA 19</b>	Área em regeneração utilizada como pastagem em épocas de seca.....	66
<b>FIGURA 20</b>	Margem direita do Rio Anhanduí sem mata ciliar.....	67
<b>FIGURA 21</b>	Área de nascentes de afluentes do Rio Anhanduí sem mata ciliar...	70
<b>FIGURA 22</b>	Trecho do Rio Anhanduí sem a presença da mata ciliar.....	71
<b>FIGURA 23</b>	Evolução da classe de uso do solo <i>Área urbanizada</i> .....	73
<b>FIGURA 24</b>	Evolução da classe de uso do solo <i>Vegetação natural</i> .....	74
<b>FIGURA 25</b>	Evolução da classe de uso do solo <i>Área antropizada</i> .....	75
<b>FIGURA 26</b>	Área das classes de uso do solo em km <sup>2</sup> .....	76
<b>FIGURA 27</b>	Mapa de declividades do Alto Anhanduí.....	79
<b>FIGURA 28</b>	Área das classes de declividade em km <sup>2</sup> .....	80
<b>FIGURA 29</b>	Vertentes pouco inclinadas do Alto Anhanduí cobertas por pastagem.....	81
<b>FIGURA 30</b>	Plantação de aveia na classe de declividade 0-2%.....	83
<b>FIGURA 31</b>	Evolução da <i>Área urbanizada</i> em função da declividade.....	88
<b>FIGURA 32</b>	Evolução da <i>Vegetação natural</i> em função da declividade.....	90
<b>FIGURA 33</b>	Evolução da <i>Área antropizada</i> em função da declividade.....	91
<b>FIGURA 34</b>	Área das classes hipsométricas em km <sup>2</sup> .....	93
<b>FIGURA 35</b>	Mapa Hipsométrico da Bacia do Alto Anhanduí.....	95
<b>FIGURA 36</b>	Taxas de infiltração, escoamento e evapo-transpiração da água.....	102
<b>FIGURA 37</b>	Pastagem recém plantada irrigada por aspersão convencional.....	107
<b>FIGURA 38</b>	Área preparada que será irrigada por pivô central.....	107
<b>FIGURA 39</b>	Mapa geomorfológico da Bacia do Alto Anhanduí.....	111

<b>FIGURA 40</b>	Cruzamento das classes geomorfológicas com o uso do solo de 1988.....	113
<b>FIGURA 41</b>	Evolução da <i>Área urbanizada</i> em função da geomorfologia.....	116
<b>FIGURA 42</b>	Evolução da <i>vegetação natural</i> em função da geomorfologia.....	117
<b>FIGURA 43</b>	Evolução da <i>Área antropizada</i> em função da geomorfologia.....	118

## LISTA DE TABELAS

		Pág.
<b>TABELA 1</b>	Imagens de satélite utilizadas.....	40
<b>TABELA 2</b>	Cartas topográficas utilizadas.....	41
<b>TABELA 3</b>	Generalização das classes mapeadas.....	63
<b>TABELA 4</b>	Faixas obrigatórias para preservação da mata ciliar.....	68
<b>TABELA 5</b>	Distribuição da área ocupada pelas diferentes classes de uso do solo de 1988 com as classes de 1998.....	72
<b>TABELA 6</b>	Uso e cobertura do solo - 1988 e 1998 (km <sup>2</sup> e %).....	77
<b>TABELA 7</b>	Distribuição da área ocupada pelas diferentes classes de uso do solo de 1988 em função da declividade.....	78
<b>TABELA 8</b>	Uso do solo de 1988 na classe de declividade 0-2%.....	82
<b>TABELA 9</b>	Uso do solo de 1988 na classe de declividade 2-5%.....	83
<b>TABELA 10</b>	Uso do solo de 1988 na classe de declividade 5-8%.....	84
<b>TABELA 11</b>	Uso do solo de 1988 na classe de declividade 8-13%.....	85
<b>TABELA 12</b>	Uso do solo de 1988 na classe de declividade > 13%.....	86
<b>TABELA 13</b>	Distribuição da área ocupada pelas diferentes classes de uso do solo de 1998 em função da declividade do Alto Anhanduí.....	87
<b>TABELA 14</b>	Distribuição da área ocupada pelas diferentes classes de uso do solo de 1988 em função da hipsometria.....	93
<b>TABELA 15</b>	Uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 360-480.....	96

<b>TABELA 16</b>	Uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 480-520.....	97
<b>TABELA 17</b>	Uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 520-560.....	97
<b>TABELA 18</b>	Uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 560-720.....	98
<b>TABELA 19</b>	Distribuição da área ocupada pelas diferentes classes de uso do solo de 1998 em função da hipsometria.....	100
<b>TABELA 20</b>	Evolução da <i>Área urbanizada</i> em função das classes hipsométricas.....	101
<b>TABELA 21</b>	Evolução da <i>Vegetação natural</i> em função da hipsometria.....	105
<b>TABELA 22</b>	Evolução da <i>Área antropizada</i> em função da hipsometria.....	106
<b>TABELA 23</b>	Classificação das classes geomorfológicas através das variáveis: densidade de drenagem e declividade das vertentes.....	109
<b>TABELA 24</b>	Distribuição da área ocupada pelas diferentes classes de uso do solo de 1988 em função das classes geomorfológicas.....	110
<b>TABELA 25</b>	Distribuição da área ocupada pelas diferentes classes de uso do solo de 1998 em função das classes geomorfológicas.....	116

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>DSG</b>	- Diretoria do Serviço Geográfico
<b>EIA</b>	- Estudo de Impacto Ambiental
<b>EUPS</b>	- Equação Universal de Perda de Solos
<b>FIBGE</b>	- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>GPS</b>	- Global Positioning System
<b>INPE/DPI</b>	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Divisão de Processamento de Imagens.
<b>IPT</b>	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas
<b>MNT</b>	- Modelo Numérico de Terreno
<b>NASA</b>	- National Aeronautics and Space Administration
<b>NEPO</b>	- Núcleo de Estudos da População
<b>PCBAP</b>	- Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai
<b>PI</b>	- Plano de Informação
<b>POLOCENTRO</b>	- Programa para o Desenvolvimento do Cerrado do Centro-Oeste
<b>PRODECER</b>	- Programa Cooperativo Nipo-brasileiro para o desenvolvimento do Cerrado
<b>RGB</b>	- Red, Green, Blue
<b>RIMA</b>	- Relatório de Impacto Ambiental
<b>SA</b>	- Selective Availability



<b>SEMADES</b>	- Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
<b>SEPLAN</b>	- Secretaria de Planejamento
<b>SIG</b>	- Sistemas de Informações Geográficas
<b>SITIM/SGI</b>	- Sistema de Tratamento de Imagem Digital/ Sistema Geográfico de Informações
<b>SPRING</b>	- Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
<b>TERRASUL</b>	- Departamento de Terras e Colonização de Mato Grosso do Sul
<b>TM</b>	- Thematic Mapper
<b>UNICAMP</b>	- Universidade Estadual de Campinas
<b>WWF</b>	- World Wildlife Fund

## RESUMO

JESUS, Antonivaldo de. (2000). Estudo da relação entre geomorfologia e evolução do uso do solo mediante o emprego de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento: Bacia Hidrográfica do Alto Anhanduí/MS. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Este trabalho teve como objetivo estudar a relação entre a geomorfologia e a evolução do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Anhanduí/MS entre 1988 e 1998. Para tanto foram aplicadas técnicas de sensoriamento remoto representadas pela ampliação linear de contraste, segmentação e classificação não-supervisionada por regiões utilizando imagens digitais do Sensor Thematic Mapper do Satélite Landsat 5 para obter os mapas de uso do solo. Os atributos geomorfológicos estudados foram os morfométricos representados pela hipsometria e declividade obtidos de cartas topográficas e os genéticos caracterizados pelas unidades geomorfológicas derivadas do mapa temático de geomorfologia da SEPLAN/MS. Os mapas hipsométrico e de declividades foram confeccionados utilizando o SIG SPRING através do Modelo Numérico de Terreno por meio da grade triangular. As informações geomorfológicas foram cruzadas com as informações de uso do solo de 1988 e 1998 através da tabulação cruzada. Verificou-se considerável redução da vegetação natural decorrente do crescimento da área urbanizada e da área antropizada (decorrente do avanço da fronteira agrícola para o Oeste do Brasil) uma vez que as características geomorfológicas do Alto Anhanduí não oferecem limitações naturais à ocupação humana pelo fato de que ali predominam regiões com baixas declividades e planas, favoráveis à mecanização agrícola e à implantação de empresas agrícolas.

Palavras-chave: geomorfologia; uso do solo; sensoriamento remoto; geoprocessamento; bacia hidrográfica.

## ABSTRACT

JESUS, Antonivaldo de. (2000). Study of the relationship between geomorphology and the evolution of land use by using remote sensing and geoprocessing techniques: Watershed of Alto Anhanduí/MS. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

This study aims to analyse the relationship between the geomorphology and the evolution of the land use of the Watershed of Alto Anhanduí/MS between 1988 and 1998. Remote sensing techniques were applied represented by the linear contrast stretch, segmentation and unsupervised classification by regions using digital images from the Thematic Mapper Sensor of Landsat 5 Satellite to obtain the land use maps. The geomorphological attributes studied were the morfometrics represented by hipsometry and slopes obtained from topographical letters and the genetic ones obtained by the geomorphological units derived from the geomorphology thematic map of SEPLAN/MS. The hipsometric and slope maps were made using GIS SPRING through the Numeric Terrain Model by means of triangular grid. The geomorphological information was crossed with the one of land use of 1988 and 1998 through the crossed tabulation. A considerable reduction of the natural vegetation was verified resulting from of both the growth of the urbanized area and the anthropics area (due to the progress of the agricultural border to the West of Brazil) once the geomorphological characteristic of Alto Anhanduí does not offer natural limitations to human occupation, as plain regions low slopes prevail favoring agricultural mechanization and the introduction of agricultural companies.

Key-words: geomorphology; land use; remote sensing; geoprocessing; watershed.

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

A proposta deste trabalho foi procurar entender como a organização geomorfológica do espaço condicionou o uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica do Alto Anhanduí –MS entre os anos de 1988 e 1998. A escolha da área de estudo e das datas, deu-se a partir da constatação feita por JESUS & SALLES (1996) de que parte dessa bacia hidrográfica estava sujeita a intensa degradação ambiental, decorrente da destruição de matas ciliares e do uso inadequado do solo.

O estudo realizado por JESUS & SALLES baseou-se na interpretação visual de imagem do sensor Thematic Mapper do Satélite Landsat 5 referente ao ano de 1988. No presente estudo propôs-se a aperfeiçoar a metodologia utilizada pelos autores acima, introduzindo métodos de processamento digital de imagens e manipulação de dados em ambiente de sistema de informações geográficas. Além disso, introduziu-se na abordagem uma análise da dinâmica do uso e ocupação do solo a partir da avaliação das mudanças ocorridas em intervalo de 10 anos.

Para atingir tal objetivo foram utilizados métodos de análise espacial disponíveis em sistemas de informações geográficas. As informações submetidas à análise provêm de duas fontes:

- A) Primárias - Estas fontes englobam os dados coletados e extraídos de imagens sensor Thematic Mapper do Satélite Landsat 5;



B) Secundárias – Estas fontes envolvem a utilização de mapas e cartas temáticas já existentes, produzidas por órgãos diversos.

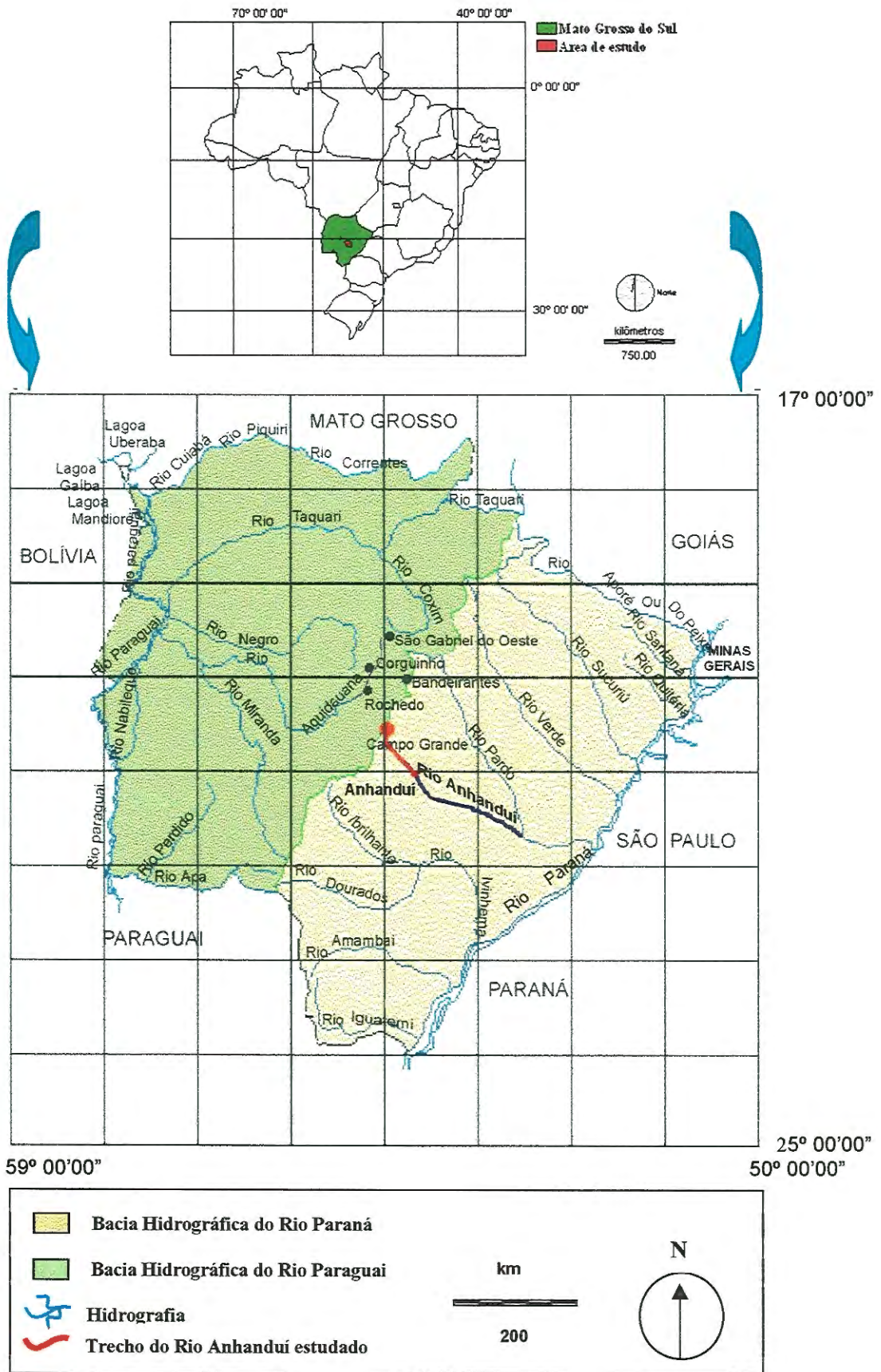
A Bacia Hidrográfica do Alto Anhanduí – MS abrange os núcleos urbanos de Campo Grande – MS e o distrito de Anhanduí, no município de Campo Grande, possuindo uma área aproximada de 2568,465 km<sup>2</sup>. A área de estudo está localizada entre os paralelos 20° 22' 25" e 21° 04' 11" S e os meridianos 54° 21' 52" e 54° 52' 22" W (FIGURAS 1 e 2).

Esta bacia foi selecionada para este estudo devido à escassez de informações úteis ao planejamento para seu uso racional. As informações disponíveis de uso do solo estão desatualizadas devido à dinâmica do uso e ocupação da terra na região. Dentre as informações disponíveis destacam-se, por exemplo, aquelas derivadas do Projeto Anhanduí (TERRASUL, 1983). Esses estudos foram executados para suprir naquele momento a ausência de informações no que se refere a ocupação e utilização das terras. Além de desatualizadas, as informações derivadas do Projeto Anhanduí encontram-se em mapas de escalas pequenas (1:500.000 e 1:250.000).

Os resultados do presente estudo poderão, portanto, servir como um instrumento que subsidie ações dos órgãos governamentais tais como a SEMADES - Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e da SEPLAN - Secretaria de Planejamento, responsáveis pelo gerenciamento e uso dos recursos naturais da Bacia Hidrográfica do Alto Anhanduí.

Este estudo também atende às diretrizes preconizadas pela Lei nº 6.938 (Política Nacional do Meio Ambiente) de 31 de agosto de 1981, Artigo 2º, cujo objetivo é garantir a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental

propicia à vida. A bacia em estudo corresponde à uma região de mananciais e nascentes que se encontram ameaçados pelo crescimento da cidade de Campo Grande. Esta área de mananciais e nascentes possui potencial para se tornar abastecedora dos núcleos urbanos de Campo Grande e Anhanduí, distrito localizado à jusante da Bacia. Com o processo de urbanização crescente, aumenta-se também o consumo per capita de água e de alimentos, bem como a retirada da cobertura vegetal para propósitos de loteamentos e conjuntos habitacionais. A retirada dessa cobertura e aumento das áreas impermeabilizadas aumenta o escoamento superficial, impedindo a recarga do lençol freático, implicando numa crescente escassez de água em qualidade e quantidade.



FONTE: SEPLAN (1992), adaptado de SANTOS (2000)

FIGURA 1 - Localização da área de estudo no Brasil e no Estado de Mato Grosso do Sul



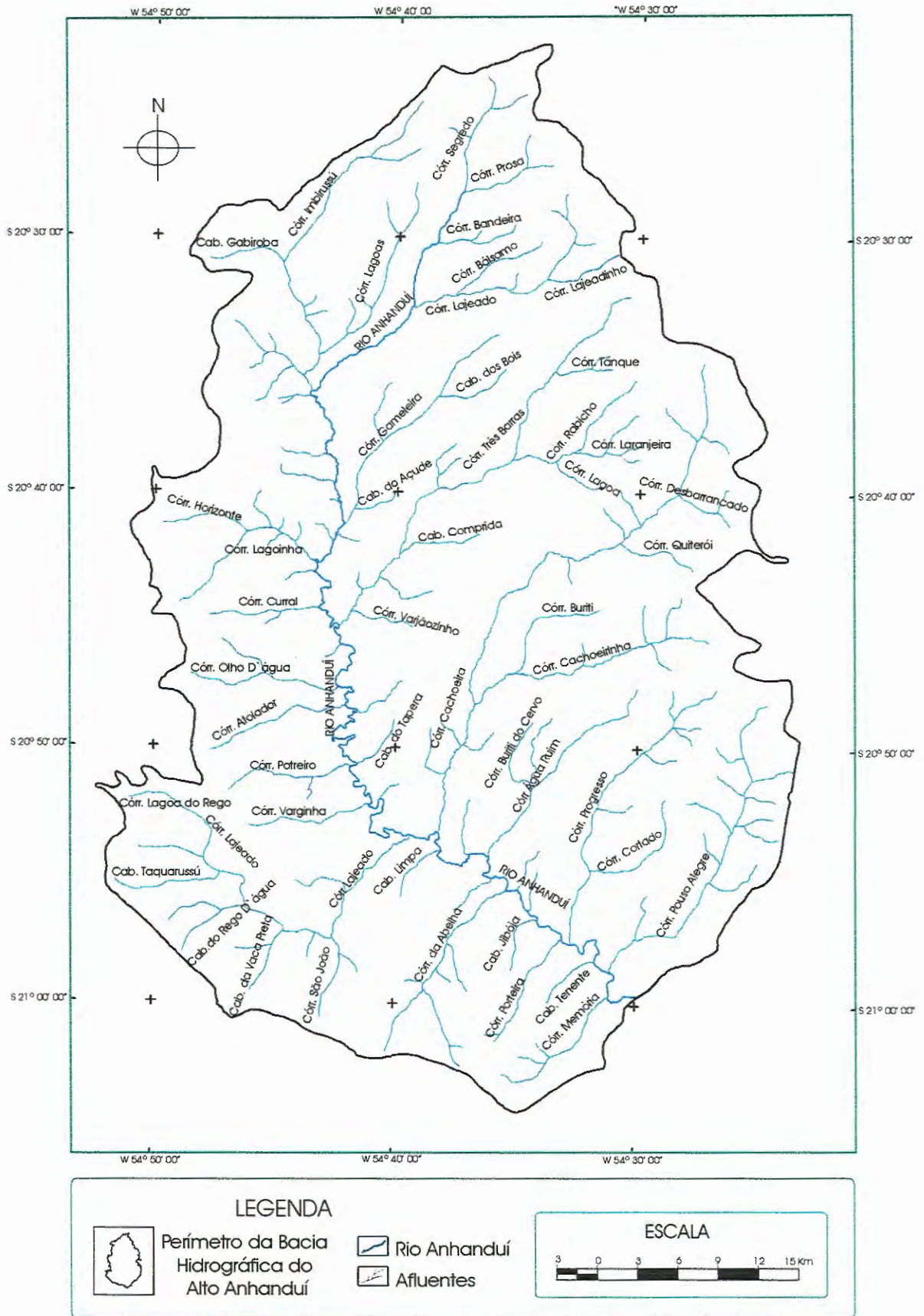


FIGURA 2 - Bacia Hidrográfica do Alto Anhanduí-MS

## **CAPÍTULO 2 - OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo geral estudar a relação entre a geomorfologia e a evolução do uso do solo do Alto Anhanduí – MS em dois momentos, 1988 e 1998, mediante a utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

### **2.2. Objetivos específicos**

- ☉ Implementação de um banco de dados georreferenciados sobre a área de estudo;
- ☉ Determinação das taxas de mudanças no uso do solo entre os anos de 1988 e 1998;
- ☉ Avaliação da relação entre as taxas de mudanças no uso do solo e as variáveis morfométricas que caracterizam as diferentes unidades geomorfológicas da Bacia do Alto Anhanduí-MS

## **CAPÍTULO 3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. Geomorfologia e estudos ambientais**

A pesquisa realizada por PENIDO (1998) demonstra a importância da inclusão de atributos geomorfológicos na definição do traçado adequado de rodovias visando minimizar seus impactos ambientais. O estudo de PENIDO (1998) realizado na região metropolitana de São Paulo visou a identificação do sítio mais adequado para a construção de um trecho do Rodoanel Metropolitano de São Paulo. Os autores confeccionaram mapas de uso da terra derivados de imagens TM do Satélite Landsat, os quais foram associados a mapas temáticos de geomorfologia confeccionado pelo IPT e dados de declividade derivados de cartas topográficas. Esses dados permitiram definir classes de aptidão física para a locação da rodovia.

O trabalho de PENIDO (1998) também representa uma das etapas para a elaboração de Estudos de Impactos Ambientais e Relatórios de Impactos Ambientais - EIA/Rima, obrigatórios quando se planeja a implantação de grandes projetos de engenharia de qualquer natureza (ROSS & MOROZ, 1996). Por meio desse estudo fica demonstrado que a base operacional para a delimitação do espaço é amplamente alicerçada na geomorfologia (ARGENTO, 1995).

Outra abordagem que incorpora atributos geomorfológicos na análise de impactos ambientais é proporcionada pela Equação Universal de Perda de Solos - EUPS. Esta abordagem foi utilizada para analisar a erosão do solo da Microbacia do Córrego Pinheirinho em Sumaré-SP (FERNÁNDEZ, 1996). Um dos componentes utilizados para compor a equação é o fator topográfico representado pelo comprimento e pela declividade da vertente. A declividade, neste caso, foi obtida com o uso de um ábaco triangular conforme descrito em DE BIASI (1982).

RANIERI (1996) utilizou a declividade como um dos parâmetros para a confecção do mapa de risco à erosão na Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Marins - SP. Na carta de declividade produzida, a autora utilizou intervalos de classe de 0-2%, 2-5%, 5-10%, 10-20% e >20%, enfatizando que estes intervalos são adotados para a determinação da capacidade de uso das terras, excetuando os dois últimos por terem sido modificados no estudo. O último intervalo foi definido como maior que 20% visto que a partir desta declividade o risco de erosão aumenta independente do tipo do solo ou cobertura vegetal.

Em trabalho sobre monitoramento do cerrado, BARGUIL (1998) considerou a declividade como um dos fatores ambientais que propiciam alteração na vegetação. A autora, neste trabalho, verificou que a área de estudo apresentava 91,3% do total com declividade entre 0 e 12%, o que facilitou o uso da mecanização nas práticas agrícolas, favorecendo o uso intensivo do solo e conseqüentemente a remoção do cerrado. Os intervalos de classe por ela utilizados foram: 0-1%, 1-2,5%, 2,5-5%, 5-12%, 12-25% e >25%.

Com o objetivo de indicar áreas críticas de contribuição de poluição em trecho do Rio Pardo - SP, PRADO (1999) elaborou cenários através da integração de



de informações pedológicas, do uso do solo e da geomorfologia representada pelo mapa de classes de declividades. A autora utilizou cinco intervalos de classes, sendo: 0-2%, 2-5%, 5-10%, 10-20% e >20% verificando que na área são predominantes os três primeiros, ou seja, com baixas declividades. O primeiro intervalo diz respeito aos solos hidromórficos, margeando os cursos d'água, ainda assim, esta área foi utilizada para plantação de cana-de-açúcar até a margem do Rio Pardo e seus afluentes, desconsiderando a legislação sobre área de preservação permanente como as matas ciliares. Para PRADO (1999), a vegetação natural retirada em solo suscetível à erosão para utilização cultural provoca aumento no aporte de nutrientes nos rios.

MEDINILHA (1999) utilizou Modelo Matemático de Detenção<sup>1</sup> em ambiente de SIG para calcular a largura da faixa de mata ciliar do Rio Corumbataí. Este modelo leva em conta as características de declividade, geologia, área do setor estudado, extensão da rede de drenagem e rugosidade<sup>2</sup>. Através de sua aplicação verificou-se que a largura da mata ciliar varia, apresentando-se em alguns lugares, mais estreita ou mais larga do que o limite estabelecido pelo Código Florestal. A variação da faixa ciliar foi de 6 a 61m. Com o cálculo, a autora enfatizou que a largura da mata ciliar não deve ser fixa (apesar da obrigatoriedade de ser contínua) como estabelece o Código Florestal, mas deve variar de acordo com as características da área. Nos setores de nascente a faixa deve ser mais larga devido à proximidade entre os cursos d'água e à maior declividade. Já fora dessas áreas a faixa ciliar pode

---

<sup>1</sup> A detenção refere-se à capacidade da mata ciliar de deter ou diminuir a chegada de sedimentos aos recursos hídricos.

<sup>2</sup> A rugosidade utilizada no modelo por Medinilha (1999), refere-se ao uso e ocupação do terreno, podendo ser agrícola ou urbano. No caso estudado refere-se à área urbana.

ser mais estreita, considerando que sua várzea é ampla, a inclinação do terreno é suave e o solo por vezes é permeável, facilitando a infiltração.

Outras pesquisas realizadas por PINTO (1991), CASTRO (1992), FLORENZANO (1993), VALÉRIO FILHO (1994), SAIZ (1996), CREPANI et al. (1996), SILVA (1999) e LIPORACI (1999) demonstram amplamente a relevância da geomorfologia como parâmetro fundamental em estudos de avaliação do impacto ambiental das mudanças de uso e ocupação do solo.

Nos últimos 50 anos, os estudos geomorfológicos, no Brasil, tiveram grande expansão. Atualmente, em função de uma maior valorização das questões ambientais, a Geomorfologia vem ganhando espaços pela pertinência da aplicação direta dos seus conhecimentos à análise ambiental (MARQUES, 1995).

### **3.2. Técnicas para obtenção de classes de declividade como informações sobre o relevo**

Para a elaboração de uma carta de declividade da Bacia do Rio Corumbataí para subsidiar a reorganização do uso da terra, KOFFLER (1994) utilizou as seguintes classes: <2%, 2-5%, 5-10%, 10-20%, 20-45% e >45% obtidas com a utilização do ábaco por amostragem sistemática de grade de células. O autor considerou o método muito trabalhoso, embora permitindo minimizar o efeito da subjetividade do processo. O autor ainda afirma que as técnicas automatizadas podem ser mais vantajosas por permitirem alterações posteriores dos intervalos de classes, o que amplia a aplicabilidade da base de dados produzida. Outra vantagem das técnicas automatizadas é que possibilitam sua manipulação em ambiente de SIG, pela facilidade de obtenção da área de cada classe (FLORENZANO, 1993)

Os métodos automatizados para confecção de mapas de declividades aplicados a diferentes objetivos foram utilizados por diversos autores. MAZZOCATO (1998) propôs um zoneamento de aptidão para a ocupação urbana da Bacia do Rio Una no Município de São Sebastião. Neste trabalho, a autora utilizou três métodos para obtenção de classes de declividades, método automático a partir da grade retangular e da grade triangular utilizando o Modelo Numérico de Terreno (FELGUEIRAS & ERTHAL, 1992), o método de tendências e o método do ábaco. O primeiro apresentou imprecisões na determinação das classes através da grade retangular e da grade triangular. O segundo permitiu ter boa idéia das classes da área e o terceiro foi considerado o mais preciso, apesar de ser mais demorado, portanto o utilizado no estudo. MAZZOCATO (1998) utilizou as seguintes classes: <5%, 5-10%, 10-20%, 20-35%, 35-45%, 45-60% e >60. A autora verificou que as declividades predominantes na área foram os intervalos de 0-5% e >35%, considerando-os desfavoráveis ao desenvolvimento urbano. No trabalho, o intervalo de 0-5% na bacia é considerado como área de risco de inundação fluvial por apresentar problemas com saneamento básico, escoamento de águas pluviais e esgoto muito lento. Já o intervalo >35% compreende áreas inadequadas à ocupação urbana e uso agrícola com riscos de indução de escorregamentos por atividade antrópica.

### **3.3. Sensoriamento remoto**

As técnicas de sensoriamento remoto têm sido amplamente utilizadas para o levantamento dos recursos naturais, e principalmente para o mapeamento do uso e ocupação da terra. Os estudos dos recursos naturais da Terra através de imagens orbitais tomou um grande impulso a partir do lançamento pela NASA do



primeiro satélite desenvolvido especialmente para monitoramento dos recursos do nosso planeta em 1972 (KOFFLER, 1993). Sensoriamento remoto pode ser definido como a tecnologia através da qual dados de radiância de uma cena são transformados em informações sobre os objetos que a compõem (ROSA, 1990b; NOVO, 1989), ou seja, a aquisição de informações sobre determinado alvo através da análise de dados coletados por sensores de radiação eletromagnética, sem entrar em contato direto com o alvo em questão (SILVEIRA, 1997; ASSUNÇÃO, 1989).

### **3.3.1. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao estudo da cobertura vegetal e uso do solo**

PEREIRA et al. (1989), em levantamento sobre cobertura e uso da terra utilizando técnicas de sensoriamento remoto definiram cobertura e uso da terra como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado, seja por aspectos naturais ou por atividades desenvolvidas pelo homem. Na escolha de dados de sensoriamento remoto visando o mapeamento do uso e cobertura do solo deve-se levar em conta três aspectos fundamentais : a época de aquisição em função da variação sazonal das diferentes espécies vegetais, as bandas espectrais e também as escalas de trabalho (ROSA,1990).

Diversos autores reconhecem a importância da tecnologia de sensoriamento remoto para o levantamento e monitoramento dos recursos naturais, visto que ela permite a aquisição de dados sinópticos e freqüentes (PINTO et al. 1989; PEREIRA et al. 1989; PEREIRA et al. 1994; MORELLI, 1999; CARVALHO, 1993; MIRANDA, 1990 e ASSAD, 1993).

Os dados periódicos de cobertura e uso da terra, com um custo relativamente baixo, tornou-se possível com o lançamento de satélites para o levantamento dos recursos naturais, respeitando as restrições impostas pela resolução do sistema sensor (PEREIRA et al. 1989).

PADILHA (1995) utilizou várias técnicas de sensoriamento remoto para discriminação de alvos urbanos na cidade de Guarulhos-SP utilizando imagem digital HRV/SPOT (pancromática e multiespectral). As técnicas por ela utilizadas foram: Técnica de transformação IHS (como técnica de fusão de dados), Modelo Linear de Mistura, Técnica de Segmentação e Classificação Não-supervisionada por regiões (ISOSEG). As classes foram mapeadas por interpretação visual e submetidas à verificação de campo. As classes mapeadas foram: área construída, vegetação, solo exposto e água. O resultado obtido foi a base para a interpretação dos produtos digitais. A autora verificou que através das informações sobre os alvos urbanos oferecidas pela imagem multiespectral foi possível uma melhor delimitação das classes de uso do solo. O produto híbrido através da transformação IHS, permitiu boa definição espacial com limites e formas das classes de uso do solo. O modelo linear de mistura possibilitou trabalhar com o solo exposto e vegetação, mas a limitação do número de componentes foi obstáculo à classificação e definição das classes devido a heterogeneidade das áreas urbanas. O algoritmo de segmentação permitiu delimitar as classes de uso do solo de interesse com possibilidade de discriminação espectral entre as mesmas, apesar de a perda da resolução espacial ter interferido em algumas áreas na delimitação das formas e limites de algumas classes. Os resultados obtidos com a aplicação do ISOSEG, apesar de algumas limitações, foi capaz de discriminar as classes de uso do solo de interesse do estudo.

O ISOSEG é utilizado para classificar regiões de imagens segmentadas. É um algoritmo de agrupamento de dados não-supervisionado, aplicado sobre um conjunto de regiões, que são caracterizadas por atributos estatísticos de média e matriz de covariância, e também pela área. Ele não assume nenhum conhecimento prévio de densidade de probabilidade dos temas. Esta técnica agrupa regiões a partir de uma medida de similaridade. Sua aplicação resume-se em três etapas: 1- definição do limiar em percentagem que define uma distância de Mahalanobis de forma que todas as regiões pertencentes a uma dada classe estão distantes da classe por uma distância inferior a esta; 2 - detecção de classes em que as regiões são ordenadas em ordem decrescente de área e inicia-se o agrupamento em classes e; 3 - agrupamento entre classes onde as regiões são reclassificadas, considerando-se os novos parâmetros estatísticos das classes definidos na etapa anterior. Ao término, todas as regiões estarão associadas a uma classe definida pelo algoritmo (INPE, 2000).

O sensoriamento remoto representou uma ferramenta básica para mapeamento, quantificação e monitoramento da vegetação na Bacia do Alto Paraguai – Pantanal (BAP) brasileiro (SILVA et al. 1997). O mapeamento foi realizado a partir da interpretação visual de 24 imagens de satélite na escala 1:250000, obtidas pelo sensor TM na composição colorida das bandas 5, 4 e 3 na sequência RGB, sendo R(vermelho), G(verde) e B(azul) para parte da Bacia do Alto Paraguai no Mato Grosso do Sul e na escala 1:1000000 para toda a BAP dos anos de 1990 e 1994. Os autores utilizaram o Sistema Fisionômico-ecológico brasileiro para classificação da vegetação. A quantificação das áreas foi realizada através do SITIM/SIG e SPRING. Os autores obtiveram 44 classes de vegetação, agregadas em quatro regiões fitogeográficas, um sistema de formações pioneiras, dois de transição



(ecótono e enclave) e um secundário. Através deste trabalho, verificaram que a BAP possui 69,53% de área natural, em virtude da excelente conservação da vegetação do Pantanal, que possui 95,02% de área natural, enquanto que no planalto esse valor é de 53,78%. A Savana (cerrado) predomina na bacia, ocupando 62,31% da área natural, seguida das Florestas (Decidual e Semidecidual) com 11,52%, Encraves com 10,89%, Ecótonos, Savana Estépica (Chaco), e Formações Pioneiras, com 7,39%, 6,29% e 1,59%, respectivamente.

VALÉRIO FILHO et al. (1997) apresentaram uma abordagem metodológica através utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento envolvendo o tratamento de imagens digitais e sistemas de informações geográficas, para o mapeamento da dinâmica do uso e da cobertura vegetal da terra e verificação de sua adequação à capacidade de uso sustentável via geoprocessamento. Os dados digitais TM/Landsat após a fase de pré-processamento, foram submetidos às técnicas de realce de imagens por Ampliação Linear de Contraste e Transformação IHS para os conjuntos de bandas TM 3(B), TM 4(G) e TM 5(R) e TM 7(B), TM 5(G) e TM 4(R). Obtiveram através da imagem do ano de 1993 a carta de uso e cobertura vegetal natural com as seguintes classes: citricultura, cana-de-açúcar, culturas anuais, pastagem, reflorestamento e vegetação natural, analisando a evolução das classes com o mapa produzido por DONZELI et al. (1992). O cruzamento dos mapas dos dois anos com o mapa de capacidade de uso sustentável permitiu avaliar o índice de adequação do uso do solo no período. Os autores enfatizaram a contribuição significativa da Ampliação Linear de Contraste para a definição das classes de uso e cobertura vegetal. A área apresentava em 1989 77,4% explorada adequadamente, já em 1993 passou para 75,4%, demonstrando que

essa ocorrência, apesar de pequena, pode ser uma indicadora de processos de degradação ambiental na Microbacia do Córrego São Joaquim em Pirassununga - SP.

ALMEIDA FILHO et al. (1998), com o objetivo de avaliar e quantificar o desempenho de técnicas de segmentação e classificação automática não-supervisionada por regiões, realizaram mapeamento do uso do solo em uma área teste na Amazônia. Para tal confeccionaram um mapa de uso do solo (utilizado como mapa de referência) por meio de interpretação visual de uma composição colorida Lansat, obtida com as bandas 3(B), 4(G) e 5(R), e um mapa a partir da classificação automática da imagem digital com as mesmas bandas e da imagem mistura com as seguintes classes: floresta densa, capoeiras, pastagens e solo nu. Os resultados demonstraram que o desempenho global foi de 84% para a classificação da imagem original e de 90% para a classificação da imagem mistura. Comparando-os com o mapa de referência verificou-se que houve uma concordância muito boa, o que significa uma confiança em torno de 95%. As técnicas empregadas pelos autores, neste trabalho, foram consideradas bastante satisfatórias.

COUTINHO (1997) utilizou técnicas de sensoriamento remoto para o mapeamento do uso das terras no Município de Campinas - SP. O autor utilizou o algoritmo de segmentação por crescimento de regiões e a classificação supervisionada de imagens orbitais. A imagem utilizada foi a do Sensor Thematic Mapper do Satélite Landsat 5 nas bandas 3, 4 e 5. As classes obtidas foram as seguintes: áreas densamente urbanizadas, áreas em urbanização, matas, reflorestamento, pastos limpos, pastos sujos e corpos d'água. As maiores dificuldades observadas na utilização do algoritmo foi que em função da

heterogeneidade da cobertura e uso da terra, algumas áreas, principalmente a áreas em urbanização obtiveram baixa precisão no mapeamento desta classe. Mesmo com estes problemas, o autor considerou eficiente o emprego das técnicas utilizadas em relação ao tempo reduzido e aos custos envolvidos.

### **3.4. Sistemas de classificação para o mapeamento do uso e ocupação do solo**

Um dos pontos principais da aplicação do sensoriamento remoto ao mapeamento do uso da terra, é a definição do sistema de classificação. A função deste sistema, de acordo com NOVO (1989), é fornecer um quadro de referência para a organização e hierarquização da informação. A autora afirma ainda que mesmo não havendo um sistema único aplicável a qualquer circunstância, é importante que este permita a incorporação hierárquica de informação, à medida que sejam disponíveis dados coletados em diferentes níveis de aquisição.

ROSA (1990b), complementa a colocação acima, argumentando que esta classificação única é pouco provável que possa ser desenvolvida, pois cada uma é feita de forma a atender às necessidades do usuário e adaptado à uma dada região.

SAUSEN (1981), em trabalho realizado em área de Domínios do Cerrado, utilizou padrões como a tonalidade e textura para mapear a cobertura vegetal e uso da terra. O trabalho foi realizado através da interpretação visual de imagens do Sensor MSS do Satélite Landsat apoiado pelo trabalho de campo. As categorias definidas foram as seguintes: cerradão, campo cerrado, campo sujo de cerrado, campo limpo e mata.



TERRASUL (1983) realizou um trabalho de mapeamento do uso da terra na Bacia do Anhanduí através da interpretação visual de imagens do Sensor MSS e do Sensor RBV do Satélite Landsat 3, considerando a tonalidade, a forma e a relação de aspectos. Neste trabalho foram levantadas onze classes, sendo elas: área urbana construída, cerrado, cerrado alterado (campo sujo), cerradão, pastagem introduzida, área agrícola, mata galeria, águas, várzea, reflorestamento e solo preparado/exposto.

Em trabalho realizado na Bacia do Alto Taquari-MS, enfocando fitofisionomia e uso da terra, HERNANDES FILHO et al. (1998) estabeleceram uma legenda para classificação utilizando a mesma do PCBAP (1997) adaptada de VELOSO (1992), tendo resultado as seguintes classes: Campo ( Savana gramíneo lenhosa), Cerrado( Savana arborizada), Cerradão (Savana florestada), Cerrado e mata aluvial (Savana/Floresta estacional semidecidual aluvial - AS+Fa) e Mata aluvial (Floresta estacional semidecidual aluvial - Fa).

VELOSO (1991) propôs um sistema para classificação da vegetação brasileira adaptado ao sistema universal em que as classes pudessem ser compreendidas por leitores fora do país, sendo que esta classificação apresenta o tipo de vegetação acompanhada do termo prioritário seguido do nome popular entre parênteses, tal como: Savana (Cerrado), Savana Florestada (Cerradão), Savana Arborizada (Campo Cerrado), Savana Parque (Parque de Cerrado) e Savana Gramíneo-lenhosa (Campo).

No trabalho de BARGUIL (1998), foram utilizadas as bandas 5(R), 4(G) e 3(B) da imagem do Sensor Thematic Mapper do Satélite Landsat 5 para avaliar a evolução do cerrado entre os anos de 1986 e 1996. As classes mapeadas foram:

matas nativas, cerrado, reflorestamento (pinus e eucalipto), culturas (anuais e perenes), solo exposto (em áreas rurais e urbanas) e represas. Todas as fisionomias de cerrado (campo limpo, campo sujo, campo cerrado e cerradão) foram considerados como uma única classe em função do objetivo proposto no trabalho que era de monitorar o cerrado entre os anos estudados.

PRADO (1999), na análise do processo evolutivo do uso e ocupação do solo e sua influência na qualidade da água, utilizou imagens de satélite dos anos de 1985 e 1997. A interpretação foi baseada na composição colorida das bandas 5(R), 4(G) e 3(B) da imagem do Sensor Thematic Mapper do Satélite Landsat 5, que permitiu o mapeamento de nove classes de uso e ocupação da terra (reflorestamento, vegetação natural, campos, cana-de-açúcar, área urbana, solo exposto, hidrografia e áreas desconsideradas (nuvem e sombra de nuvem). A autora verificou que houve uma redução da vegetação natural a partir da expansão da cana-de-açúcar no período estudado, bem como o crescimento da área urbana, representada principalmente pela cidade de Ribeirão Preto. Houve também aumento da área de queimadas em função da colheita da cana-de-açúcar, predominante na região. Estas práticas favorecem o aporte de poluentes que atingem o Rio Pardo pelo escoamento superficial.

### **3.5. Potencialidade do geoprocessamento**

Como geoprocessamento entende-se a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica (CÂMARA & MEDEIROS, 1998).

O Brasil, um país com grande dimensão territorial e carente de informações adequadas que subsidiem a tomada de decisões sobre os problemas urbanos e ambientais necessita de meios que possam preencher esta lacuna. O geoprocessamento possui este potencial, pois apresenta um custo tecnológico relativamente baixo. O objetivo principal do geoprocessamento é fornecer ferramentas computacionais para que os diferentes analistas avaliem as evoluções espacial e temporal de um fenômeno geográfico e as interrelações com outros fenômenos. Ao analisar uma região geográfica para fins de zoneamento agrícola, é necessário escolher as variáveis tais como o solo, a vegetação e a geomorfologia e determinar qual a contribuição de cada uma delas no mapa resultante (CÂMARA & MEDEIROS, 1998; LIOTTE et al. 1999).

Vários trabalhos têm sido desenvolvidos utilizando a tecnologia de geoprocessamento para solucionar problemas ambientais, dentre eles, os de BARGUIL (1998), PRADO (1999), MEDINILHA (1999) já citados anteriormente.

SILVA (1999) utilizou técnicas de geoprocessamento para analisar a relação entre os processos erosivos e sedimentológicos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Água Fria-TO em função das características físicas e de uso do solo da área. Às técnicas de geoprocessamento foram associadas a EUPS - Equação Universal de Perda de Solo. Os resultados da pesquisa permitiram verificar que na área ocorre erosão desencadeada a partir de diversas causas, dentre as quais o uso incorreto do solo e a falta de práticas conservacionistas. O autor considerou satisfatória e importante a técnica de geoprocessamento, pois a mesma permitiu a compreensão holística do processo erosivo.



Para avaliar a suscetibilidade natural e de riscos de erosão da Bacia do Ribeirão Bonito em Santa Maria da Serra - SP, VALÉRIO FILHO (1994) usou um SIG para trabalhar com a Equação Universal de Perdas de Solos. Além disso realizou estudo da evolução do uso do solo através de técnicas de sensoriamento remoto utilizando fotografias aéreas do ano de 1972 e imagens de satélite do Sensor Thematic Mapper/Landsat do ano de 1988. Constatou o aumento das taxas de perda de solo acima do tolerável devido a alterações do uso do solo.

Trabalho semelhante ao anterior, também foi realizado por RANIERI (1996) que utilizou um SIG para trabalhar com a EUPS, produzindo mapas de risco à erosão e estimar a perda de solo para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Marins-SP.

Através de técnicas de geoprocessamento VALÉRIO FILHO & PEREIRA NETO (1994) fizeram uma análise temporal do uso do solo entre os anos de 1980 e 1993 com a aptidão agrícola das terras para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cafezal. Verificaram que houve um aumento de área com exploração agrícola incompatível com a aptidão agrícola das terras no período estudado. Em 1980, 16,1% da área estava sendo superutilizada, passando para 26,2% em 1993, o que levou a uma intensificação dos processos de degradação dos solos na área estudada.

### **3.5.1 O caráter multidisciplinar do geoprocessamento no planejamento**

Segundo CÂMARA & MEDEIROS (1998), as ferramentas computacionais para geoprocessamento (os SIG), permitem realizar análises

complexas, pois integram dados de diversas fontes e permitem a criação de banco de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos. O termo Sistemas de Informações Geográficas é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos.

Uma vantagem dos SIG enfatizada por CÂMARA & MEDEIROS (1998) é de que proporcionam uma repetibilidade nos procedimentos, impossível de ser alcançada por métodos tradicionais. Hoje, sem a utilização de Sistemas de Informações Geográficas, torna-se praticamente inviável a elaboração de projetos ambientais (ARGENTO, 1995).

Trabalhos utilizando as técnicas de geoprocessamento e sistemas de informações geográficas em várias aplicações como planejamento urbano, rural e ambiental, agricultura, zoneamentos e grandes empreendimentos atestam a afirmação, sendo eles: XAUD & COSTA (1999), ANJOS (1996), CASTRO JÚNIOR et al. (1999), FRANCO & ROSA (1998), SOUZA JÚNIOR (1998) e VALÉRIO FILHO et al. (1999).

TEIXEIRA et al. (1992) e LUCHIARI (1994) afirmam que os dados utilizados em um SIG podem ser originários de diversas fontes, que podem ser classificadas genericamente em primárias (que incluem levantamentos diretos em campo ou sobre produtos do sensoriamento remoto) e em secundárias envolvendo mapas e estatísticas, que são derivadas de fontes primárias.

Na manipulação das informações, os SIG funcionam como sistemas de suporte à decisões nas atividades de planejamento e gerenciamento de recursos (MORELLI et al. ,1993), havendo a possibilidade de simulações sobre os fenômenos

do mundo real (CÂMARA & MEDEIROS, 1998) e de planejamento ambiental (LIPORACI et al. 1996), além da criação de cenários que ilustram a manutenção e o agravamento das condições atuais do meio ambiente (ASSAD & SANO, 1993). Esta afirmativa da criação de cenários é reforçada por KLISKEY (1995), enfatizando que tal fato facilita a análise ambiental das mudanças ocorridas no decorrer do tempo.

O uso de um Sistema de Informações para um gerenciamento ambiental se adapta à tendência moderna de diagnosticar e controlar as mudanças e alterações ambientais, no intuito de estabelecer planos para melhor ocupação do solo. A possibilidade de confrontar dados de um projeto com outro mais atual revela o grande potencial do sistema, já que a coleta de informações parte de uma mesma sistemática. (ARGENTO & MARQUES, 1988).

Um sistema de informações geográficas utiliza uma base de dados computadorizada que serve para armazenar dados, analisar, tratar, recuperar, transformar e gerar informações, podendo estes dados ser atualizados rapidamente (CHUVIECO, 1990; TEIXEIRA et al., 1992; MARQUES, 1995). Esta informação é corroborada por BURROUGH (1986), o qual enfatiza que o SIG é um poderoso conjunto de ferramentas, proporcionando coletar, armazenar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real.

O SIG possibilita agilizar a caracterização física e gerenciamento de uma bacia hidrográfica, devido à sua capacidade de realizar análises espaciais e cálculos em dados georreferenciados, facilitando a obtenção dos diversos elementos que dão subsídios a tais estudos (CALIJURI et al., 1996).



### 3.5.2. Uso integrado de geoprocessamento e sensoriamento remoto

MORELLI et al. (1999), em trabalho realizado com o objetivo de avaliar a evolução da cobertura vegetal natural e o uso da terra, consideraram que o uso integrado das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento constituem-se em ferramentas imprescindíveis para a documentação histórica do processo de fragmentação e proposição de alternativas de preservação para esse patrimônio ambiental.

SALLES et al. 1998 enfatizam que essas técnicas também auxiliam na obtenção de informações relativas ao meio físico e ao monitoramento da dinâmica do uso e ocupação. Estes autores com o objetivo de mapear a cobertura vegetal e uso do solo da Reserva Indígena Guarani-Kaiowá-MS utilizaram as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Foram utilizadas fotografias aéreas para o ano de 1964 e imagens orbitais para os anos de 1985 e 1996. As classes obtidas foram: mata, cerrado, gramíneas e solo nu. O processamento se deu através da composição colorida das bandas 5(R), 4(G) e 3(B) do Sensor TM/Landsat, realçadas por ampliação linear de contraste para melhor verificação dos objetos de interesse. Neste mapeamento os autores tiveram dificuldades em delimitar as classes de uso do solo devido ao sistema de produção agrícola caracterizados por pequenas parcelas e formas irregulares, além do uso itinerante de áreas, o qual dificulta o reconhecimento de padrões. No trabalho, verificou-se diminuição nas áreas de vegetação natural e aumento nas áreas de solo nu e gramíneas.

No estudo da adequação do uso da terra dos municípios de Hortolândia e Sumaré - SP, realizado por IPPOLITI (1998), a utilização de SIG permitiu a geração de base de dados codificados espacialmente a qual facilitou a manipulação de dados

e a automatização das análises. A geração de mapas temáticos de uso e cobertura do solo a partir de dados de sensoriamento remoto e sua integração em SIG facilitou e agilizou nos casos da determinação das discrepâncias entre o uso potencial e o uso atual da terra.

Para VALÉRIO FILHO et al. (1999) a utilização das técnicas de sensoriamento remoto aliadas aos recursos dos sistemas de informações geográficas constituem cada vez mais instrumentos fundamentais na análise dos fenômenos urbanos e conseqüentemente no fornecimento de subsídios relevantes para o planejamento físico territorial.

Outros trabalhos como os de BUCCI (1990), FORMAGGIO et al. (1992), VALÉRIO FILHO & PEREIRA NETO (1994), WATRIN (1994), VALÉRIO FILHO et al. (1997) NUMATA (1999) entre outros, atestam que as técnicas de sensoriamento remoto, associadas ao geoprocessamento são importantes ferramentas no auxílio à obtenção de informações relativas ao meio físico e ao monitoramento da dinâmica do uso do solo.

### **3.6. Processamento digital de imagens de satélite**

Segundo NOVO (1989), as técnicas de processamento de imagens digitais podem ser classificadas em três conjuntos: técnicas de pré-processamento (preparação da imagem), técnicas de realce e técnicas de classificação.

### 3.6.1. Pré-processamento

NOVO (1989) enfatiza que as técnicas de pré-processamento incluem a utilização de algoritmos para a correção radiométrica e correção geométrica, além da correção de efeitos atmosféricos que ocorrem na obtenção de imagens.

As técnicas de realce de imagens, de acordo com NOVO (1989), tem por objetivo melhorar a qualidade visual das mesmas. Segundo SANO (1987), as funções de realce modificam os níveis de cinza de uma imagem, destacando certas informações espectrais e facilitando uma análise posterior do fotointérprete. FLORENZANO (1993) aplicou várias técnicas de realce de imagem para melhorar a qualidade visual das imagens e facilitar a extração de informações geomorfológicas. Entre as técnicas utilizadas estão: ampliação linear de contraste, filtragem espacial e transformação por componentes principais.

A ampliação linear de contraste apresenta melhores resultados que a técnica de componentes principais tendo a vantagem de não alterar muito os dados originais (FLORENZANO,1993). O autor adverte, entretanto, que o uso tanto desta técnica quanto das citadas anteriormente deve ser realizado com critério e cuidado porque seu uso depende da aplicação a que se destina e das características da área em estudo.

A intensa utilização da ampliação linear de contraste pode ser verificada através dos trabalhos de LIMA (1990) para levantamento da cobertura vegetal através do Índice de Vegetação; PADILHA (1995) para detecção de vazios urbanos; WATRIN (1994) para estudo temporal da cobertura vegetal e uso da terra; VALÉRIO FILHO et al. (1987) para análise do uso e ocupação do solo; DONZELI et al. (1992) para mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal entre outros.

### 3.6.2. Classificação

Uma das etapas do processamento digital de imagens, é a classificação. Para CRÓSTA (1993), esta técnica envolve implementar um processo de decisão para que o computador possa atribuir um conjunto de pixels da imagem para uma determinada classe. Assim, os valores numéricos associados a cada pixel, definidos pela reflectância dos componentes deste pixel são identificados em termos de tipo de cobertura superficial imageada, denominadas de temas.

As técnicas de classificação são divididas em três partes: técnica de classificação supervisionada, técnica de classificação não-supervisionada e técnica de classificação híbrida (NOVO, 1992).

A classificação é dita supervisionada quando o intérprete interfere na identificação de uma classe de interesse (INPE-DPI, 1999; CRÓSTA, 1993). A classificação é dita não-supervisionada quando o algoritmo de classificação se baseia em critérios estatísticos independentes do analista para identificar as classes dentro de um conjunto de dados (CRÓSTA, 1993). Neste caso são utilizados algoritmos para reconhecer estas classes (INPE-DPI, 1999). As classificações híbridas, mesclam as duas técnicas anteriores (NOVO, 1992).

Na classificação supervisionada é importante que a área de treinamento (área conhecida pelo analista) seja uma amostra homogênea da classe de interesse. Na classificação não-supervisionada, não se deve ter esta preocupação, pois as classes devem ser heterogêneas para assegurar que todas as possíveis classes e suas variabilidades sejam incluídas (INPE-DPI, 1999).

Conforme o processo de classificação empregado, os classificadores podem ser divididos em classificadores "pixel a pixel" e classificadores por regiões.



No primeiro caso é utilizada apenas a informação espectral de cada "pixel" (ou elemento de imagem) para encontrar regiões homogêneas. No segundo caso, utiliza-se além da informação espectral de cada "pixel", a informação espacial que envolve a relação entre os "pixels" e seus vizinhos.

Para superar as limitações da análise pontual (pixel a pixel), propõe-se o uso da segmentação de imagem, anterior à fase de classificação, onde se extraem os objetos relevantes para a aplicação desejada. Neste processo, divide-se a imagem em regiões que devem corresponder às áreas de interesse. Entende-se por regiões um conjunto de "pixels" contíguos, que se espalham bidirecionalmente e que apresentam uniformidade. As regiões obtidas através da segmentação podem ser posteriormente classificadas utilizando tanto algoritmos de classificação supervisionada quanto algoritmos de classificação não-supervisionada.

O algoritmo de segmentação por crescimento de regiões disponível no SPRING depende da definição de duas variáveis: 1º) grau de similaridade entre pixels vizinhos a qual se baseia em testes de hipótese estatístico, que testa a separabilidade de níveis digitais entre as regiões. Em seguida, a imagem é dividida em um conjunto de subimagens, sendo então realizada a união entre elas, 2º) A união ocorre segundo um tamanho mínimo (limiar de similaridade) para o estabelecimento de uma região (INPE-DPI, 1999).

O crescimento de regiões é uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões adjacentes, espacialmente, podem ser agrupadas. Inicialmente o processo de segmentação utilizado rotula cada pixel como sendo uma região distinta. A partir daí são agrupados os pixels com valores de similaridade inferiores ao limiar definido pelo usuário, baseado em um teste de hipótese estatístico

realizado com as médias entre as regiões. Com isto a imagem é fragmentada em sub-imagens, as quais são reagrupadas a seguir, segundo um limiar de agregação (tamanho mínimo aceitável para uma sub-região), definido também pelo usuário (INPE-DPI, 1999).

Os valores ótimos, a serem fixados para a segmentação de imagens, dependem principalmente dos padrões de repartição espacial dos objetos de cada área e da definição da generalização cartográfica ideal, em função da escala cartográfica da abordagem realizada. Não existe, portanto, uma padronização de valores destas variáveis para a obtenção de bons resultados.

O classificador ISOSEG (BINS et al. 1993) é um algoritmo disponível no SPRING para classificar regiões de uma imagem segmentada. É um sistema de classificação não supervisionado, aplicado sobre o conjunto de regiões, que por sua vez são caracterizadas por seus atributos estatísticos de média e matriz de covariância, e também pela área.

Vários pesquisadores têm usado o processo de segmentação, considerando-o muito satisfatório para o mapeamento da vegetação e uso do solo, dentre os quais BINS et al. (1993), BATISTA et al. (1994), ALVES et al. (1996a), ALVES et al. (1996b), SHIMABUKURO et al. (1997) e ALMEIDA FILHO et al. (1997).

### **3.7. Bacia hidrográfica como unidade de estudo**

É de fundamental importância o estabelecimento de uma unidade básica de planejamento no que diz respeito aos parâmetros ambientais e objetivos que se deseja atingir em uma determinada região. Neste caso, a bacia hidrográfica é a



unidade geográfica ideal para o manejo de recursos naturais do ecossistema por ela envolvido (ASSAD & SANO, 1993).

A Bacia hidrográfica ou bacia de drenagem é entendida como sendo a área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, sendo limitada pelos divisores de água (BOTELHO, 1999; GUERRA, 1993; VALENTE, 1976).

Segundo RENUNCIO & LOCH (1997), a adoção de unidades naturais como unidades de planejamento está na influência decisiva que o meio ambiente exerce sobre a economia de determinada região, principalmente no nível rural. Fatores como o crescimento populacional do mundo e o conseqüente aumento na utilização da superfície terrestre faz da água, dos rios e das bacias hidrográficas objetos de estudo e planejamento integrados cada vez mais necessários à utilização correta do meio ambiente e seus recursos naturais.

JENKINS et al. (1994) enfatizam que em termos ambientais, a bacia hidrográfica é a unidade ecossistêmica e morfológica que melhor reflete os impactos das interferências antrópicas, como a ocupação das terras com atividades agrícolas. Esta ocupação, no Brasil, por vezes é realizada de forma inadequada e conduz para a instabilidade ambiental representada pela erosão do solo (PINTO, 1991) e o assoreamento dos cursos d'água em função do desmatamento (ROSA et al. 1981). Nestes casos o estudo de risco de erosão em uma bacia hidrográfica possibilita prever impactos e subsidiar o planejamento de ocupação da área (BERGSMA, 1983).

Para BOTELHO (1999), a delimitação das bacias de drenagem baseada em critérios geomorfológicos, é vantajosa em relação às unidades de planejamento

definidas por outros atributos, cujos limites podem ser bastante imprecisos, tais como aqueles definidos por atributos climáticos ou por tipos de vegetação.

Os estudos relacionados com a drenagem fluvial sempre possuíram função relevante na geomorfologia. A análise de rede hidrográfica pode levar à compreensão e elucidação de numerosas questões geomorfológicas, pois os cursos de água constituem agentes morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre (CHRISTOFOLETTI, 1980). Possibilita também reconhecer as relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação (BOTELHO, 1999).

O uso da terra de um determinado espaço, além de depender de fatores históricos e econômicos, também se dá em função de fatores da natureza, destacando-se a topografia e a drenagem. A análise desses fatores, dentro de uma unidade de área referente a microbacias, contribui para recomendações sobre o uso dessas áreas (ROSA et al. 1981).

SANO et al. (1991) ressaltam que os planejamentos de manejo e conservação dos solos e água de uma microbacia, ou qualquer atividade que envolva a análise de dados georreferenciados podem ser executados de forma mais precisa e rápida com a utilização de SIG. Podendo também ser realizada em unidade de estudo maior ou menor que uma bacia hidrográfica, possuindo a vantagem da precisão do produto final e a economia de tempo em relação aos métodos tradicionais de análise.

## CAPÍTULO 4 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 4.1. Histórico da área de estudo

Historicamente o Alto Anhanduí – MS, desde o início de sua ocupação, caracteriza-se como uma área de grande atividade agropecuária. Os espanhóis introduziram o gado no Sul de Mato Grosso (século XVI), fundando as chamadas Missões do Itatim, como forma de assegurar a posse das terras na região, iniciando também a exploração da erva-mate (WEINGARTNER, 1995).

A partir dos séculos XVII e XVIII, algumas tribos remanescentes das missões jesuíticas começam a praticar a pecuária e também a exploração da erva-mate (WEINGARTNER, 1995). A expansão pastoril propiciou a expansão de arraiais e cidades, entre eles, Campo Grande e Aquidauana (WEINGARTNER, 1995).

A Segunda Grande Guerra provocou profundas mudanças no mundo ocidental, quando muitos países (entre eles o Brasil) aderiram à modernização. Como consequência, no estado de Mato Grosso houve iniciativas de modernização da atividade agropecuária com a introdução da mecanização. A partir desse momento, agricultores de outros estados (principalmente do sul do Brasil) começaram a se instalar em terras matogrossenses, de modo especial no sul (CAMPESTRINI &

GUIMARÃES, 1991). Esta mecanização foi facilitada pela geomorfologia regional, caracterizada por terrenos planos, e representou o elemento facilitador do avanço das frentes pioneiras em direção ao interior do estado.

De acordo com W.W.F. (1995), dois fatores promoveram a expansão agrícola mais recente do cerrado: a criação da nova Capital Federal no final dos anos 50 e a adoção de estratégia e políticas de desenvolvimento e investimentos em infraestrutura entre 1968 e 1980.

No Brasil, o crédito agrícola subsidiado teve grande influência na expansão da agropecuária, inclusive no cerrado, devido a dois impactos: um direto, relativo às expectativas de rentabilidade dos agricultores com acesso ao crédito, e outro indireto, relativo ao preço da terra.

Programas de incentivos como o POLOCENTRO - Programa para o Desenvolvimento do Cerrado criado em 1975 pelo governo federal, estimularam a expansão da agricultura comercial nesta área, sendo responsável pela incorporação direta de 2,4 milhões de hectares à agricultura, equivalente a 31% da área total adicionada a estabelecimentos agrícolas nas zonas atingidas pelo programa. Este programa fixou como meta que 60% da área explorada pelas fazendas fossem exploradas por lavouras e o restante por pastagens plantadas. No entanto, ocorreu uma dupla inversão, pois a área reservada à lavoura foi suplantada pela destinada à pastagens, e a lavoura foi tomada pela soja (W.W.F., 1995).

Outro programa, o PRODECER - Programa Cooperativo Nipo-brasileiro para o Desenvolvimento do Cerrado administrado por organização de direito privado foi desenvolvido em etapas. Em 1980, o programa teve início no oeste de Minas Gerais (PRODECER I) e em 1987 expandiu-se para áreas em Goiás, Mato Grosso do



Sul e Bahia. O impactos ambientais dos programas são semelhantes ao de outras políticas destinadas ao cerrado que estimularam a abertura de terras para o cultivo agrícola (W.W.F., 1995).

De acordo com MANTOVANI & PEREIRA (1998), as regiões onde a vegetação do cerrado foi mais fortemente antropizada localizam-se nos Estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais. Regiões estas que correspondem a áreas exploradas já há bastante tempo. Para estes autores, a região dos cerrados sofreu intensa antropização como verifica-se através das áreas avaliadas, sendo assim distribuídas: 30% da área fortemente antropizada, 35% antropizada e 35% não antropizada.

Para W.W.F. (1999), depois da Mata Atlântica, o Cerrado é o ecossistema brasileiro que mais alterações sofreu com a ocupação humana. Nos últimos anos, a expansão da agricultura e da pecuária representou o maior fator de risco para o cerrado. A partir de 1950 tratores começaram a ocupar sem restrições estas áreas. Dos aproximados 2 milhões de km<sup>2</sup> de vegetação de Cerrado no Brasil, 70% desta área será desmatada até o final do ano 2000.

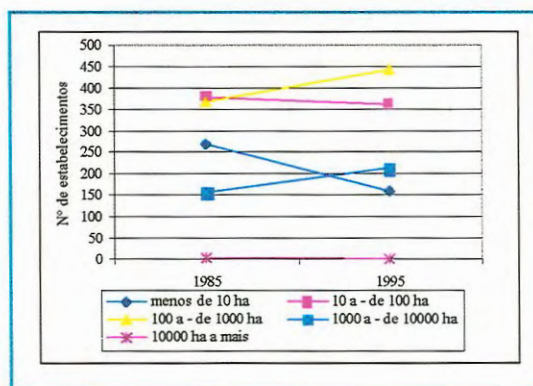
#### **4.2. Estrutura fundiária do Município de Campo Grande**

De acordo com FIBGE (1996) a estrutura fundiária do Município de Campo Grande apresentava-se da seguinte forma nos anos de 1985 e 1995/96: em 1985 o município apresentava 645 proprietários com áreas menores que 100 ha, correspondendo a 2,5% do total da área cadastrada e 159 proprietários com área de 1000 ha ou mais, correspondendo a 74,95% da área total. Em 1995 apresentou uma redução do número de proprietários com áreas menores de 100 ha, passando para

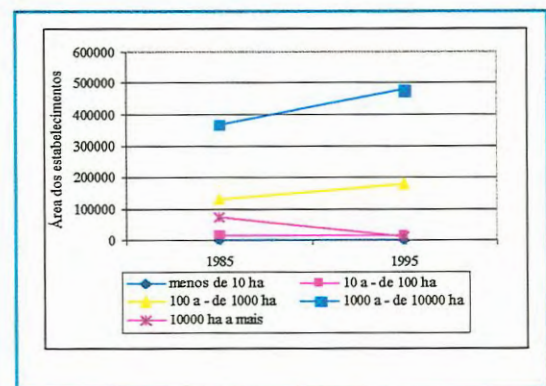


519, o que equivale a 2,13% do total da área cadastrada. Já o número de proprietários com áreas de 1000 ha ou mais aumentou para 213, o que equivale a 71,45% do total da área cadastrada.

Mesmo tendo um número maior de pequenas propriedades, a área ocupada por estes estabelecimentos é bem menor que a área ocupada pelas poucas propriedades com áreas maiores conforme demonstram as FIGURAS 3 e 4.



**FIGURA 3** - Número de estabelecimentos do Município de Campo Grande



**FIGURA 4** - Área dos estabelecimentos do Município de Campo Grande

Percebe-se através destes dados que a concentração fundiária em Campo Grande aumentou no período estudado. Este fato permite argumentar que sendo a área de estudo tradicionalmente voltada para a atividade agropecuária, as terras agregadas às grandes propriedades teve sua vegetação natural reduzida para a plantação de lavoura ou pastagem, o que contribui para a ocorrência de processos erosivos.

### 4.3. Demografia

De acordo com FIBGE (1997), as Regiões Centro-Oeste e Norte tiveram, respectivamente, as maiores taxas de crescimento no período de 1991-1996, sendo de 2,22% e de 2,44% ao ano. Este crescimento é bastante inferior ao crescimento

verificado nos anos 60 e 70 que recebiam importantes correntes migratórias atraídas pela expansão da fronteira agrícola. Campo Grande no mesmo período teve uma taxa de crescimento de 2,71% ao ano. Em 1988, Campo Grande possuía uma população aproximada de 411.000 habitantes, sendo que na contagem da população de 1996, o município apresentava uma população de 600.069 habitantes. A população estimada para 1998 foi de 634.031 habitantes, considerando para o ano a taxa média de crescimento de 2,79%. Através das informações citadas anteriormente, observa-se que no período de 1988 a 1998 a população do município de Campo Grande teve um acréscimo considerável de 54,26%.

Considerando os movimentos migratórios intra-estaduais no Mato Grosso do Sul, verificou-se a tendência da microrregião de Campo Grande como maior receptora migratória entre 1981 e 1991, onde 74.738 migrantes do próprio estado se dirigiram para esta área, obtendo-se um índice de 0,6 IEM (Índice de Eficácia Migratória). Neste mesmo período, no contexto interestadual, foi verificado também o destaque desta microrregião na absorção da migração para o estado com 0,28 IEM. No período de 1991/1996 os municípios de maior recepção de migrantes foram Campo Grande e Dourados (NEPO/UNICAMP, 2000).

Através destes dados, pode-se observar que o Município de Campo Grande por ser o maior absorvedor de imigrantes no Mato Grosso do Sul vem crescendo populacionalmente, o que requer maior produção agrícola para satisfazer a demanda por alimentos, além de aumentar o processo de urbanização da cidade.

A população para Mato Grosso do Sul em 1998 foi estimada em 1.995.578 habitantes com densidade demográfica de 5,57 hab/km<sup>2</sup> (MATO GROSSO DO SUL, 1999). Em 1988 a população do Estado era de 1.677,1 habitantes

(FIBGE,1996). O grau de urbanização para 1996 foi de 83,22%, enquanto o Brasil apresentava um grau de urbanização de 78.36% (MATO GROSSO DO SUL, 1999).

#### **4.4. Caracterização ambiental**

A caracterização ambiental da bacia hidrográfica do Anhanduí está baseada nos trabalhos do Macrozoneamento Geoambiental do Estado de Mato Grosso do Sul (MATO GROSSO DO SUL, 1989).

O relevo da Bacia do Alto Anhanduí é formado por duas unidades: uma unidade caracterizada por relevo plano, geralmente elaborado por várias fases de retomada erosiva, inumado ou não, por coberturas detríticas e/ou de alteração, marcando os alinhamentos de interflúvios que delimitam a Bacia do Alto Anhanduí e outra unidade caracterizada por relevos elaborados pela ação fluvial, apresentando topos tabulares, definidos pela combinação das variáveis densidade de drenagem e declividade de vertentes. Esta apresenta índices menores que  $2^\circ$ , e a drenagem possui densidade de moderada a baixa.

Na área de estudo predominam as feições descritas na segunda unidade, pois esta parte da bacia apresenta vertentes de baixa declividade e topos tabulares modelados pela ação fluvial e drenagem de densidade moderada a baixa em área de substrato basáltico.

A área encontra-se na unidade geológica da Bacia Sedimentar do Paraná, assentada nas Formações Caiuá do Grupo Bauru e Formação Serra Geral do Grupo São Bento. A Formação Caiuá é composta de arenitos finos e médios e grosseiros, arcoseanos e ferruginosos. A Formação Serra Geral é constituída por uma sequência de derrames basálticos. Estas rochas efusivas estão assentadas sobre arenitos eólicos



da Formação Botucatu e capeados pelos arenitos continentais, fluviais e lacustres do Grupo Bauru. É predominante na bacia estudada a Formação Serra Geral, sendo que a Formação Caiuá ocorre apenas numa área restrita de nascentes, localizadas a nordeste da área.

No tocante à vegetação, a área pertence aos domínios da região fitoecológica do cerrado (FIBGE, 1988), caracterizada por campos limpos e cerrados. O cerrado típico da área é constituído de árvores relativamente baixas (até 8 metros), entremeadas de numerosas espécies arbustivas, as quais são tortuosas e, abaixo do estrato arbóreo, arbustivos e subarbustivos, estendendo-se até um metro de altura da cobertura vegetal constituída em geral de gramíneas, além de algumas espécies nativas.

Quanto ao solo, porção nordeste do Alto Anhanduí é formada por areia quartzosa associada ao substrato arenítico. O restante da área apresenta latossolo roxo álico ou distrófico na área de Formação Serra Geral, sendo que ambos estão presentes onde encontram-se os topos tabulares.

De acordo com MATO GROSSO DO SUL (1994), as condições climáticas do estado se assemelham às da Região Centro-Oeste do Brasil. Segundo a classificação de Köppen, ocorrem dois tipos climáticos: o de maior abrangência na área é o Aw (Clima Tropical Úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno) e o Cfa (Clima Mesotérmico úmido sem estiagem, em que a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C, apresentando no mês mais seco uma precipitação superior a 30mm de chuva). Este último ocorrendo na parte sul do Estado.

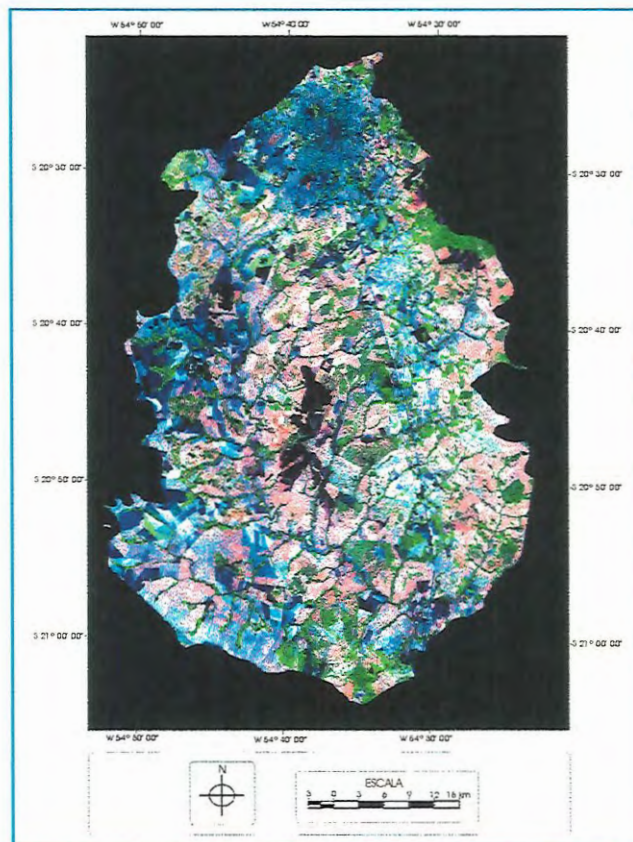


## CAPÍTULO 5 - MATERIAL E MÉTODOS

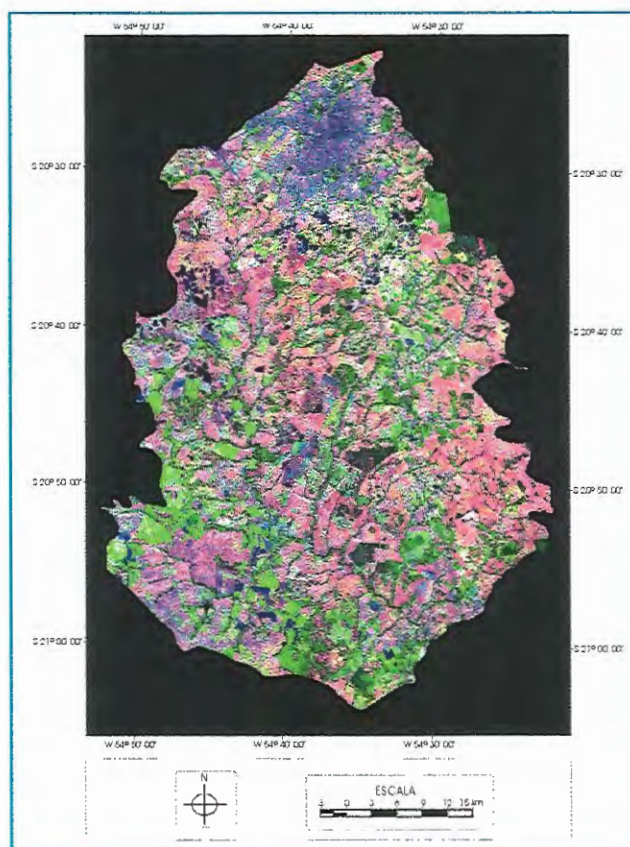
### 5.1. Material

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados produtos de sensoriamento remoto, documentos cartográficos, equipamentos e sistemas de *softwares* computacionais, descritos nas tabelas 1 e 2.

As FIGURAS 5 e 6 e a TABELA 1, resumem as características das imagens TM-Landsat-5 utilizadas para o levantamento do uso e ocupação da terra da área de estudo.



**FIGURA 5** - Imagem TM-Landsat 5 na composição colorida 5R4G3B, utilizada para o mapeamento do uso e ocupação do solo do Alto Anhandui em 1988



**FIGURA 6** - Imagem TM-Landsat 5 na composição colorida 5R4G3B, utilizada para o mapeamento do uso e ocupação do solo do Alto Anhanduí em 1998

**TABELA 1** - Imagens de satélite utilizadas

<b>SATÉLITE</b>	<b>ÓRBITA</b>	<b>PONTO</b>	<b>QUADRANTE</b>	<b>BANDAS</b>	<b>FORMATO</b>	<b>DATA</b>
Landsat 5	225	74	D	5R4G3B	Digital	21/08/88
Landsat 5	225	74	D	5R4G3B	Digital	14/06/98

As principais características da documentação cartográfica de apoio à coleta de dados utilizados neste trabalho estão descritas na tabela 2.

TABELA 2 - Cartas topográficas utilizadas

CARTA	MI	ESCALA	PUBLICAÇÃO	ÍNDICE DE NOMENCLATURA
Campo Grande	458	1:100.000	DSG – 1972	SF.21-X-B-II
Sidrolândia	2587	1:100.000	DSG – 1972	SF.21-X-B-V
Lagoa Rica	2588	1:100.000	DSG – 1971	SF.21-X-B-VI
Piúva	2623	1:100.000	DSG - 1971	SF.21-X-D-II

Além das cartas topográficas, foi utilizada a Carta temática SF.21-X-B - Campo Grande (Tema Geomorfologia) , na escala 1:250000 (SEPLAN/1987).

O processamento das imagens e de dados extraídos da carta temática foi feito a partir da utilização dos seguintes equipamentos e aplicativos:

**Equipamentos:**

- Pentium II 350 Mhz, mesa digitalizadora Digigraf Renoir tamanho A0, e mesa digitalizadora Modelo Summagrid IV, tamanho A1.

**Aplicativos:**

- SPRING 3.2 e SPRING 3.4 beta – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas;
- CARTALINX versão 1.04 (Digitalizador);

Foram ainda utilizados equipamentos para verificação de campo:

- Sistema de Posicionamento Global - GPS (Receptor), Marca Trimble Scoutmaster GPS, Modelo 12237, Diferencial RTCM-104; Acuracidade de 100 m sem o Código SA;
- Câmera fotográfica CANON.



## 5.2. Métodos

O fluxograma da FIGURA 7 resume as fases de execução do projeto de pesquisa.

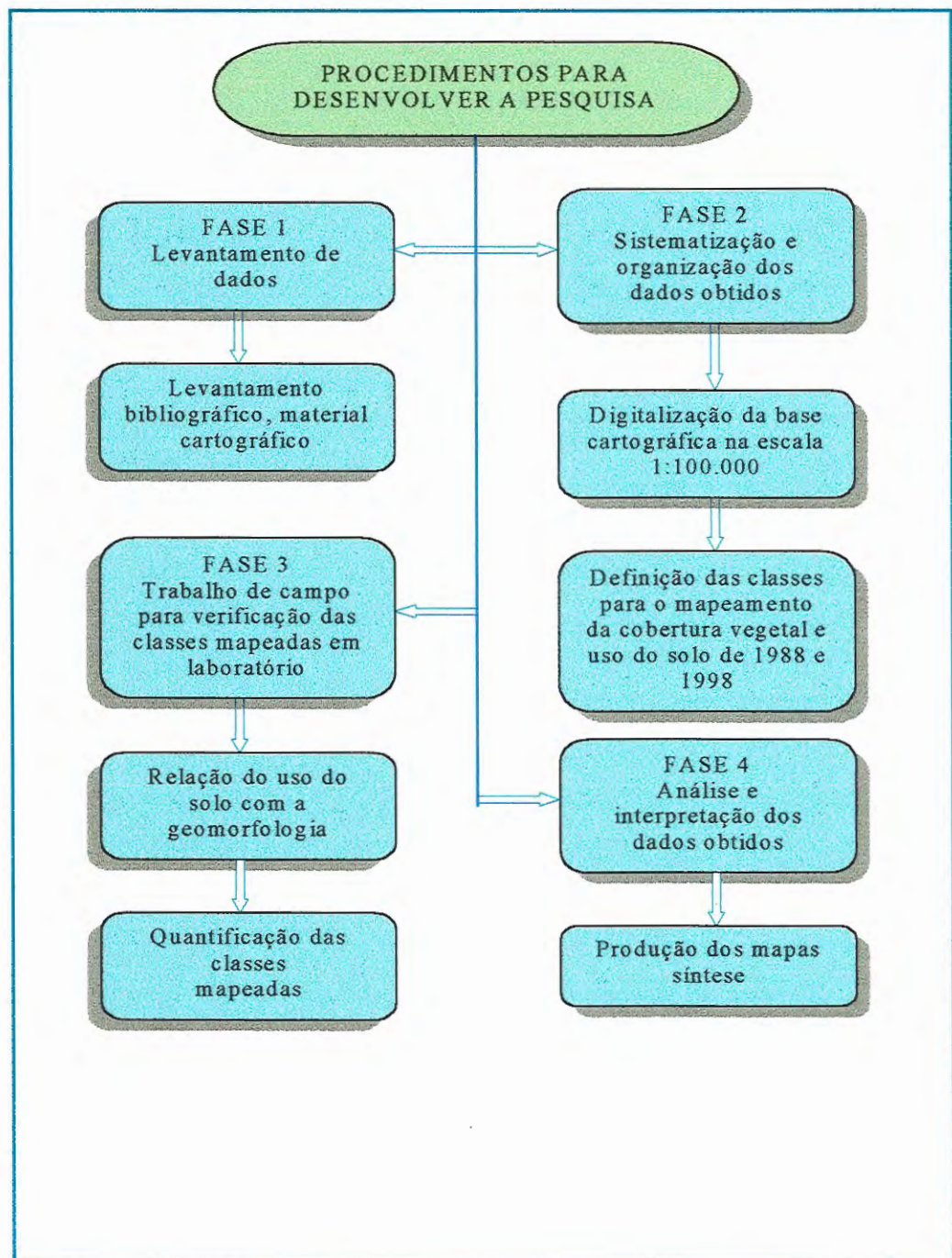


FIGURA 7 - Fases para execução do projeto de pesquisa



### **5.2.1. Levantamento de dados/Compilação de dados**

Esta fase correspondeu à busca de dados, relacionados com os objetivos do projeto através de consultas à bibliografia, material cartográfico e outros trabalhos que poderiam ser utilizados. Esta busca foi realizada em órgãos governamentais, não-governamentais, universidades, etc. A preocupação nesta fase foi compilar as informações a serem utilizadas na pesquisa.

### **5.2.2. Sistematização de dados obtidos**

Nesta fase, os dados levantados através de pesquisa bibliográfica e material cartográfico foram organizados para a estruturação e análise do trabalho. Para tanto, procedeu-se da seguinte maneira:

#### **5.2.2.1. Definição do perímetro da bacia**

Para a extração do perímetro da Bacia Hidrográfica do Alto Anhanduí, foi traçada a linha divisória das águas diretamente nas cartas topográficas na escala 1:100 000. Este trabalho foi executado seguindo-se as cotas de maior altitude e os pontos cotados. Dessa forma, delimitou-se a bacia hidrográfica de interesse, sendo a mesma digitalizada como um plano de informação da categoria temático.

#### **5.2.2.2. Digitalização manual**

A incorporação de dados extraídos de cartas topográficas (TABELA 2) e da carta temática Geomorfologia ao SIG foi realizada através de digitalização manual utilizando mesas digitalizadoras descritas no item 5.1.

### 5.2.2.3. Processamento digital das imagens

Para executar o mapeamento do uso e cobertura do solo nos anos de 1988 e 1998, foram consideradas duas etapas, sendo elas: o pré-processamento e o processamento das imagens.

#### 5.2.2.3.1. Pré-processamento

A Figura 8 apresenta as técnicas utilizadas na etapa de pré-processamento.

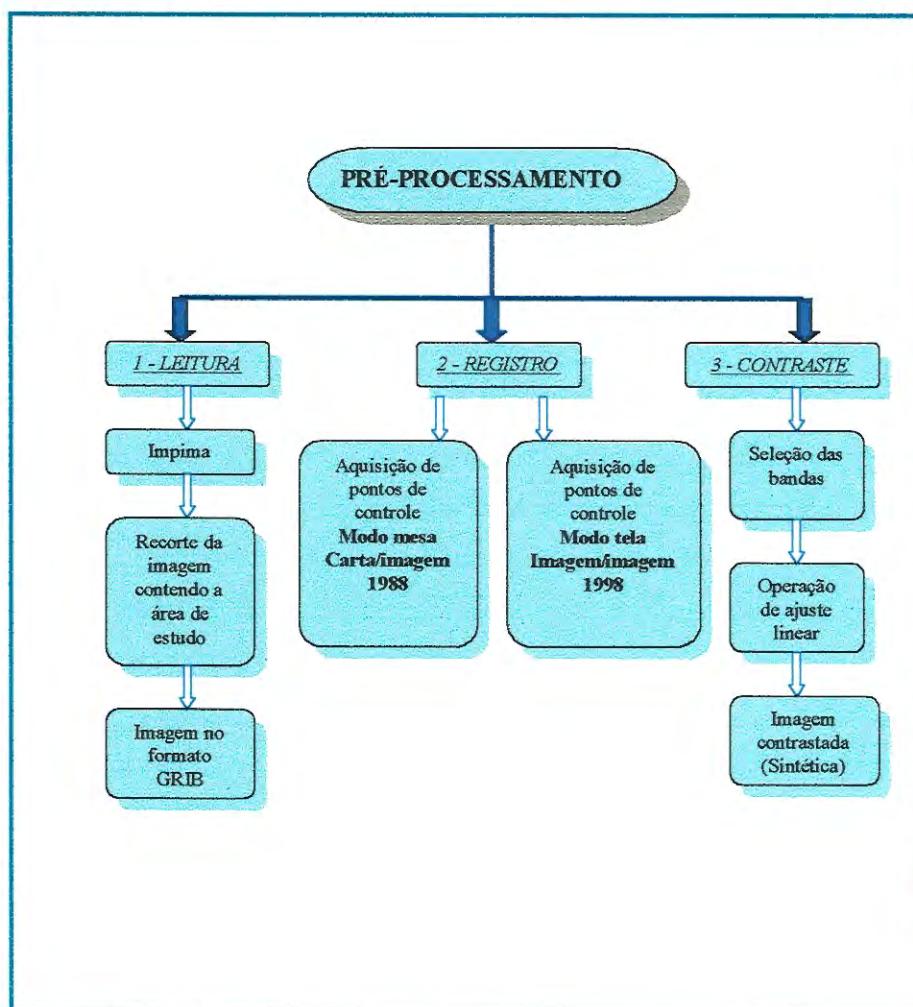


FIGURA 8 - Etapas do pré-processamento

A leitura da imagem foi realizada através do módulo "IMPIMA" em sistema operacional UNIX e obtida a imagem no formato GRIB (Gridded Binary) para economizar memória no armazenamento. Neste módulo foi definido um recorte da imagem onde se encontra inserida a área de estudo. Posteriormente a imagem foi transferida para ambiente Windows.

O registro da imagem de 1988 foi executado através da aquisição de pontos de controle pelo modo mesa implementado no SPRING com a opção carta-imagem. Para a imagem de 1998, foi utilizada a imagem de 1988 já registrada como referência e obtidos os pontos pelo modo tela com a opção imagem/imagem. Para realizar esta etapa, foram coletados pontos ao longo da rede hidrográfica (encontro de rios) de forma a distribuí-los por toda a área de estudo. Ao coletar os pontos, o cálculo de erro (em unidades de resolução de pixel) dos mesmos são apresentados, permitindo a correção simultânea de modo a tornar o registro adequado ao estudo.

Foi aplicada a técnica de realce de contraste através de ampliação linear de contraste nas bandas 5(R), 4(G) e 3(B) com o objetivo de melhorar a visualização das classes de interesse.

### 5.2.2.3.2. Processamento

O fluxograma abaixo resume as técnicas utilizadas na etapa de processamento das imagens utilizadas.

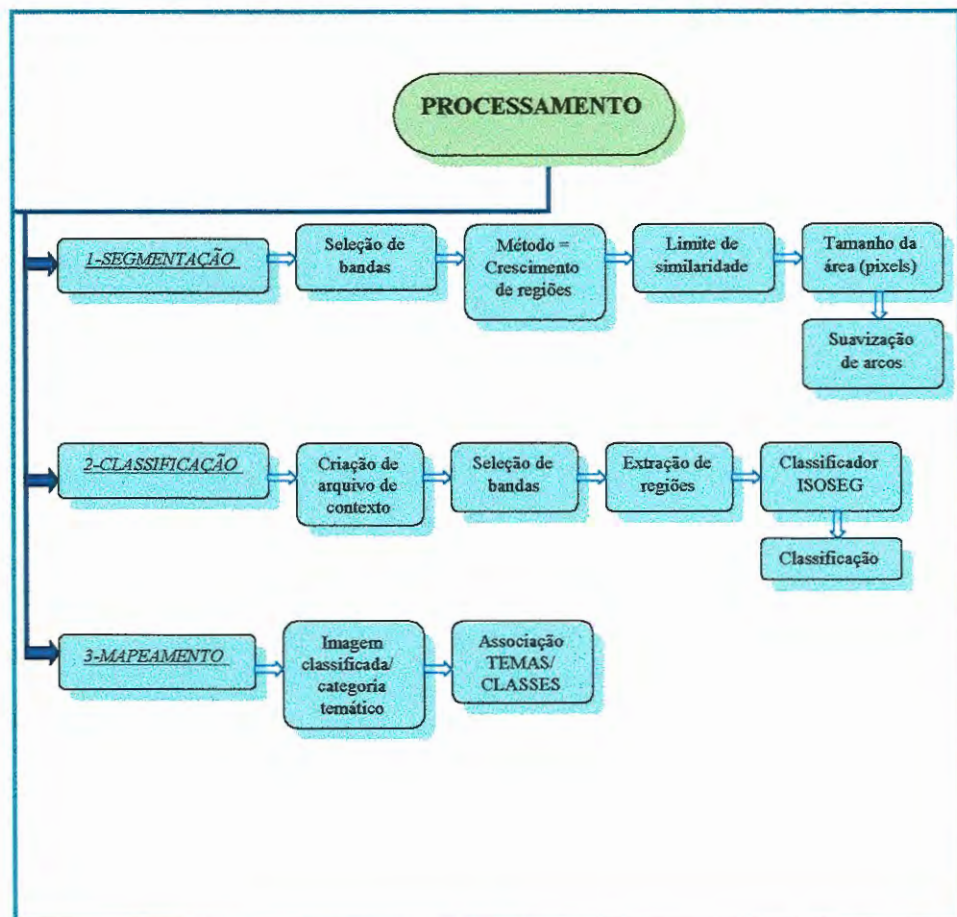


FIGURA 9 - Etapas do processamento das imagens

Na seqüência da execução dos trabalhos, o processamento foi realizado envolvendo três etapas, sendo elas: a segmentação, a classificação e o mapeamento. Para executá-las, foram realizados vários testes com intuito de definir qual a melhor composição para ser utilizada no mapeamento das classes. Para tal foram geradas imagens sintéticas das composições testadas. Esses testes permitiram a seleção da composição das bandas 5(R), 4(G) e 3(B) que é igual a recomendada por NASCIMENTO (1997); NUMATA (1999) e HERNANDES FILHO et al. (1998).



O processo de segmentação de imagens foi utilizado com intuito de fragmentar as regiões das imagens em unidades homogêneas. Ele considera algumas características próprias dos "pixels", como a textura, o contraste e o nível de cinza. Neste caso o algoritmo utilizado é o algoritmo de segmentação por crescimento de regiões.

Para executar a segmentação, o algoritmo utilizado depende de duas variáveis: do limite de similaridade e do tamanho da área em pixel. Foram testados diversos limiares. Neste trabalho utilizou-se o limiar de similaridade igual a 8 e o de área igual a 12 "pixels" por apresentarem os melhores resultados.

Após a segmentação, procedeu-se à classificação aplicando o classificador ISOSEG (BINS et al. 1993 e ALMEIDA FILHO et al. 1998) que é um algoritmo disponível no SPRING para classificar regiões de uma imagem segmentada. Para tanto, foi criado um arquivo de contexto contendo a imagem segmentada e suas respectivas bandas. Para as classificações o limiar de aceitação utilizado foi de 99,9%. Após a definição da imagem de contexto e das bandas, procedeu-se à extração das regiões das mesmas. Para optar por este limiar de aceitação, também foram realizados testes com os outros limiares.

Para realizar a classificação, foi definida uma legenda preliminar com nove classes, sendo: *Savana arborizada*, *Savana florestada*, *Área em regeneração*, *Solo preparado com irrigação*, *Solo preparado sem irrigação*, *Área urbana*, *Água*, *Nuvens* e *Agropecuária*.

As classes definidas como *Savana arborizada* e *Savana florestada*, representam classes em que a vegetação nativa encontra-se preservada, e que portanto, em condições de proteger mais o solo, maior estabilidade do regime

hidrológico, com a preservação das nascentes, e da diversidade biológica. As classes *Solo preparado com e sem irrigação* representam áreas de maior degradação ambiental, uma vez que o solo desnudo oferece riscos de erosão em função da exposição direta do solo ao impacto das chuvas, enquanto que o aproveitamento da água para irrigação implica em um uso constante dos recursos hídricos. A classe *Área urbana* também pode provocar impactos ambientais em função da deposição do lixo urbano, da ocupação de áreas próximas aos cursos d'água e dos dejetos despejados nos mesmos. A classe *Água* foi criada em função da existência de lagos e pequenas represas na área de estudo, e a classe *Nuvens* em função da presença das mesmas na imagem de satélite analisada do ano de 1998. A classe *Agropecuária* (englobando agricultura e pecuária), em função da forma com que se apresentam no terreno, sem as técnicas de manejo adequadas podem também desencadear processos erosivos.

As classes criadas na legenda preliminar, excetuando *Nuvens* e *Água*, podem ser a origem de processos que degradam o ambiente. O contexto geomorfológico onde encontram-se estas classes, pode ou não favorecer eventos prejudiciais ao meio ambiente.

Com as imagens classificadas foi executada a associação das classes aos temas encontrados pelo algoritmo, sendo assim obtido o mapa de uso e ocupação do solo nas duas datas.

### 5.2.3. Trabalho de campo

Nesta fase foi executado o trabalho de campo no período de 23/08 a 31/08/99 tendo como meta cumprir os seguintes objetivos: verificar o mapeamento

realizado através da interpretação da imagem digital enfocando o uso do solo e a cobertura vegetal e realizar observações acerca da geomorfologia da área e do grau de homogeneidade da cobertura vegetal.

Para a execução deste trabalho, foi realizado um planejamento para determinar qual o melhor roteiro a ser seguido. Para tal considerou-se a estrutura viária da área extraída das cartas topográficas e da imagem e do tempo disponível para a execução do mesmo. Além do planejado, caminhos encontrados durante o percurso que proporcionaram acesso foram utilizados para extração de pontos amostrais. Antes do trabalho de campo, definiu-se uma ficha de campo para a anotação dos pontos (ANEXO A).

#### **5.2.3.1. Aquisição de pontos amostrais**

As coordenadas geográficas (latitude e longitude) dos pontos amostrados foram obtidas através da utilização de aparelho Receptor GPS – Global Positioning System (FIGURA 10, ANEXO B).

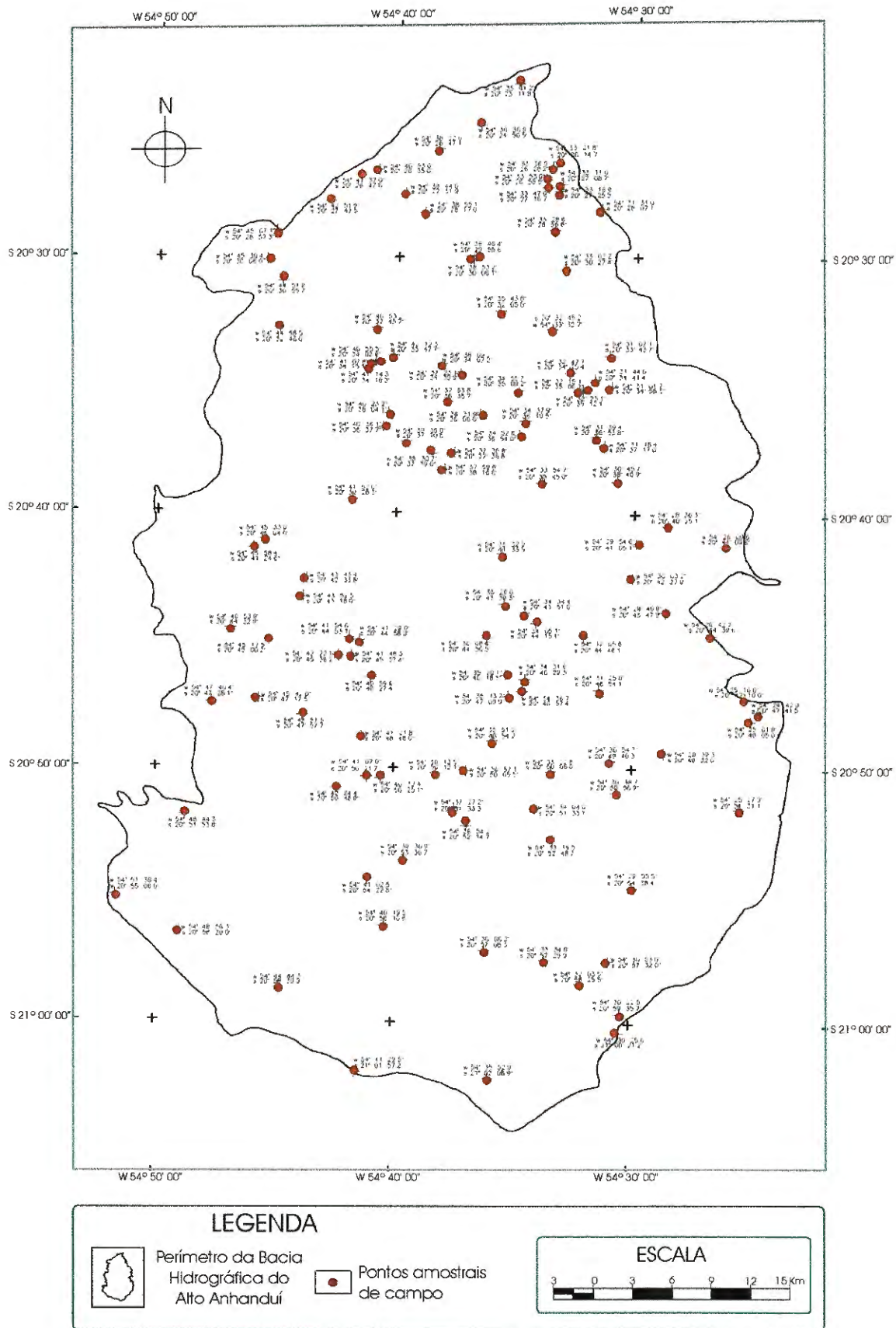


FIGURA 10 - Mapa contendo as coordenadas dos pontos onde foram realizadas verificações de campo





### 5.2.3.2. Entrevistas

Durante a verificação de campo, foram realizadas entrevistas com moradores da região para obter informações sobre o uso e a cobertura pretérita da área (FIGURA 11). As respostas foram anotadas em caderno de campo para posterior comparação com os resultados do mapeamento (ANEXO C).

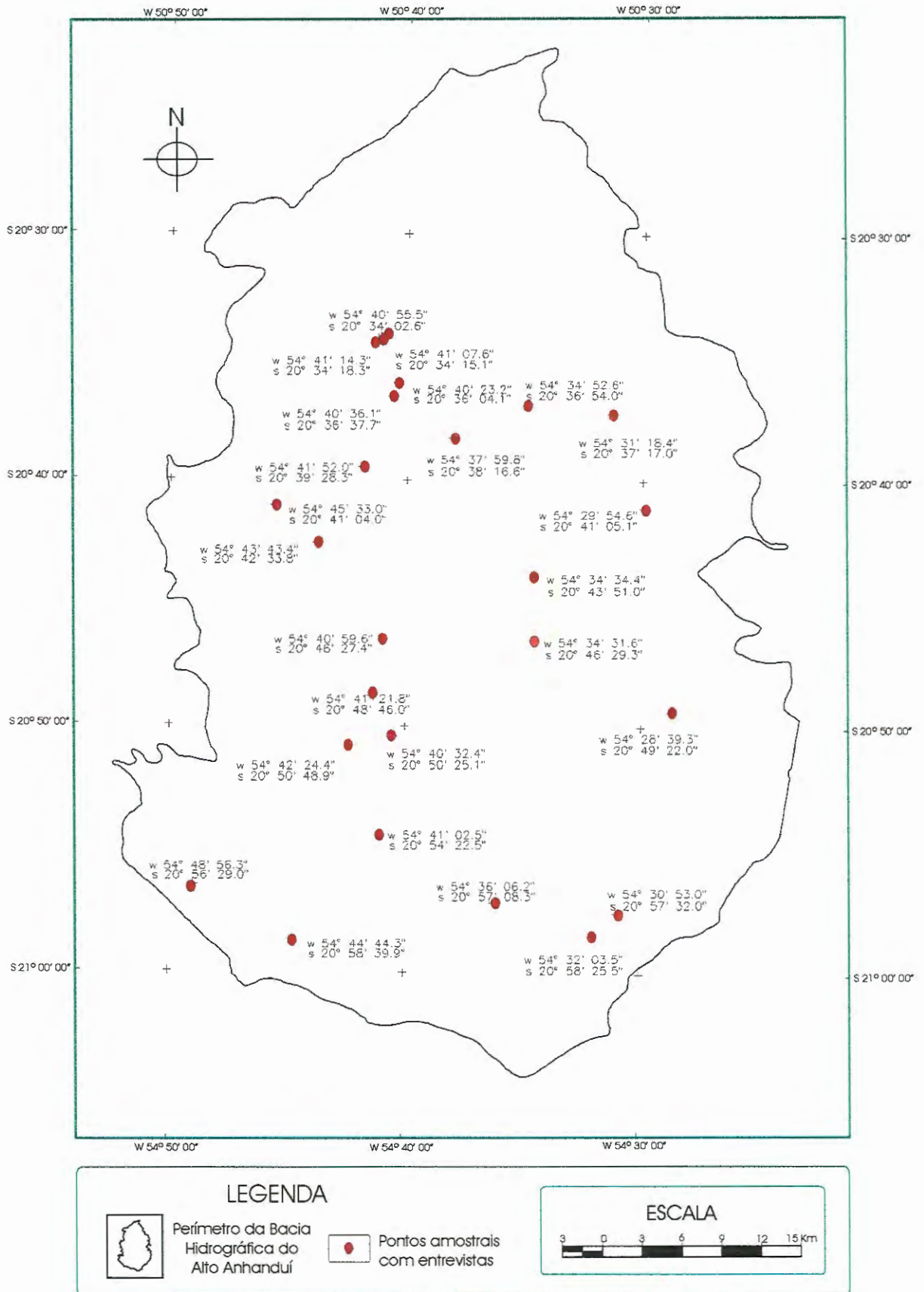


FIGURA 11 - Mapa com as coordenadas dos pontos onde foram realizadas entrevistas de campo

### 5.2.3.3. Registro fotográfico

Realizou-se o registro fotográfico de alguns pontos amostrados de modo a proporcionar melhor visualização da paisagem local e verificação do uso e cobertura vegetal.

### 5.2.4. Análise e interpretação de dados

Com base nas coordenadas dos pontos amostrais, verificou-se através do mapeamento se a verdade de campo correspondia à classe mapeada, sendo então corrigidos os erros do mapeamento.

Para realizar esta tarefa, foi utilizada a edição matricial através da operação classificar áreas disponível no SPRING, onde é possível reclassificar as classes mapeadas erroneamente.

Após as correções das classes iniciais dos mapeamentos, as mesmas foram reagrupadas em classes mais gerais, sendo elas: Área urbanizada, Vegetação natural e Área antropizada. Esta generalização foi feita em função das dificuldades de correções do mapeamento de 1988, pois a recuperação de informações detalhadas do uso e cobertura do solo ficou comprometida devido ao lapso de tempo decorrido e à dinâmica populacional da área em estudo.

As áreas de cada classe mapeada dos anos estudados foram obtidas através da utilização da operação cálculo de área, presente no menu principal na opção temático do SPRING. Este aplicativo fornece as áreas de cada classe, a área total das classes e a área total do plano de informação.

Após as correções do mapeamento avaliaram-se as mudanças de uso do solo entre 1988 e 1998. Para executar este trabalho, foi realizada uma tabulação

cruzada entre os PI's que continham os mapeamentos dos referidos anos. Esta ferramenta de análise geográfica está presente no menu principal do SPRING na opção temático. Os resultados obtidos na tabulação foram convertidos também para a forma de gráficos para auxiliar na interpretação da evolução de cada classe.

Como o objetivo do trabalho foi estudar a relação entre a geomorfologia e a evolução do uso do solo, foram obtidos os mapas hipsométrico, de declividades e o mapa geomorfológico conforme as descrições a seguir.

#### **5.2.4.1. Mapa hipsométrico**

O mapa hipsométrico da Bacia do Alto Anhanduí foi obtido a partir dos dados altimétricos (pontos cotados e curvas de nível) extraídos das cartas topográficas com os quais foi gerada uma grade triangular (TIN). Na modelagem da superfície por meio desta grade, cada polígono que forma uma face do poliedro é um triângulo. Os vértices do triângulo são os pontos amostrados da superfície. Esta modelagem permite que as informações morfológicas importantes como as discontinuidades (cristas e vales) sejam consideradas durante a geração da grade, o que possibilita modelar a superfície preservando as suas feições geomórficas (INPE, 2000).

A grade triangular foi convertida para a grade retangular pela necessidade de analisar as informações do terreno modeladas por interpolador de grade triangular na forma matricial. No processo de conversão foi utilizado o interpolador quártico com linhas de quebra (INPE 2000).

Posterior a conversão da grade triangular para retangular foi realizada a classificação da área em intervalos a partir do uso de um algoritmo de fatiamento,



disponível no menu principal do SPRING na opção MNT, obtendo-se os intervalos de valores de cotas (fatias). Posteriormente cada fatia foi associada a uma classe temática já definida no Esquema Conceitual do banco de dados.

As cartas topográficas utilizadas possuíam uma equidistância de 40 metros entre as curvas de nível. Para obter as classes hipsométricas a partir dessas curvas, não foi respeitada a equidistância entre elas, optando-se por juntar alguns intervalos em uma mesma classe, em função de uma fragmentação exagerada dos intervalos com pouca representatividade espacial no contexto da bacia e pela pouca variação altimétrica entre as áreas mais baixas e mais altas.

#### **5.2.4.2. Mapa de declividades**

Para produzir o mapa de classes de declividade, primeiramente foi gerada a grade triangular. A partir da grade triangular (TIN) utilizou-se da ferramenta declividade disponível na opção MNT do menu principal do SPRING para gerar a grade de declividade. A grade de declividade foi classificada em intervalos de declividade a partir do algoritmo de fatiamento. Posteriormente foi realizada a associação dos intervalos às classes de declividade para obtenção de um mapa temático com sua representação.

#### **5.2.4.3. Mapa geomorfológico**

O mapa geomorfológico da bacia do Alto Anhanduí foi extraído do Mapa Temático Geomorfologia de Campo Grande. As classes foram digitalizadas utilizando o Digitalizador Cartalinx, sendo posteriormente exportadas para o SIG Idrisi que gera arquivos DXF. Em seguida os dados neste formato foram importados

através do SPRING que aceita arquivos nesta extensão. Após a importação foi executado um mosaico de dados vetoriais. Neste caso o plano de informação perímetro utilizado como limite da área de estudo, por meio da ferramenta mosaico na opção temático do menu principal do SPRING. Após a junção dos dados, foi realizado um trabalho de edição vetorial, possibilitando associar cada polígono às classes geomorfológicas presentes no Esquema Conceitual do banco de dados.

#### **5.2.4.4. Cruzamento do uso do solo de 1988 com o uso de 1998**

Utilizando a operação de tabulação cruzada do SPRING, as classes do uso do solo de 1988 foram cruzadas com as classes do ano de 1998 para verificar a evolução das classes e taxas de modificação da ocupação do solo no período estudado.

#### **5.2.4.5. Cruzamento das informações geomorfológicas com as informações de uso do solo**

As informações geomorfológicas obtidas dos mapas de declividade, hipsométrico e geomorfológico foram cruzadas com as informações obtidas com o mapeamento do uso do solo de 1988 e 1998. Os cruzamentos foram realizados através da tabulação cruzada da opção temático disponível no SPRING. Esta operação permite o cálculo de área das intersecções entre as classes temáticas. Para tal operação, é necessário que os dados estejam no formato varredura e devem apresentar a mesma resolução horizontal e vertical, o mesmo número de linhas e colunas e compreender as mesmas coordenadas no terreno.

#### **5.2.4.6. Edição dos mapas finais**

Os mapas finais produzidos pelo SPRING foram transportados para o Módulo SCARTA. Este módulo gera saída gráfica Post Script, permitindo a edição dos mesmos através do Corel Draw que proporciona um melhor tratamento para a saída e para a visualização dos produtos pelos recursos oferecidos, tais como: sistemas de cores, facilidade de manuseio e alternativas de diferentes tipos de letras.

## CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para realizar o mapeamento dos anos de 1988 e 1998, primeiramente foi definida uma legenda para o uso do solo consistindo de nove classes: *Savana arborizada*, *Savana florestada*, *Área em regeneração*, *Solo preparado sem irrigação*, *Solo preparado com irrigação*, *Água*, *Nuvens*, *Agropecuária* e *Área urbana* (FIGURA 12 e FIGURA 13).

Posteriormente à classificação e ao mapeamento foi realizado o trabalho de campo. A análise dos dados de campo possibilitou verificar que as classes apresentavam alguma superposição. Tendo em vista que o objetivo da pesquisa era separar as áreas naturais das áreas antropizadas, após o trabalho de campo, as classes foram reagrupadas em *Área urbanizada*, *Vegetação natural* e *Área antropizada* (FIGURA 14 e FIGURA 15).



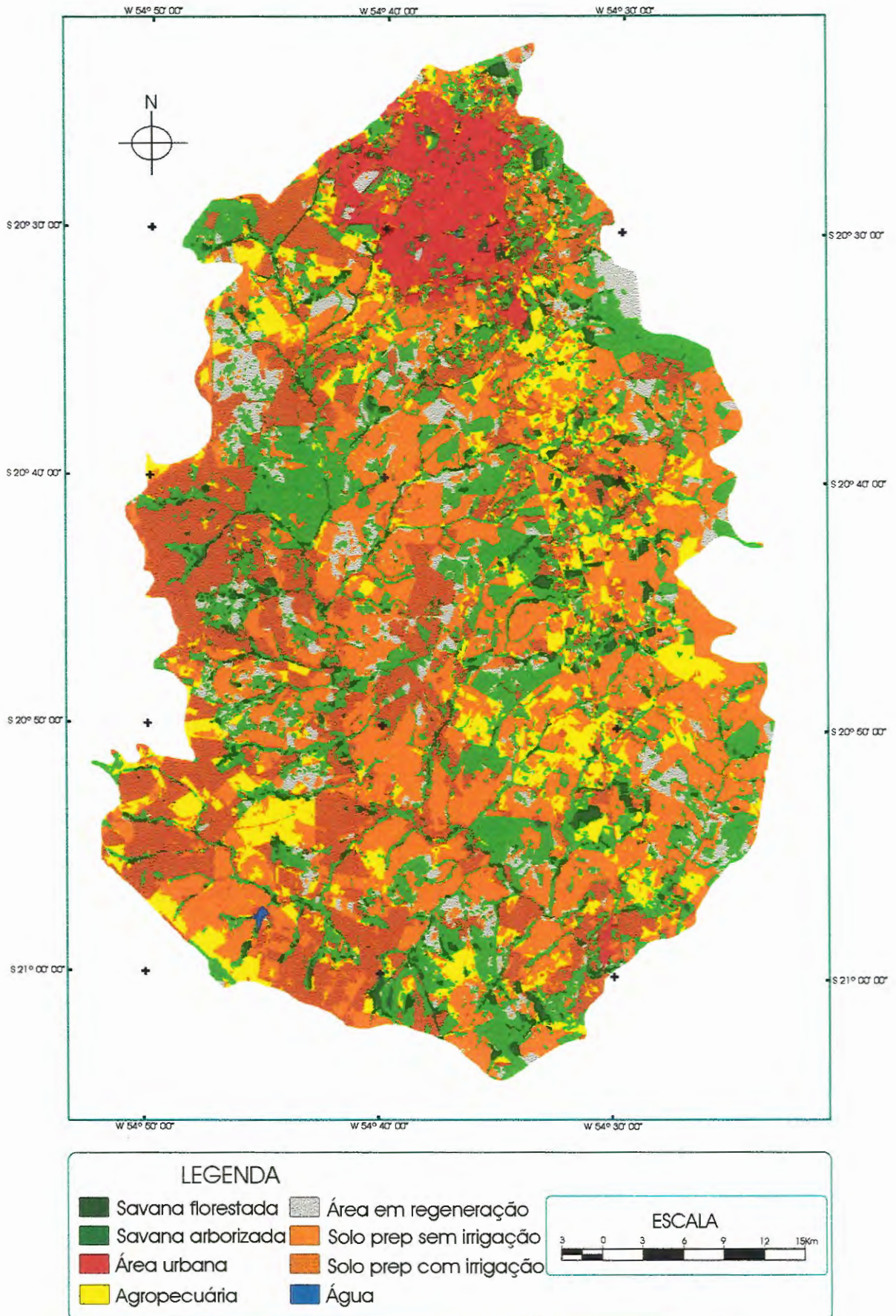


FIGURA 12 - Mapa de uso do solo de 1988 sem reclassificação



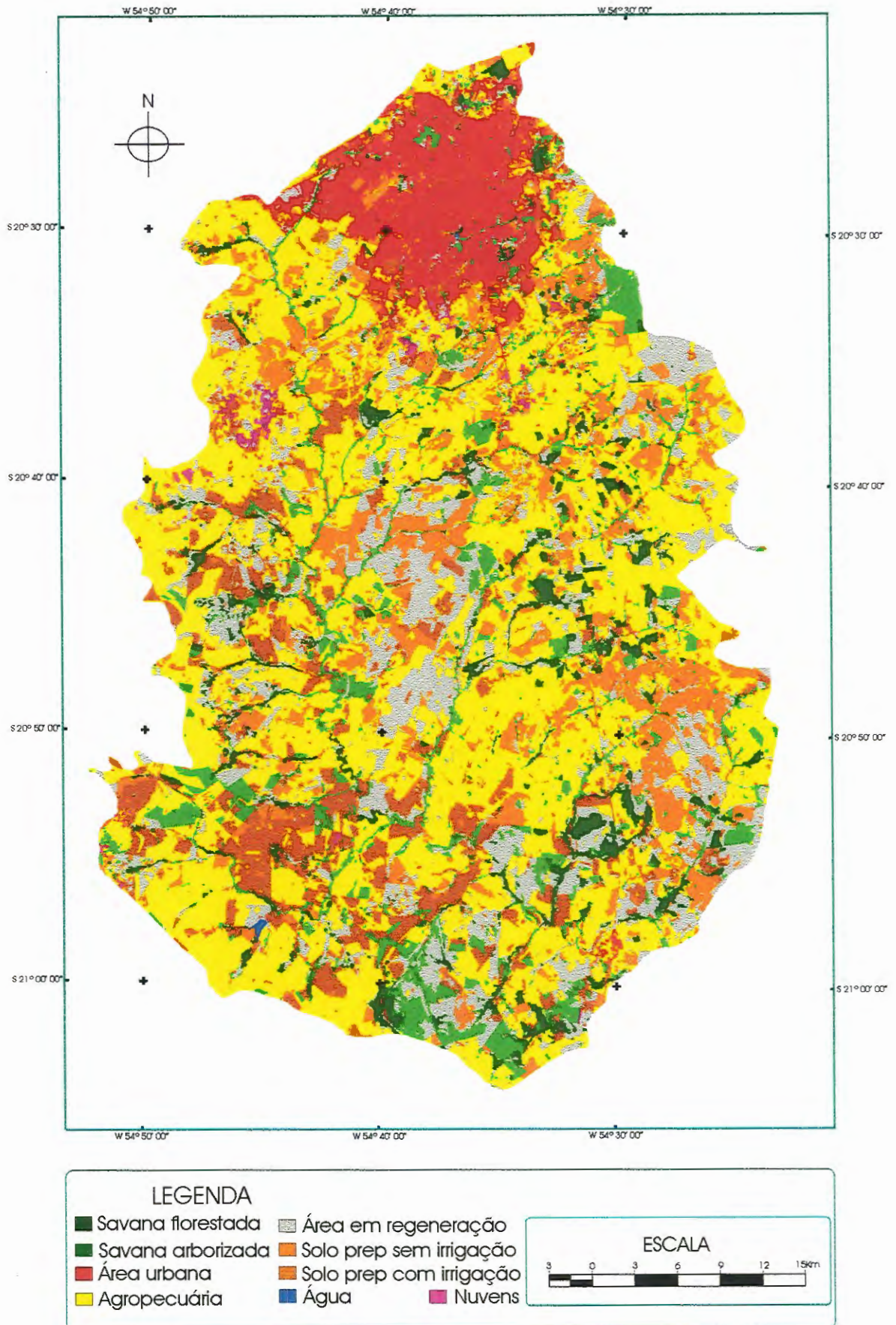


FIGURA 13 - Mapa de uso do solo de 1998 sem reclassificação



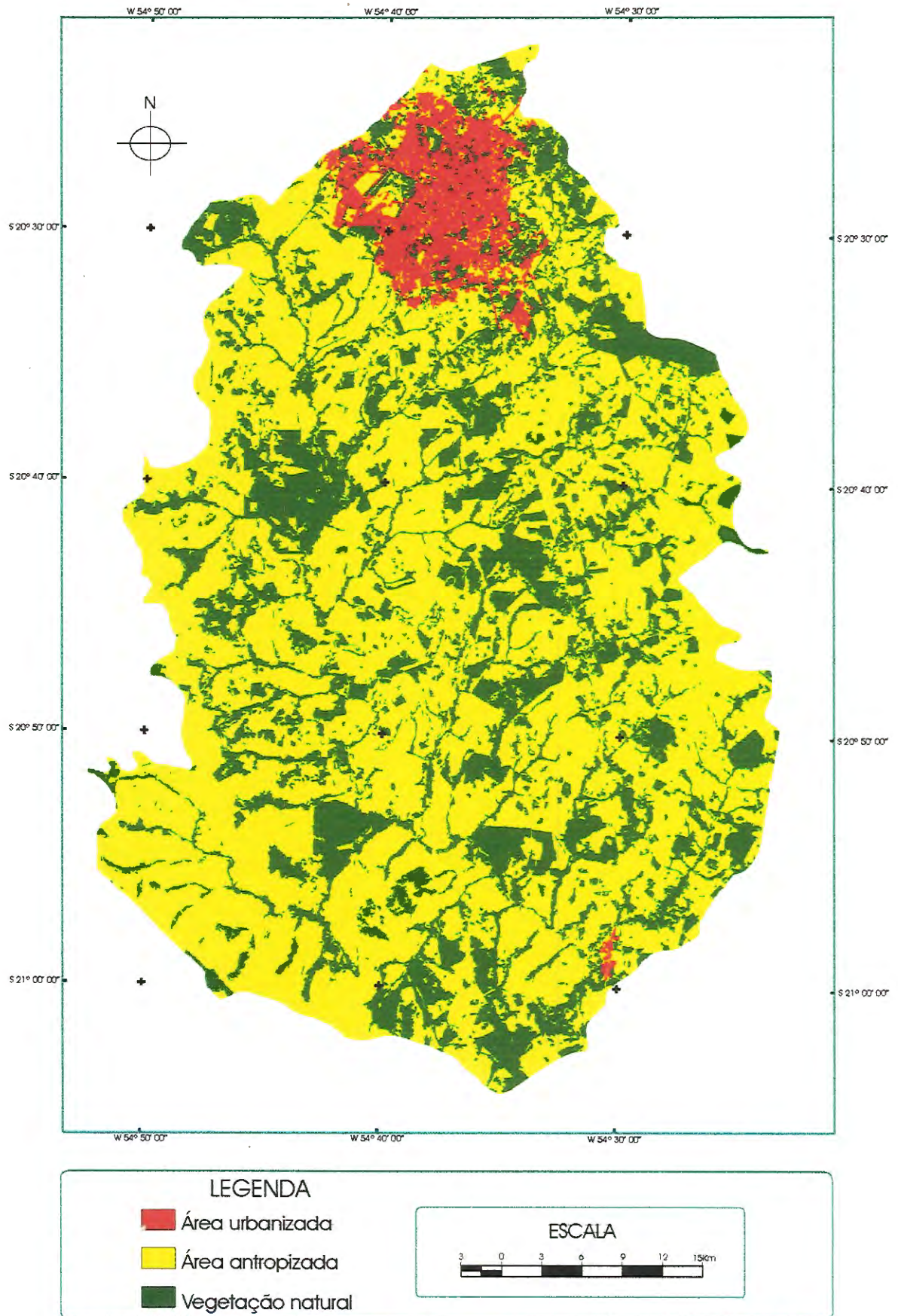


FIGURA 14 - Mapa de uso do solo de 1988 reclassificado

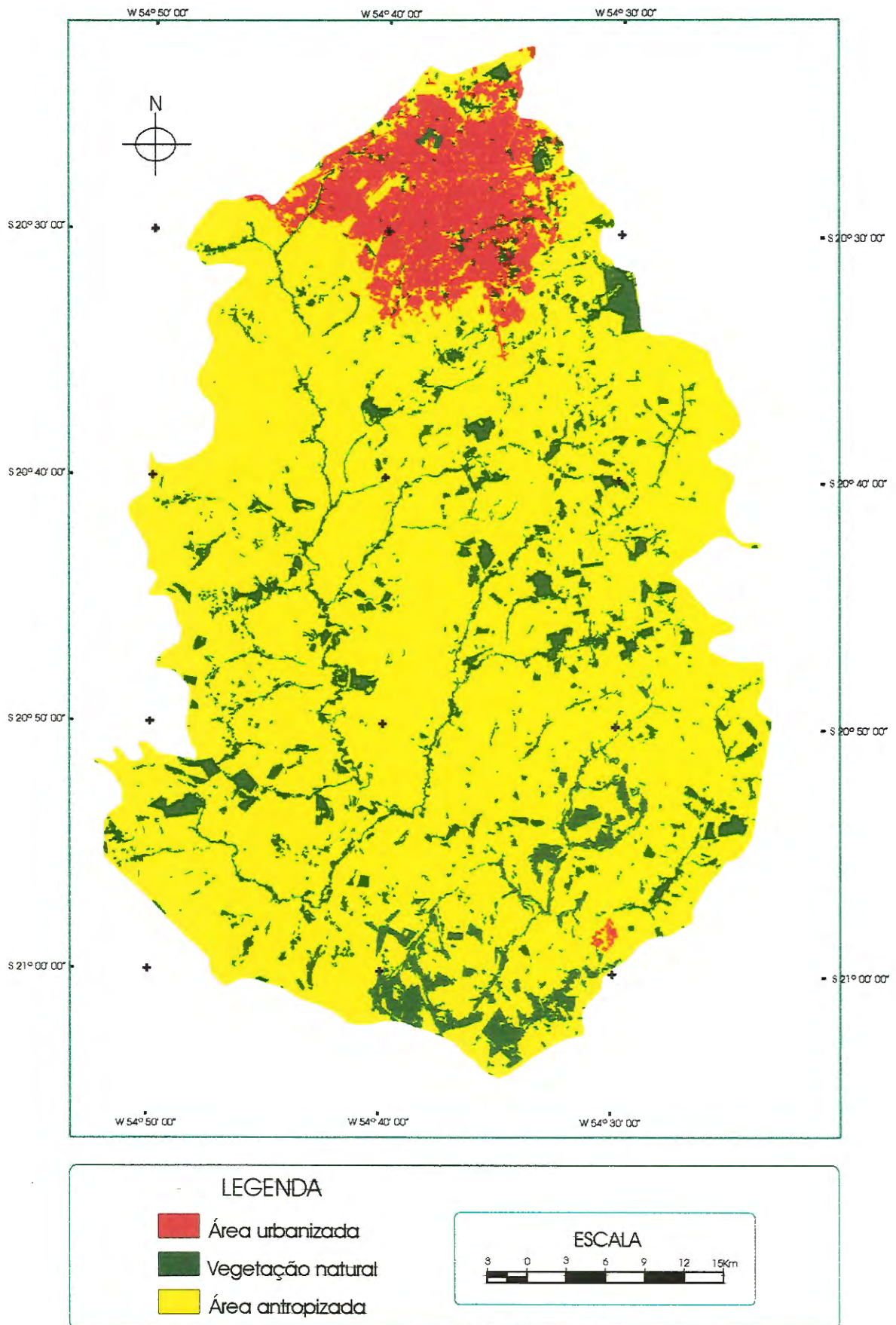


FIGURA 15 - Mapa de uso do solo de 1998 reclassificado



A TABELA 3 mostra a distribuição das classes originais em relação ao novo esquema de classificação.

**TABELA 3** - Generalização das classes mapeadas - 1988 e 1998

CLASSE DE ORIGEM	CLASSE DE DESTINO
<i>Área urbana</i>	<i>Área urbanizada</i>
<i>Savana florestada</i>	<i>Vegetação natural</i>
<i>Savana arborizada</i>	<i>Vegetação natural</i>
<i>Solo preparado com irrigação</i>	<i>Área antropizada</i>
<i>Solo preparado sem irrigação</i>	<i>Área antropizada</i>
<i>Água</i>	<i>Área antropizada</i>
<i>Nuvens</i>	<i>Área antropizada</i>
<i>Agropecuária</i>	<i>Área antropizada</i>
<i>Área em regeneração</i>	<i>Área antropizada</i>

A classe *Área urbana* só modificou de nome passando para *Área urbanizada*. As classes *Savana florestada* e *Savana arborizada* foram agrupadas para a classe *Vegetação natural* que corresponde à áreas onde não houve a retirada da vegetação natural. A *Vegetação natural* da área é também composta por reservas existentes no perímetro urbano de Campo Grande (FIGURA 16).



**FIGURA 16** - Reserva Ecológica Estadual do Parque dos Poderes localizada na Cidade de Campo Grande

Comparativamente às outras classes, a classe *Água*, representada por lagos artificiais e a classe *Nuvens* representavam uma área insignificante com 0,03% e 0,5% respectivamente, em relação à área total da bacia. Como essas duas classes apareciam em região onde havia o predomínio de *Área antropizada*, foram incorporadas à esta classe.

As classes *Solo preparado com irrigação* e *Solo preparado sem irrigação* foram agrupadas à classe *Área antropizada* em função de que são áreas destinadas à atividade agrícola. A classe *Agropecuária*, como o próprio nome diz já envolve a agricultura e a pecuária, portanto foi agrupada à classe *Área antropizada*. Para renovar as áreas destinadas à pastagem muitas vezes os proprietários recorrem as queimadas expondo áreas com vegetação natural ao fogo conforme as FIGURAS 17 e 18.





**FIGURA 17** - Área de pastagem sendo queimada próximo a área de vegetação natural



**FIGURA 18** - Área de pastagem sendo queimada

A classe *Área em regeneração* diz respeito a área que já foi utilizada para fins de agricultura ou pecuária, e cuja vegetação está em processo de recuperação. Esta classe foi incluída à classe *Área antropizada* em função de que nos períodos de



seca, os pastos chegam a secar comprometendo a criação de animais, fazendo com que temporariamente algumas dessas parcelas sejam utilizadas como área de pastagem (FIGURA 19). Apesar disso, algumas dessas áreas não são utilizadas como pastagem temporária, recuperando assim o porte de vegetação natural proporcionando proteção aos recursos hídricos contra o acesso superficial e subsuperficial de poluentes e processos de assoreamento (MOTA, 1995). Quando atinge este porte, a vegetação passa a ser classificada como *Vegetação natural*.

A classe *Área em regeneração* também apresenta uma certa confusão para classificação, pois algumas culturas em seus diferentes estágios apresentam uma resposta espectral semelhante à esta classe.



**FIGURA 19** - Área em regeneração utilizada como pastagem em épocas de seca

Analisando os mapas de uso do solo dos anos de 1988 e 1998 após sua reclassificação para as classes generalizadas, evidencia-se claramente uma grande redução da cobertura vegetal natural para fins antrópicos, seja agrícola ou urbano.



Outro problema considerado, é a retirada da vegetação natural próximo aos cursos d'água (mata ciliar) como pode ser verificado através de um trecho do Rio Anhanduí representado pela FIGURA 20.



**FIGURA 18** - Margem direita do Rio Anhanduí sem mata ciliar

A retirada desta cobertura provoca sérios problemas, ocasionando assoreamento, erosão do solo, prejuízos à fauna e à flora específicos deste tipo de ambiente (MOTA, 1995), além de provocar grandes perdas econômicas quando há a necessidade da dragagem de sedimentos do leito dos rios conforme afirmação de KOTCHETKOFF-HENRIQUES (1989).

A intensidade da perda de solo também está associada ao tipo de cobertura presente e uso do solo, pois de acordo com a Seção de Conservação do Solo do Instituto Agrônomo de Campinas apresentando dados experimentais, as perdas de solo pela erosão para as classes: mata, pastagem, cafezal e algodão foram respectivamente, 0,004, 0,4, 0,9 e 26,6 t/ha e as perdas médias de água, 0,7, 0,7, 1,1 e 7,2% da chuva caída anualmente (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

Observa-se que há considerável diferença entre as quantidades de perda por erosão dependendo dos tipos de cobertura e uso do solo.

A análise da FIGURA 20 permite verificar que a Lei 7511 (8 de julho de 1986) que modifica o Código Florestal Brasileiro não foi cumprida (TABELA 4), visto que grande parte da mata ciliar foi removida entre 1988 e 1998. Segundo o Artigo 2º, consideram-se de preservação permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas ao longo dos rios ou de qualquer outro curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja: (TABELA 4).

**TABELA 4 - Faixas obrigatórias para preservação da mata ciliar**

Largura dos cursos d'água (m)	Extensão da mata ciliar nas margens (m)
Até 10	30
10-50	50
50-200	100
200-600	200
>600	500

Adaptado de MOTA (1991)

- a) ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios d'água, naturais ou artificiais;
- b) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 metros de largura;

*Parágrafo único* - "No caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, em todo o território

abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis do uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo".

Considerando os limites estabelecidos pela legislação e o verificado nos mapeamentos, fica evidente que na Bacia do Alto Anhanduí, os mesmos têm sido desconsiderados, pois ao que parece, os proprietários de terras dessa área têm como objetivo o aproveitamento "máximo" das terras, não considerando os impactos ambientais que esta atividade causa, no intuito de obter melhores rendimentos em curto espaço de tempo. A gravidade do problema se estende quando a vegetação das áreas de nascente são retiradas. Isto pode ser verificado também em função da expansão da área urbanizada, que neste trabalho percebe-se que a mesma caminha em direção a estas áreas (FIGURA 21).



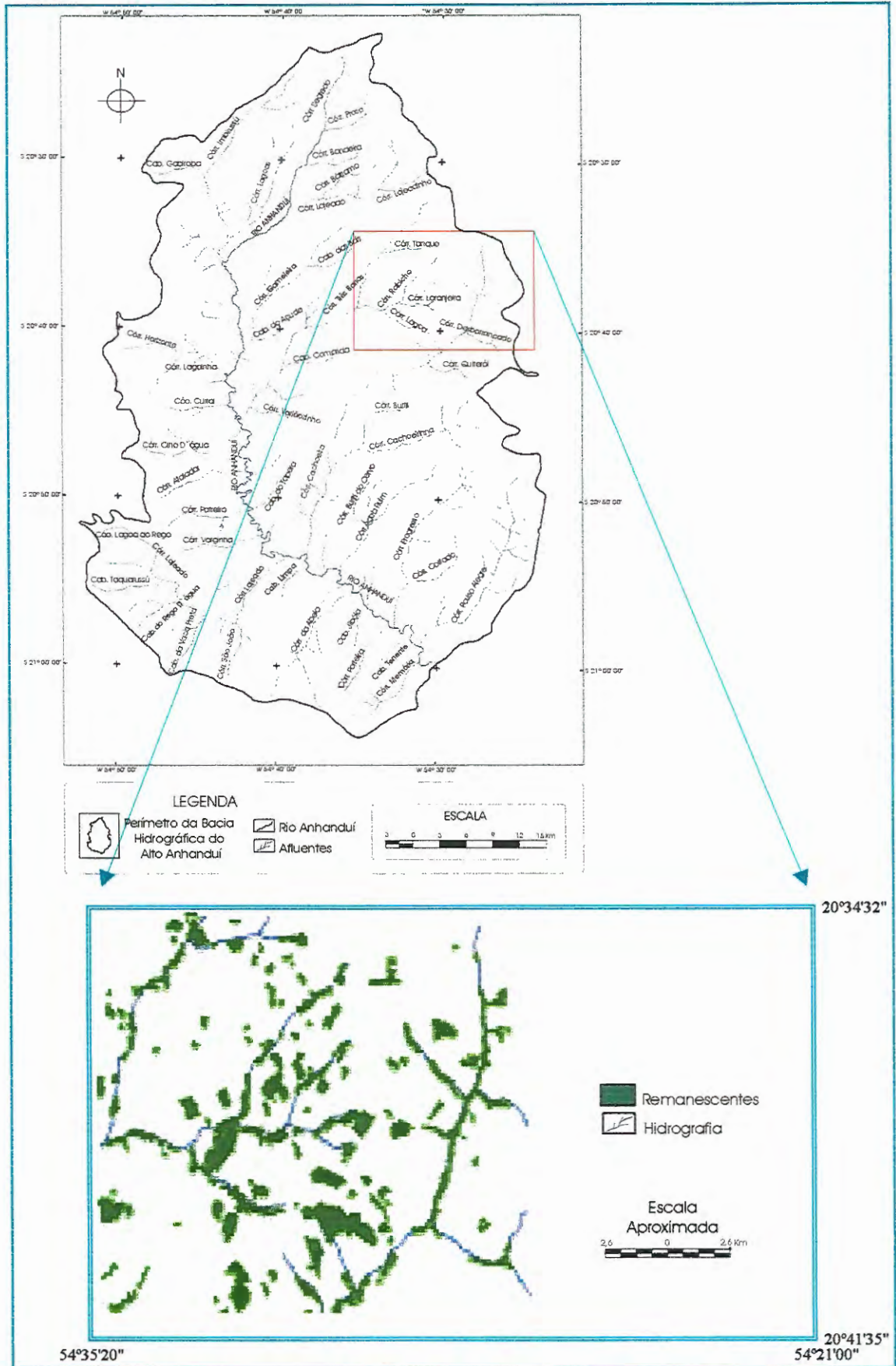


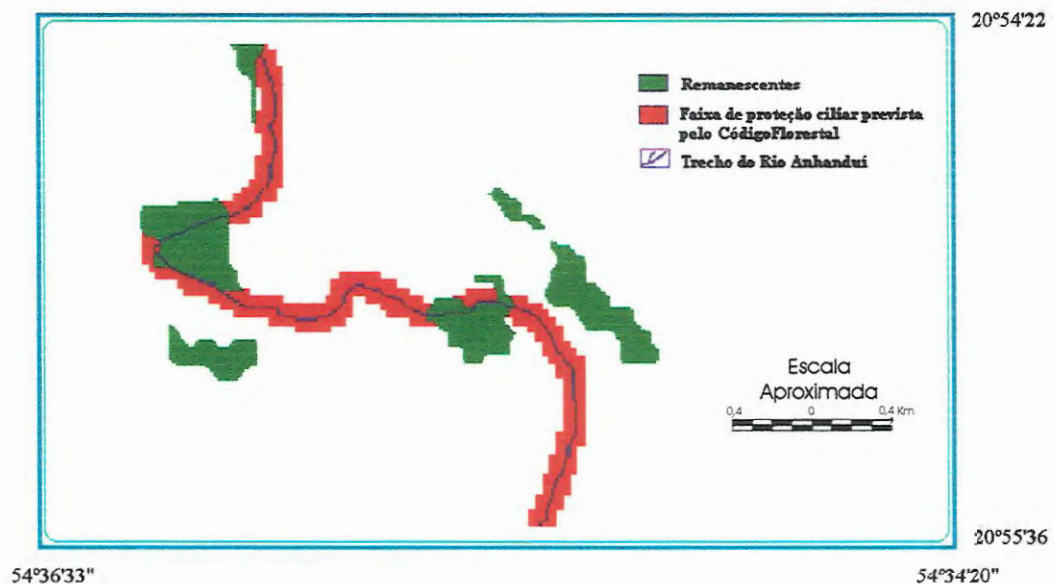
FIGURA 21 - Área de nascentes de afluentes do Rio Anhanduí sem mata ciliar



Além dos problemas antes descritos, REZENDE (1998) enfatiza que a presença das matas ciliares reduz a possibilidade do curso d'água ser contaminado por sedimentos, resíduos de adubos, defensivos agrícolas conduzidos pelo escoamento superficial e subsuperficial da água no terreno. Estes impactos, respeitando as suas magnitudes, em curto espaço de tempo torna a água inadequada para consumo humano (RIBEIRO & SCHIAVINI, 1998).

Como exposto percebe-se que o uso do solo tem implicação direta nos recursos hídricos, principalmente em áreas onde existe a captação de água para consumo humano.

A situação verificada na maior parte da Bacia do Alto Anhanduí - MS, é que existem poucos remanescentes de mata ciliar (FIGURA 22). De acordo com SANTOS & SOUSA-SILVA (1995) sua retirada pode ser considerada como prejuízo econômico, pois sua utilização econômica a longo prazo, consiste no seu aproveitamento indireto como mantenedora dos recursos hídricos.



**FIGURA 22** - Trecho do Rio Anhanduí sem a presença de mata ciliar

### 6.1. Cruzamento entre as classes de uso do solo de 1988 com as classes de uso do solo de 1998

Para verificar a evolução do uso do solo entre os anos de 1988 e 1998, e determinar as taxas de modificação na ocupação do solo no período estudado, os mapas foram superpostos, de modo a gerar a tabulação cruzada (TABELA 5).

**TABELA 5** - Distribuição da área ocupada pelas diferentes classes de uso do solo de 1988 com as classes de 1998: nas linhas: uso do solo de 1988, nas colunas: uso do solo de 1998

Classes	Área urbanizada km <sup>2</sup>	Vegetação natural km <sup>2</sup>	Área Antropizada km <sup>2</sup>
Área Urbanizada	92,70	1,95	17,54
Vegetação natural	21,89	215,45	477,14
Área antropizada	54,41	79,78	1589,33

De acordo com a TABELA 5, 21,89 km<sup>2</sup> da classe *Vegetação natural* do ano de 1988 transformaram-se em *Área urbanizada*, 477,14 km<sup>2</sup> transformaram-se em *Área antropizada*. A classe *Área antropizada* do ano de 1988 sofreu uma transformação de 54,41 km<sup>2</sup> para *Área urbanizada* e 79,78 km<sup>2</sup> para *Vegetação natural*. A área que em 1988 foi classificada como *Área em regeneração* e em 1998 foi classificada como *Vegetação natural*, significa que a mesma se regenerou neste período, sendo que a mesma pode não ter sido utilizada como pastagem temporária nos períodos de seca possibilitando uma melhor regeneração no período estudado.

Verificando estes dados, o processo de transformação da classe *Vegetação natural* para *Área antropizada* foi bastante acentuado, sendo que este

problema se agrava em função da retirada da mata ciliar para utilização diversas, entre elas a agricultura e a pecuária.

Para análise da evolução das classes do uso do solo foram utilizadas as FIGURAS 23, 24 e 25.

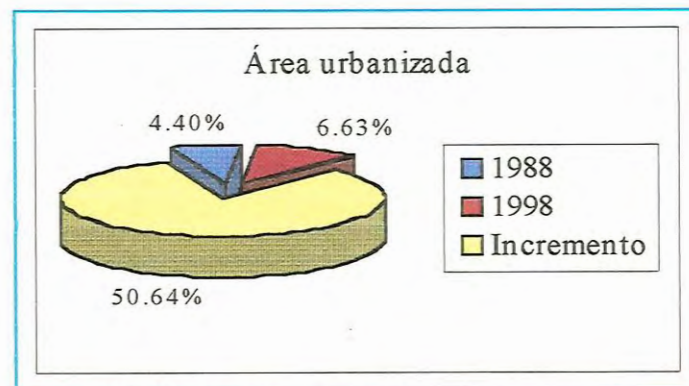


FIGURA 23 - Evolução da classe Área urbanizada

A FIGURA 23 apresenta a evolução em porcentagem de área da Bacia do Alto Anhanduí ocupada pela classe *Área urbanizada* entre 1988 e 1998. Em 1988, a referida classe ocupava apenas 4,40% da área total. Em 1998, essa porcentagem atingiu 6,63% da área total, o que representa um incremento de 50,64 %, ou cerca de 5 % ao ano, nos últimos 10 anos.

Campo Grande, em 1991, apresentava uma urbanização de 98,59% (FIBGE, 1991). Para o ano de 1996 sofreu um aumento praticamente insignificante de 0,07%, quando o grau de urbanização foi de 98,66% (MATO GROSSO DO SUL, 1999). Isto demonstra que no período estudado, este processo, entendido como a transformação da população rural em população urbana através das migração, foi muito pequeno, demonstrando um quase esgotamento pelo alto grau de urbanização do município.



Assim, pode-se verificar que a *Área urbanizada* não teve sua área aumentada em função do êxodo rural municipal, mas sim pelo fato de que Campo Grande é considerada como uma região de forte absorção populacional no contexto intra-estadual, e também porque o Mato Grosso do Sul vem mantendo nas duas últimas décadas ganhos populacionais nas trocas migratórias, onde o município é o que mais absorve imigrantes no contexto interestadual. A este fato associa-se a redução da migração interestadual ao nível municipal na década de 90 (NEPO/UNICAMP, 2000).

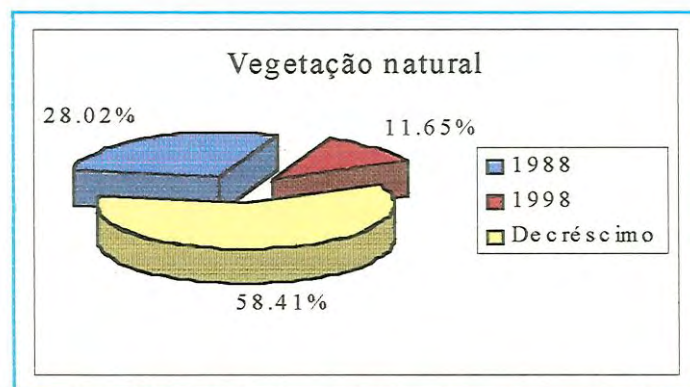


FIGURA 24 - Evolução da classe *Vegetação natural*

A FIGURA 24 representa a porcentagem da área ocupada pela classe *Vegetação natural* na Bacia do Alto Anhanduí em 1988 e 1998, bem como a evolução da ocupação. Em 1988, 28,02% da área total da bacia era ocupada pela vegetação natural. Em 1998, a área de vegetação natural ficou reduzida a apenas 11,65%, havendo portanto um decréscimo de 58,41% entre os referidos anos, o que representa uma taxa média de 5,84% ao ano. Comparando com a média de desmatamento anual da Amazônia para o ano de 98 que foi de 0,48% (INPE, 2000),



verifica-se que o desmatamento na área estudada é bem maior, denotando que a fronteira agrícola se expande até o momento nas áreas de cerrado.

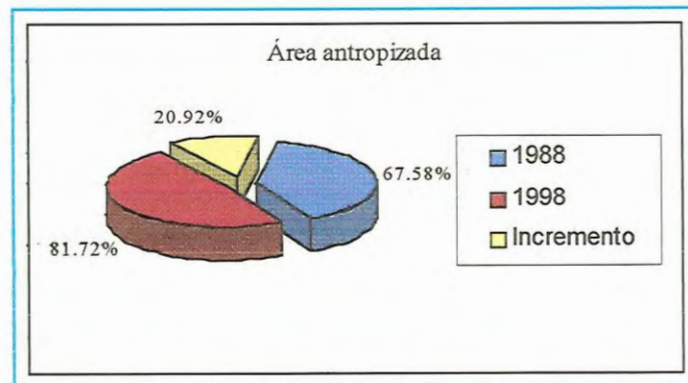


FIGURA 25 - Evolução da classe *Área antropizada*

Analisando a FIGURA 25, verifica-se que no ano de 1988 a classe *Área antropizada* ocupava 67,58% do total da área da bacia, sendo que em 1998 já ocupava 81,72%. Neste caso houve um incremento da classe de 20,92%

Observando a evolução das três classes, percebe-se que a *Área urbanizada* teve um incremento de pouco mais de 50%, bem como a redução da *Vegetação natural* foi de 58,41%. No cálculo da evolução da *Área antropizada*, verificou-se que a mesma teve um incremento de 20,92%, ou seja, menos da metade das outras classes. A análise realizada através do percentual não deixa explícito que as áreas perdidas pela vegetação natural foram incorporadas pela *Área urbanizada* e pela *Área antropizada*.

Para compreender esta situação, utilizou-se da FIGURA 26, na qual as áreas das classes foram obtidas em km<sup>2</sup>.

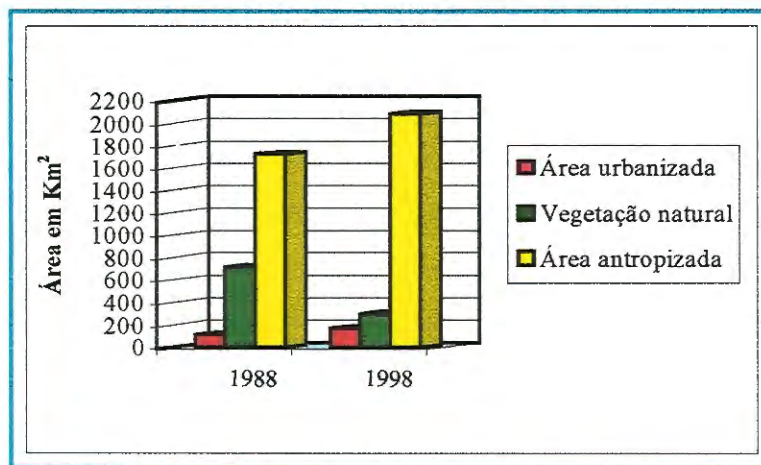


FIGURA 26 - Área das classes de uso do solo em km<sup>2</sup>

A área ocupada em 1988 pela *Área urbanizada* era de 112,19 km<sup>2</sup> passando a ocupar 169,00 km<sup>2</sup> em 1998. A classe *Vegetação natural* cobria uma área de 714,48 km<sup>2</sup> em 1988, reduzindo sua área de cobertura para 297,18 km<sup>2</sup> em 1998. A *Área antropizada* que abrangia 1723,52 km<sup>2</sup> em 1988, passou a ocupar uma área de 2084,01 km<sup>2</sup> em 1998.

Considerando os dados acima, obtém-se uma redução de 417,31 km<sup>2</sup> para a *Vegetação natural*. A *Área urbanizada* aumentou 56,81 km<sup>2</sup> em sua área e a *Área antropizada* teve um incremento de 360,50 km<sup>2</sup>. A análise destes valores permite entender que a área reduzida da *Vegetação natural* foi incorporada às classes *Área urbanizada* e *Área antropizada*. A dominância da classe *Área antropizada* nos dois anos também pode ser verificada através da TABELA 6, considerando que ela teve um aumento considerável em relação às outras classes. A *Vegetação natural* diminuiu de forma acentuada podendo-se deduzir que as áreas antes pertencentes a ela, foram incorporadas à atividades agrícolas e/ou urbanas no período estudado.

**TABELA 6** - Uso e cobertura do solo - 1988 e 1998 (%)

Data	CLASSES DE USO E COBERTURA DO SOLO (km <sup>2</sup> e %)							
	<i>Área urbanizada</i>		<i>Vegetação natural</i>		<i>Área antropizada</i>		Total	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
1988	112,19	4,40	714,48	28,01	1723,52	67,59	2550,19	100
1998	169,00	6,62	297,18	11,67	2084,01	81,71	2550,19	100

Para avaliar como a geomorfologia condicionou a evolução do uso do solo foram realizados cruzamentos entre os mapeamentos do uso do solo de 1988 e 1998 com o mapa de declividade, mapa hipsométrico e com o mapa geomorfológico da área de estudo.

## 6.2. Cruzamento do uso do solo de 1988 com as classes de declividade da Bacia do Alto Anhanduí-MS

Os resultados do cruzamento do mapa de uso do solo de 1988 com o mapa de declividades estão expressos na TABELA 7 construída a partir da tabulação cruzada entre os dois planos de informações mencionados.

**TABELA 7** - Distribuição da área ocupada pelas diferentes classes de uso de 1988 em função da declividade da Bacia do Alto Anhanduí

Classes de declividade	Área urbanizada km <sup>2</sup>	Vegetação natural km <sup>2</sup>	Área antropizada km <sup>2</sup>
Classe 0-2%	64,90	514,54	1292,60
Classe 2-5%	37,66	167,63	384,17
Classe 5-8%	7,61	25,63	39,26
Classe 8-13%	1,60	5,42	6,23
Classe > 13%	0,34	1,26	1,34

O mapa de declividades, foi gerado com as seguintes classes: 0-2%, 2-5%, 5-8%, 8-13% e >13% (FIGURA 27). Para análise do uso do solo de 1988 nas classes de declividade, devem ser observadas as FIGURAS 27 (MAPA DE DECLIVIDADES) e 28, pois exemplificam os resultados discutidos a seguir.



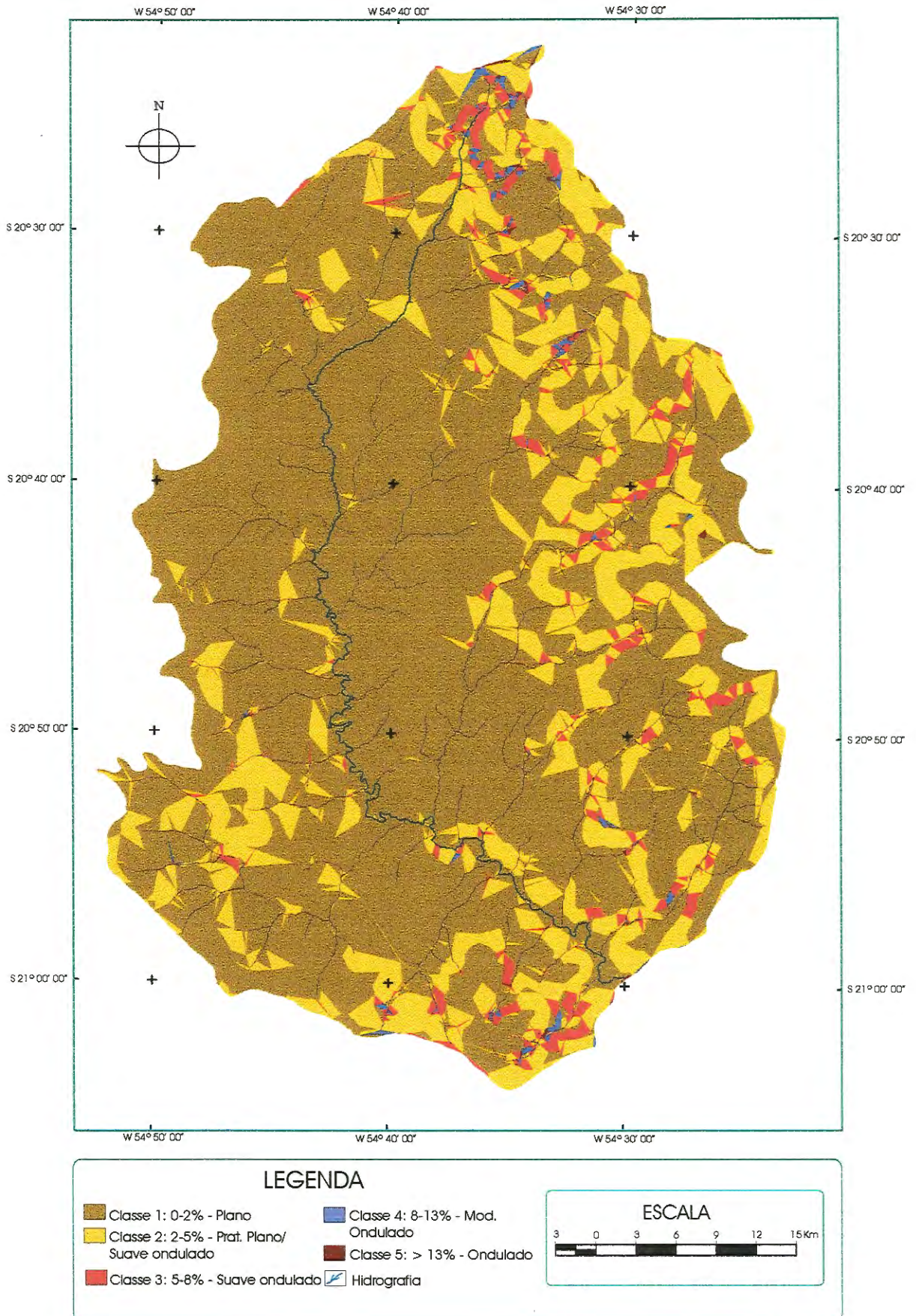


FIGURA 27 - Mapa de declividades da Bacia Hidrográfica do Alto Anhanduí-MS

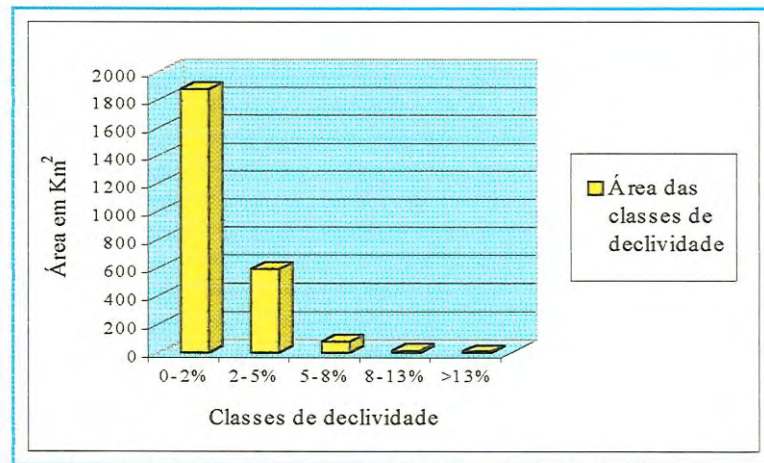


FIGURA 28 - Área das classes de declividade em km<sup>2</sup>

Observando a FIGURA 28, verifica-se que é predominante a classe de declividade de 0-2%, apresentando área de 1872,04 km<sup>2</sup> dentro da Bacia do Alto Anhanduí. Esse valor equivale a 73,40% da área total da bacia. Este intervalo de declividade está situado em sua maior parte na região centro-oeste da área de estudo.

A classe de declividade 2-5% também possui uma representatividade considerável em área no contexto da bacia. Esta classe abrange 589,46 km<sup>2</sup>, equivalente a 23,11% da área total da bacia. As classes de declividade acima de 5 % tem menor representatividade espacial: a classe de declividade 5-8% ocupa uma área de 72,50 km<sup>2</sup> da bacia, o que equivale a 2,84% da área total e as classes 8-13% e > 13%, abrangem respectivamente 13,25 km<sup>2</sup>, o equivalente a 0,53% e 2,94 km<sup>2</sup> que equivale a 0,12% do total da área da bacia, ou seja, as duas juntas não chegam a 1%.

Analisando as informações obtidas verifica-se que a Bacia do Alto Anhanduí, sob o ponto de vista do relevo, não oferece limitações à ocupação pelo fato de apresentar baixas declividades como pode ser observado na FIGURA 29.





FIGURA 29 - Vertentes pouco inclinadas no Alto Anhanduí cobertas por pastagem

RAMALHO FILHO & BEEK (1995) apresentam cinco graus de fatores limitantes à mecanização: nulo (áreas com declividades menores que 3%, ligeiro (áreas com declividades de 3 a 8%), moderado (áreas com declividade de 8 a 20%), forte (áreas com declividade de 20 a 45%) e muito forte (áreas com declividades acima de 45%). Considerando os graus de impedimento à mecanização apresentados, a bacia se enquadra nos três primeiros graus apresentados pelos autores, ou seja, nulo, ligeiro e moderado.

Na limitação à mecanização com grau nulo, as terras permitem a utilização de todos os tipos de máquinas e implementos agrícolas em qualquer época do ano. No grau ligeiro é permitido o uso da maioria das máquinas agrícolas e no grau moderado as terras não permitem a utilização e o emprego de máquinas empregadas durante todo o ano nos graus anteriores (RAMALHO FILHO & BEEK, 1995).

No Alto Anhanduí foi verificada a existência de diversas culturas, entre elas as de arroz, milho, feijão, sorgo e aveia. Todas essas culturas, à exceção do

feijão, utilizam a mecanização nas diversas fases da operação agrícola, o que ocasiona a saída da população rural para a cidade, colaborando com o processo de urbanização.

### 6.2.1. Uso do solo de 1988 na classe de declividade 0-2%

Na TABELA 8, são apresentados os valores relativos a área ocupada em  $\text{km}^2$  pelas classes de uso do solo de 1988 na classe de declividade 0-2% e o seu respectivo percentual sobre a área total da classe de declividade.

TABELA 8 - Uso do solo de 1988 na classe de declividade 0-2%

Classes de uso do solo	Área ( $\text{km}^2$ )	% sobre área total da classe
Área urbanizada	64,90	3,46
Vegetação natural	514,54	27,45
Área antropizada	1292,60	68,97

Analisando a TABELA 8, observa-se que a Área urbanizada ocupa uma área de  $64,90 \text{ km}^2$ , a menor entre as classes do uso do solo. Este valor é equivalente a 3,46% do total da área da classe de declividade 0-2%.

Apresenta  $514,54 \text{ km}^2$  da área coberta por Vegetação natural, o equivalente a 27,45% do total da área da classe analisada.

Cobrindo um espaço de  $1292,60 \text{ km}^2$ , o que corresponde a 68,97% do total da classe em questão, a Área antropizada é a classe de uso do solo com maior expressão dentro da classe de declividade 0-2%.

Pelo fato de a maior parte da bacia estar inserida neste intervalo de declividade, ou seja, em áreas planas, a maior ocupação da área se deu entre 0 e 2%. Estas áreas são as primeiras a serem ocupadas pelas atividades agrícolas pela



situação favorável que apresentam. Quando estas se esgotam, há o início da expansão em direção às áreas menos favoráveis. Um exemplo da atividade agrícola neste intervalo de classe é dado pela FIGURA 30.



FIGURA 30 - Plantação de aveia na classe de declividade 0-2%

### 6.2.2. Uso do solo de 1988 na classe de declividade 2-5%

A TABELA 9 apresenta a quantificação do uso do solo de 1988 na classe de declividade 2-5%.

TABELA 9 - Uso do solo de 1988 na classe de declividade 2-5%

Classes de uso do solo	Área (km <sup>2</sup> )	% sobre área total da classe
<i>Área urbanizada</i>	37,66	6,38
<i>Vegetação natural</i>	167,63	28,41
<i>Área antropizada</i>	384,17	65,12

Em declividade de 2-5%, apresenta-se um predomínio da *Área antropizada*, ocupando 384,17 km<sup>2</sup>, o equivalente a 65,12% da área total da classe. A

*Vegetação natural* cobre uma área de 167,63 km<sup>2</sup>, correspondendo a 28,41% da área total da classe.

Nota-se que a *Área urbanizada* é a que tem menor representação em área, pois cobrindo somente 37,66 km<sup>2</sup> correspondendo a 6,38% da área total da classe.

As áreas com declividades mais baixas dentro da *Área urbanizada*, ou seja, de 0 a 2% e de 2% a 5% estão dispostas ao longo dos cursos d'água, na planície, principalmente o primeiro intervalo. Neste sentido, estas áreas periodicamente sofrem problemas com inundação fluvial, sendo assim um fator de risco para a ocupação urbana. Estes problemas assemelham-se com aqueles verificados por MAZZOCATO (1998) na Bacia do Rio Una-SP.

### 6.2.3. Uso do solo de 1988 na classe de declividade 5-8%

Os valores correspondentes ao uso do solo de 1988 na classe de declividade 5-8% são apresentados na TABELA 10.

TABELA 10 - Uso do solo de 1988 na classe de declividade 5-8%

Classes de uso do solo	Área (km <sup>2</sup> )	% sobre área total da classe
<i>Área urbanizada</i>	7,61	10,47
<i>Vegetação natural</i>	25,63	35,28
<i>Área antropizada</i>	39,26	54,04

A *Área urbanizada* nesta classe de declividade é a que possui menor expressividade, pois ocupa uma área de 7,61 km<sup>2</sup> que equivale a 10,47% do total da área da classe.

Ocupando uma área de 25,63 km<sup>2</sup>, a *Vegetação natural* corresponde a um considerável percentual 35,28% da área total da classe.

Aqui novamente, apresentou-se a *Área antropizada* com maior área de abrangência espacial no contexto da classe com 39,26 km<sup>2</sup>, o equivalente a 54,04% da área total da classe.

#### 6.2.4. Uso do solo de 1988 na classe de declividade 8-13%

Os valores na TABELA 11 representam áreas das classes de uso do solo de 1988 na classe de declividade 8-13%.

TABELA 11 - Uso do solo de 1988 na classe de declividade 8-13%

Classes de uso do solo	Área (km <sup>2</sup> )	% sobre área total da classe
<i>Área urbanizada</i>	1,60	12,07
<i>Vegetação natural</i>	5,42	40,91
<i>Área antropizada</i>	6,23	47,02

Verificando a TABELA 11, percebeu-se o seguinte:

A *Área urbanizada*, como na classe anterior, possui menor representatividade na classe com 1,60 km<sup>2</sup>. Este valor equivale a 12,07% da área total da classe.

A *vegetação natural* ocupa 5,42 km<sup>2</sup> que corresponde a 40,91% da área total da classe.

A *Área antropizada* foi a que possuía maior cobertura na classe 5-8%. Nesta classe, (8-13%) a posição se repete, com uma área de 6,23 km<sup>2</sup> correspondendo a 47,02% da área total da classe.



### 6.2.5. Uso do solo de 1988 na classe de declividade >13%

Esta classe tem o maior percentual de área de *Vegetação natural*, sendo também a classe com maior declividade dentro da Bacia do Alto Anhanduí, mesmo assim o grau de antropização já é bastante alto.

A quantificação do uso do solo de 1988 na classe de declividade > 13% é apresentada na TABELA 12.

**TABELA 12** - Uso do solo de 1988 na classe de declividade > 13%

Classes de uso do solo	Área (km <sup>2</sup> )	% sobre área total da classe
<i>Área urbanizada</i>	0,34	11,43
<i>Vegetação natural</i>	1,26	42,38
<i>Área antropizada</i>	1,34	45,07

A maior ocorrência desta classe de declividade ocorre ao norte da área de estudo.

Esta classe apresenta 0,34 km<sup>2</sup> ocupada pela *Área urbanizada*, equivalendo a 11,43% do total da área da classe.

A *vegetação natural* e a *Área antropizada*, possuem pouca diferença quanto a área por elas ocupadas, sendo respectivamente de 1,26 km<sup>2</sup> correspondendo a 42,38% e 1,34 km<sup>2</sup> correspondendo a 45,07% do total da área da classe.

Analisando as classes de uso do solo nas diferentes classes de declividades, verificou-se que a *Área urbanizada* aumenta em termos percentuais à medida em que aumenta a declividade. Isto ocorre devido esta classe de uso estar localizada na área de nascentes do Rio Anhanduí onde encontra-se uma maior concentração de declividades maiores. O mesmo ocorre com a *Vegetação natural*, que aumenta em termos percentuais à medida que a declividade também aumenta.

Dessa forma, verifica-se que a retirada da cobertura vegetal natural acontece pela facilidade oferecida pela baixa declividade e ao mesmo tempo indica que as áreas menos favoráveis para a ocupação agrícola são as áreas que estão mais preservadas.

Ao contrário do que acontece com a *Área urbanizada* e com a *Vegetação natural*, a *Área antropizada* diminui em termos percentuais à medida em que aumenta a declividade, pois estas áreas apresentam maiores dificuldades para a utilização da mecanização.

### 6.3. Cruzamento do uso do solo de 1998 com as classes de declividade

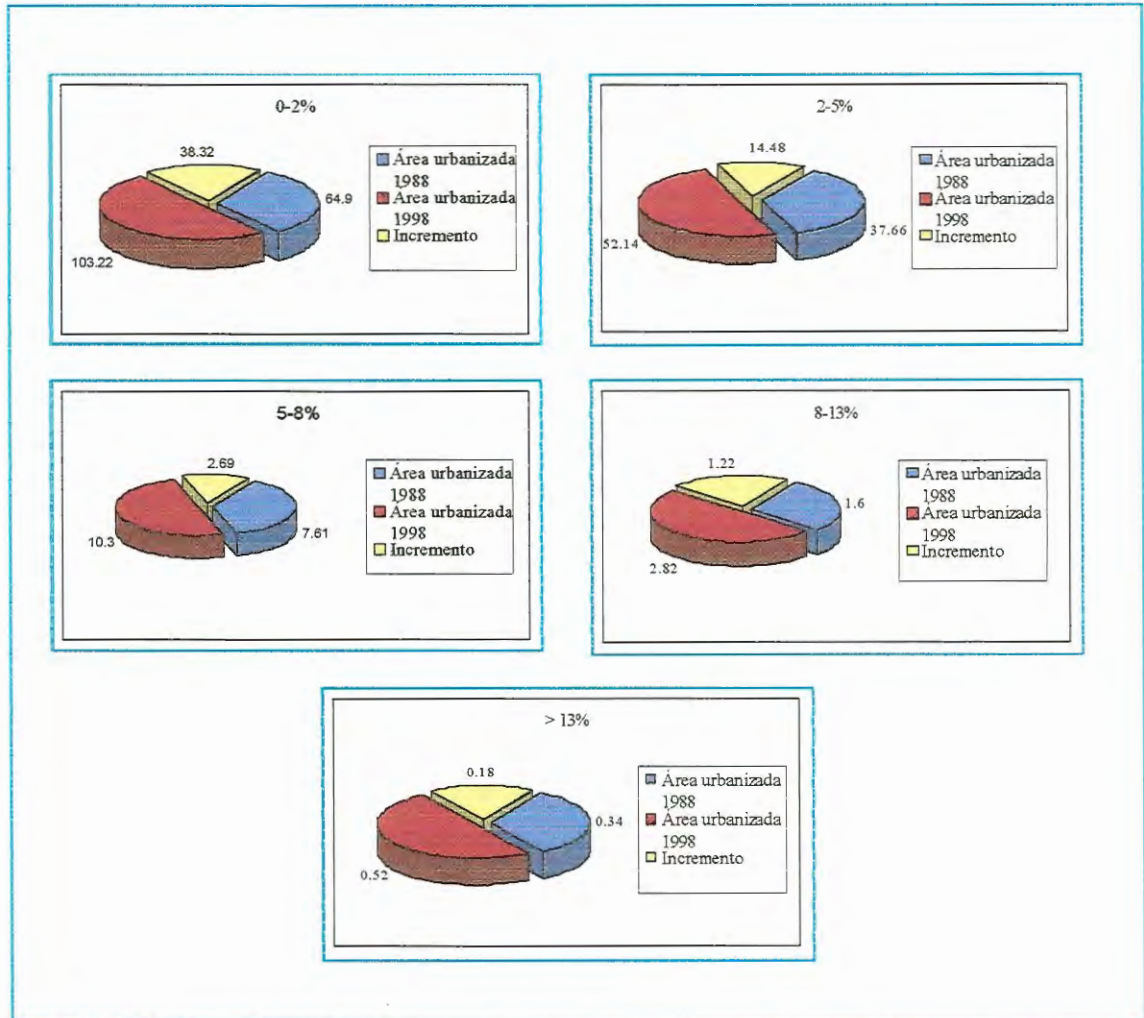
**TABELA 13** - Distribuição da área ocupada pelas diferentes classes de uso de 1998 em função da declividade da Bacia do Alto Anhanduí

Classes de declividade	<i>Área urbanizada</i> km <sup>2</sup>	<i>Vegetação natural</i> km <sup>2</sup>	<i>Área antropizada</i> km <sup>2</sup>
Classe 0-2%	103,22	197,56	1571,26
Classe 2-5%	52,14	81,13	456,19
Classe 5-8%	10,30	14,48	47,72
Classe 8-13%	2,82	3,33	6,95
Classe > 13%	0,52	0,68	1,74

Os resultados discutidos a seguir, referem-se à evolução dos usos do solo entre os anos de 1988 e 1998 em cada classe de declividade. Os resultados são discutidos com a utilização de gráficos, apresentando a área de cada uso do solo dentro de cada classe de declividade, possibilitando obter o seu percentual evolutivo em relação à classe de declividade.

### 6.3.1 Evolução do uso do solo em função da declividade

#### 6.3.1.1. Área urbanizada



**FIGURA 31** - Evolução da Área urbanizada em função das classes de declividade.  
Obs: Os valores de 1988 e 1998 estão em km<sup>2</sup>.

Analisando a FIGURA 31, verifica-se que a maior expansão da *Área urbanizada* em valores absolutos, aconteceu nos intervalos de classe com declividades menores, isto é de 0 a 2% e de 2 a 5% que correspondem as áreas mais planas. Em termos proporcionais, a expansão sobre as áreas menos favoráveis ocorreu de forma equivalente. Esta equivalência pode ser explicada pelo fato de que uma vez iniciado o processo de urbanização de áreas menos favoráveis topograficamente, a sua expansão se dá na mesma taxa de áreas mais favoráveis.

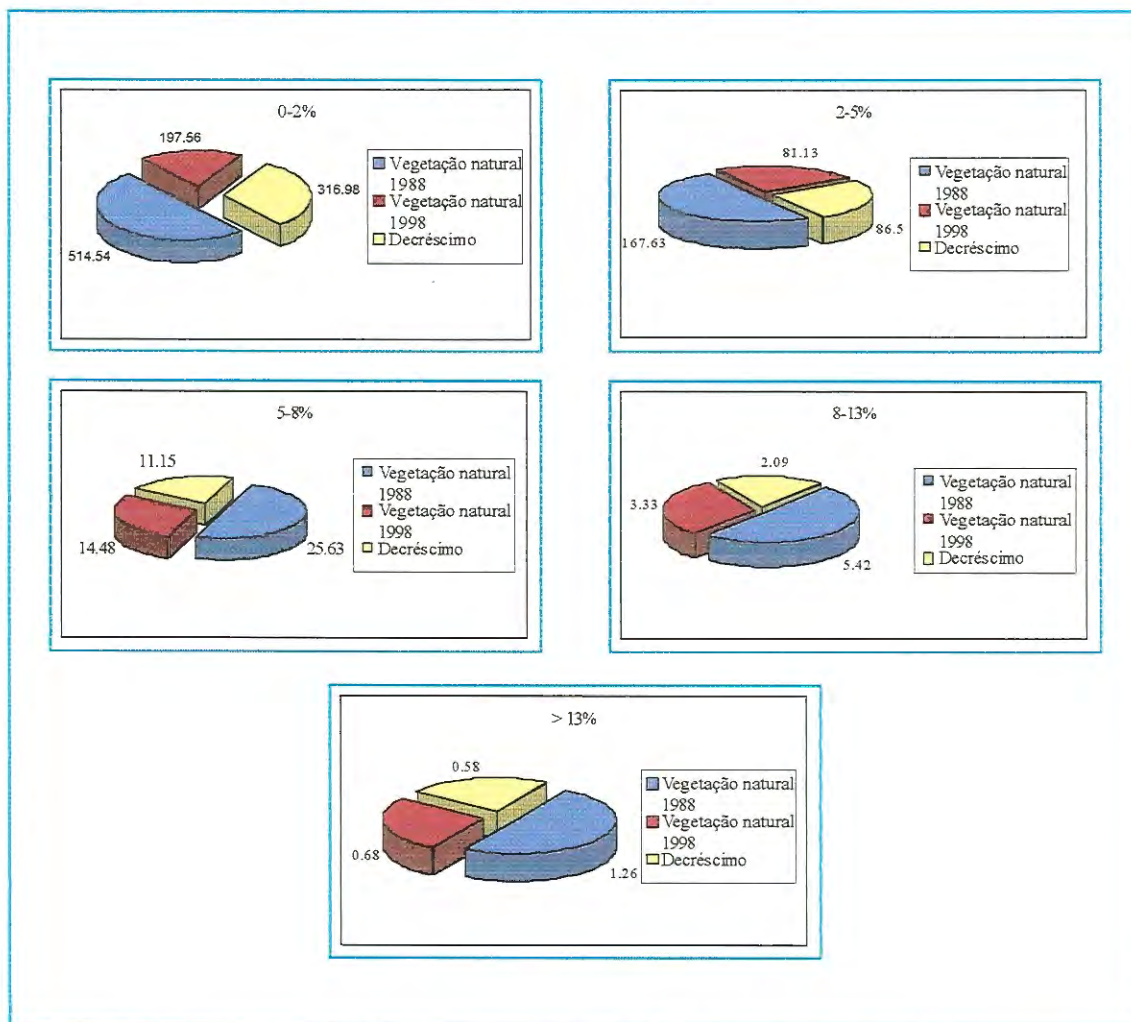


A exceção verificada na expansão da *Área urbanizada* foi na classe de declividade 8-13%, onde a mesma teve um crescimento relativo de 76,25%, seguida de 59,04% na classe de declividade 0-2%.

Percebe-se que primeiramente são ocupadas as áreas mais favoráveis e em maior proporção. À medida que se tornam mais escassas, acontece um avanço sobre as áreas menos favoráveis adquirindo uma dinâmica própria de expansão, acompanhando um percentual de crescimento equivalente ao de áreas mais favoráveis.

Verificou-se que a *Área urbanizada* foi a que teve maior percentual de crescimento em todas as classes de declividade. Isto evidencia o alto grau de urbanização de Campo Grande em 1996 que era de 98,66%.

## 6.3.1.2. Vegetação natural



**FIGURA 32** - Evolução da Vegetação natural em função das classes de declividade

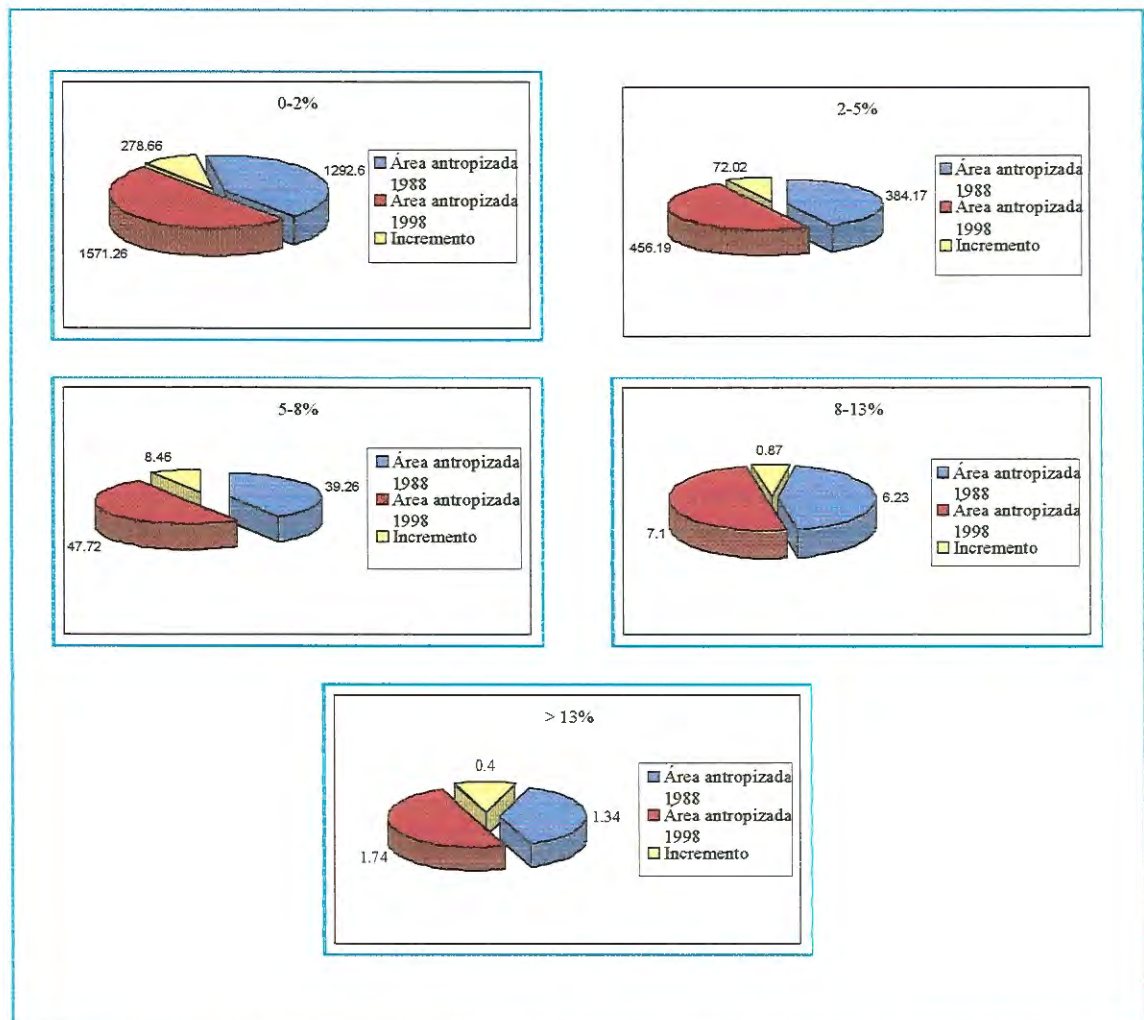
Obs: Os valores de 1988 e 1998 estão em km<sup>2</sup>.

Analisando a FIGURA 32, verifica-se que as maiores reduções da *Vegetação natural* aconteceram nas áreas com as menores declividades tanto em termos absolutos quanto em termos proporcionais. À medida que vai aumentando a declividade diminui-se a retirada da *Vegetação natural*, devido a maior dificuldade imposta para a mecanização com fins agrícolas. Excetua-se a classe de declividade > 13% que obteve uma redução da vegetação de 46,03%, sendo maior que as reduções verificadas nas classes 5-8% e 8-13%. Isto pode ter ocorrido pelo fato de a *vegetação natural* neste intervalo possuir pequena área em termos absolutos, sendo que mesmo

uma pequena redução em área pode ocasionar uma grande redução em termos relativos.

As áreas com menor declividade tiveram uma redução da *Vegetação natural* superior a 50%. Este fato demonstra que a ocupação próxima aos cursos d'água é bastante elevada e isso se deve basicamente pela facilidade proporcionada para irrigação de áreas próximas dos mesmos.

### 6.3.1.3. - Área antropizada



**FIGURA 33** - Evolução da Área antropizada em função das classes de declividade  
Obs: Os valores de 1988 e 1998 estão em km<sup>2</sup>.

A FIGURA 33 demonstra que a *Área antropizada* teve maior expansão nas áreas mais planas em termos absolutos. Em termos proporcionais a expansão é



equivalente na medida que a declividade aumenta. No entanto, na classe de declividade  $> 13\%$  verificou-se que a expansão foi maior do que nas outras classes apresentando um aumento de 29,85%, ao passo que o aumento relativo mais próximo deste foi verificado na classe de declividade de 0 a 2% com 21,56%. Este alto percentual de expansão nesta classe de declividade ocorreu em função da área ocupada pela *Área antropizada* ser bastante reduzida sendo que mesmo que o aumento seja pequeno em termos absolutos, reflete em um grande aumento em termos relativos.

A expansão da *Área antropizada* manteve um percentual de crescimento bastante próximo em todos os intervalos de classe de declividade, denotando que não houve maiores impedimentos quanto a expansão dessa classe de uso do solo mesmo nas áreas com declividades maiores.

#### 6.4. Cruzamento das classes de uso do solo de 1988 com as classes hipsométricas

TABELA 14 - Distribuição da área ocupada pelas diferentes classes de uso de 1988 em função da hipsometria da Bacia do Alto Anhanduí

Classes hipsométricas	Área urbanizada km <sup>2</sup>	Vegetação natural km <sup>2</sup>	Área antropizada km <sup>2</sup>
Classe 360-480	2,03	294,37	650,02
Classe 480-520	16,03	227,63	559,39
Classe 520-560	49,39	93,99	308,54
Classe 560-720	44,66	98,48	205,64

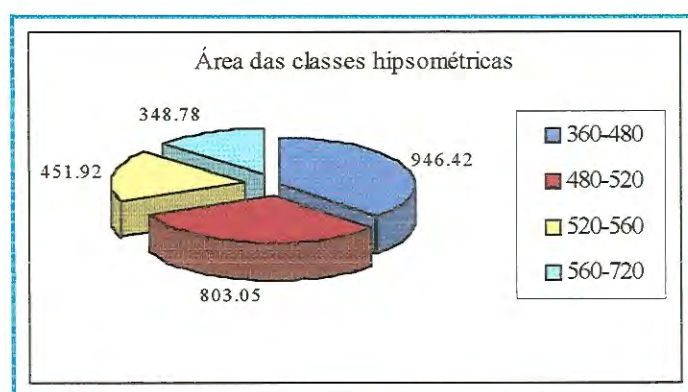


FIGURA 34 - Área das classes hipsométricas em km<sup>2</sup>

Pela análise conjunta da TABELA 14 e da FIGURA 34, verifica-se que a classe hipsométrica com maior abrangência espacial dentro da Bacia do Alto Anhanduí é a classe 360-480. Esta classe cobre uma área de 946,42 km<sup>2</sup>, corresponde a 37,11% do total da área da bacia. Predominantemente esta classe aparece no centro da área de estudo acompanhando a parte baixa do leito do Rio Anhanduí.

A classe 480-520 cobre uma extensão de 803,05 km<sup>2</sup> da bacia. Este valor corresponde a 31,49% do total da área de estudo.

A classe 520-560 ocupa uma área de 451,92 km<sup>2</sup> da área total da Bacia do Alto Anhanduí que equivale a 17,72%.

Ocupando uma área de 348,78 km<sup>2</sup>, a classe 560-720 é a menor em abrangência espacial, pois este valor equivale a 13,68% da área total da bacia aparecendo predominantemente na borda norte e nordeste da bacia e uma pequena área no sudoeste da mesma.

A FIGURA 35 demonstra a distribuição das classes hipsométricas na Bacia do Alto Anhanduí analisadas anteriormente.



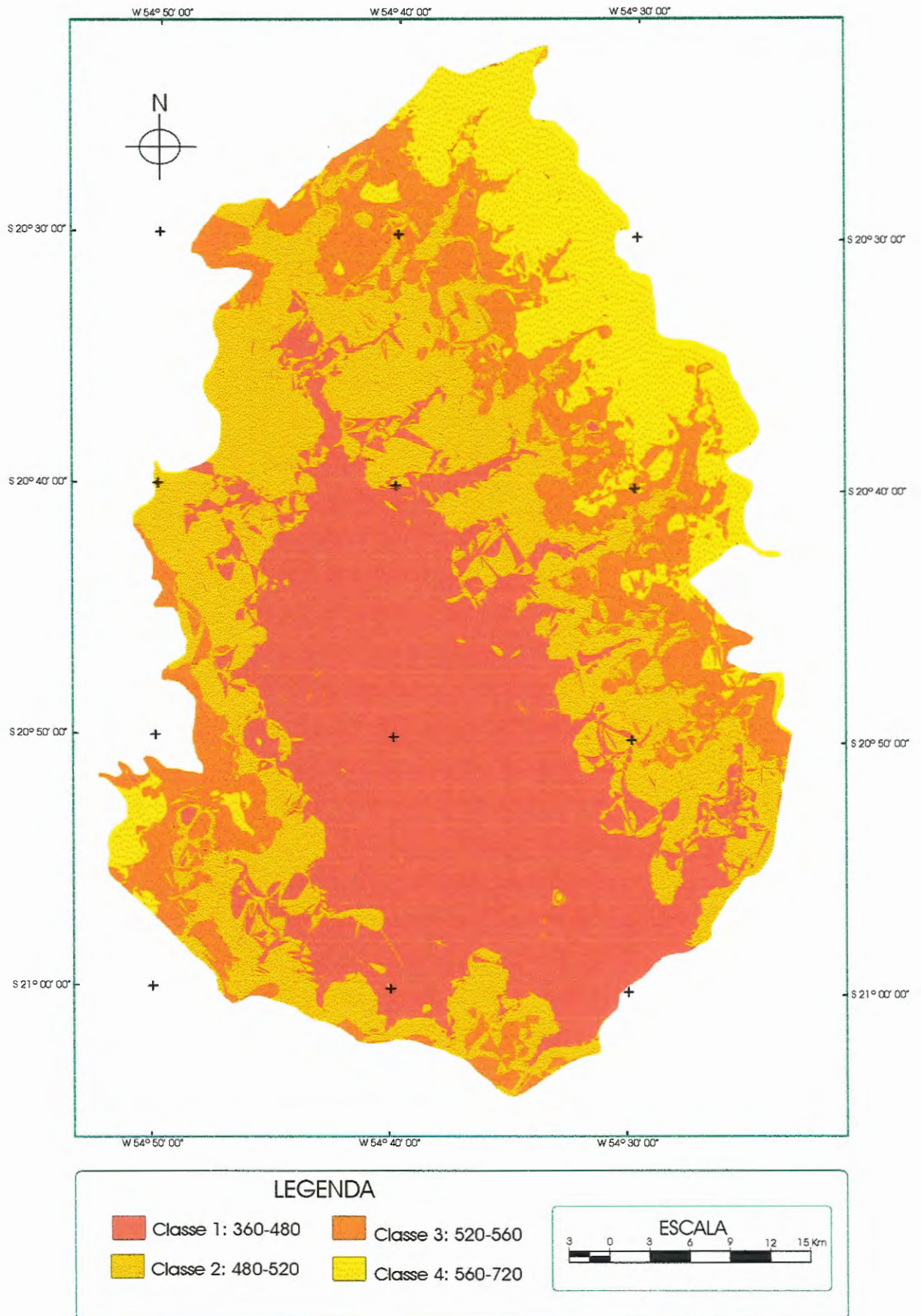


FIGURA 35 - Mapa hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Alto Anhanduí-MS

#### 6.4.1. Uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 360-480

A TABELA 15 apresenta a área ocupada pelas classes do uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 360-480.

TABELA 15 - Uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 360-480

Classes de uso do solo	Área (Km <sup>2</sup> )	% sobre área total da classe
<i>Área urbanizada</i>	2,03	0,21
<i>Vegetação natural</i>	294,37	31,11
<i>Área antropizada</i>	650,02	68,68

Verifica-se através da TABELA 15 que a Área urbanizada possui pouca representatividade na classe 360-480, ocupando somente 2,03 km<sup>2</sup> da área total da classe. O valor representado por esta classe de uso do solo equivale a 0,21% da área.

A Vegetação natural cobre uma área de 294,37 km<sup>2</sup> da área total da classe hipsométrica. Esta cobertura equivale a 31,11%.

Das três classes de uso do solo, a que possui maior abrangência espacial na classe hipsométrica 360-480 é a *Área antropizada*, pois ocupa uma área de 650,02 km<sup>2</sup>, correspondendo a 68,68% da área total da bacia.

#### 6.4.2. Uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 480-520

A TABELA 16 demonstra a área das três classes de uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 480-520.

**TABELA 16** - Uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 480-520

Classes de uso do solo	Área (km <sup>2</sup> )	% sobre área total da classe
<i>Área urbanizada</i>	16,03	2,00
<i>Vegetação natural</i>	227,63	28,34
<i>Área antropizada</i>	559,39	69,66

A *Área urbanizada* é pouco representativa em termos de cobertura espacial, pois ocupa nesta classe 16,03 km<sup>2</sup>, o equivalente a 2,00% da área total.

Representando uma ocupação de 28,34%, a *Vegetação natural* cobre uma área de 227,63 km<sup>2</sup> do total da classe hipsométrica.

Conforme fica evidente na TABELA 16, a *Área antropizada* na classe hipsométrica 480-520 é predominante, apresentando resultados parecidos com os da classe hipsométrica 360-480. Aqui ela ocupa uma área de 559,39 km<sup>2</sup>, que corresponde a 69,66% da área total da classe.

#### 6.4.3. Uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 520-560

A TABELA 17 apresenta as áreas ocupadas pelos usos do solo de 1988 na classe hipsométrica 520-560.

**TABELA 17** - Uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 520-560

Classes de uso do solo	Área (km <sup>2</sup> )	% sobre área total da classe
<i>Área urbanizada</i>	49,39	10,93
<i>Vegetação natural</i>	93,99	20,80
<i>Área antropizada</i>	308,54	68,27



Conforme a TABELA 17, a Área urbanizada ocupa uma área de 49,39 km<sup>2</sup> da classe hipsométrica 520-560. Este valor coberto por este tipo de uso do solo equivale a 10,93%.

A *Vegetação natural* cobre uma área de 93,99 km<sup>2</sup> correspondendo a 20,80% da área total da classe hipsométrica estudada.

O espaço ocupado pela *Área antropizada* na classe hipsométrica é de 308,54 km<sup>2</sup> que equivale a uma cobertura de 68,27%. Desta forma, esta classe de uso do solo é a que possui maior área dentro da classe hipsométrica em evidência.

#### 6.4.4. Uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 560-720

TABELA 18 - Uso do solo de 1988 na classe hipsométrica 560-720

Classes de uso do solo	Área (km <sup>2</sup> )	% sobre área total da classe
<i>Área urbanizada</i>	44,66	12,80
<i>Vegetação natural</i>	98,48	28,24
<i>Área antropizada</i>	205,64	58,96

A *área urbanizada* nesta classe hipsométrica corresponde a 44,66 km<sup>2</sup> que equivale a 12,80% . Esta classe de uso do solo é a que tem menor representatividade dentro da classe hipsométrica verificada.

As áreas com *Vegetação natural* correspondem a 28,24% do total da área da classe hipsométrica. Este percentual equivale a uma cobertura de 98,48 km<sup>2</sup>.

Como nas classes hipsométricas verificadas anteriormente, a *Área antropizada* neste intervalo também é a que possui maior representatividade em

termos de ocupação espacial, cobrindo uma área de 205,64 km<sup>2</sup>. Esta área corresponde a 58,96% sobre a área total da classe.

Conforme a análise dos resultados do cruzamento entre o uso do solo de 1988 com as classes hipsométricas, verificou-se que na Bacia do Alto Anhanduí é predominante o intervalo hipsométrico de 360-480 m, estando esta classe localizada nas áreas mais próximas do Rio Anhanduí.

Através da análise do uso do solo nas diferentes classes hipsométricas, verificou-se que na medida em que as áreas vão se tornando mais altas, os valores relativos da *Área urbanizada* também aumentam, com destaque para os dois últimos intervalos hipsométricos, de 520 a 560 e de 560 a 720m, apesar da maior área em relação a área total da bacia estar nos intervalos de 360 a 480 e 480 a 520m. Isto ocorre devido a área urbana de Campo Grande estar localizada na parte mais alta da Bacia do Alto Anhanduí. Percebeu-se que a *Vegetação natural* não apresentou diferenças consideráveis quanto ao seu decréscimo nos diferentes intervalos hipsométricos, pois os valores relativos se mantêm próximos com variação aproximada de 2,5%, excetuando uma diferença de 7,40% no decréscimo da *Vegetação natural* na classe hipsométrica de 520 a 560m. Esta equivalência da retirada da vegetação natural pode ser explicada pela presença principalmente próximas aos cursos d'água (matas ciliares) em todos os intervalos hipsométricos. Neste sentido, as diferenças altimétricas não interferem na retirada da *Vegetação natural* para utilização dessas áreas para outros fins.

Os dados também demonstram que a *Área antropizada* em termos relativos mantém uma equivalência na sua expansão na medida em que as áreas se tornam mais altas, variando em torno de 1%. A exceção acontece no intervalo

hipsométrico de 560 a 720m com uma diferença na sua expansão de aproximadamente 9,5% em relação às outras classes. Isto explica-se pelo fato de que Campo Grande tem uma parte do sítio urbano localizado neste intervalo hipsométrico, colaborando para a expansão da *Área urbanizada* e não da *Área antropizada*.

### 6.5. Cruzamento das classes de uso do solo de 1998 com as classes hipsométricas

Quanto às áreas de uso do solo de 1998, houveram significativas mudanças em relação ao ano de 1988. Os valores de cada tipo de uso do solo nas diferentes classes hipsométricas são descritos na TABELA 19.

**TABELA 19** - Distribuição da área ocupada pelas diferentes classes de uso do solo de 1998 em função da hipsometria da Bacia do Alto Anhanduí

Classes hipsométricas	<i>Área urbanizada</i>	<i>Vegetação natural</i>	<i>Área antropizada</i>
Classe 360-480	2,08	129,05	815,28
Classe 480-520	25,47	84,91	692,68
Classe 520-560	71,08	46,00	334,84
Classe 560-720	70,37	37,22	241,20

Os resultados analisados a seguir, envolvem a evolução do uso do solo entre os anos citados em cada classe hipsométrica. Para tal foram utilizadas tabelas com as áreas dos diferentes usos nos diferentes intervalos hipsométricos e o percentual por eles ocupados.





### 6.5.1. Evolução do uso do solo em função da hipsometria

#### 6.5.1.1. Área urbanizada

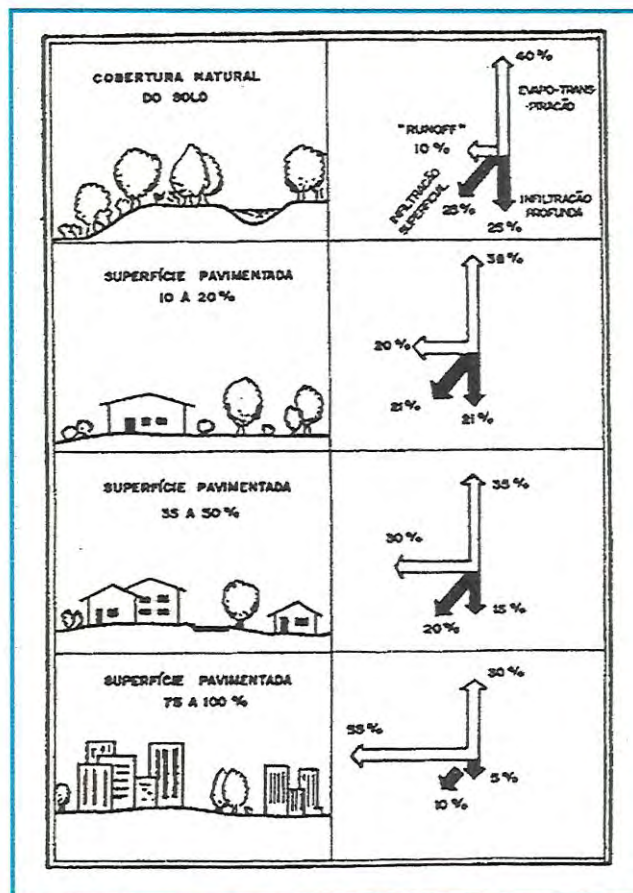
TABELA 20 - Evolução da *Área urbanizada* em função das classes hipsométricas

Classes hipsométricas	<i>Área urbanizada</i>			
	1988 (km <sup>2</sup> )	1998 (km <sup>2</sup> )	Incremento(km <sup>2</sup> )	Incremento (%)
360-480	2,03	2,08	0,05	2,46
480-520	16,03	25,47	9,44	58,89
520-560	49,39	71,08	21,69	43,91
560-720	44,66	70,37	25,71	57,57

Analisando a TABELA 20, verifica-se que a *Área urbanizada* teve maior expansão nas áreas mais altas em valores absolutos, sendo que os mesmos aumentam na medida em que as áreas se tornam mais altas. Em termos percentuais, a *Área urbanizada* teve um crescimento pouco significativo no intervalo hipsométrico de 360 a 480m com apenas 2,46%. O crescimento manteve uma certa equivalência em termos proporcionais nas classes de 480 a 520m e de 560 a 720m com mais de 55% para cada uma. A expansão dessa classe de uso do solo no período estudado para o intervalo hipsométrico de 480 a 520m foi bastante reduzido pelo fato de a cidade de Campo Grande ter surgido junto à confluência entre dois córregos formadores do Rio Anhanduí, estando a mesma localizada no interflúvio de duas grandes bacias, a Bacia do Paraguai e da Bacia do Paraná.

A expansão da área urbana para as áreas de nascente pode provocar diversos impactos aos recursos hídricos. Como toda a água disponível faz parte do

ciclo hidrológico, o processo de urbanização pode provocar diversas alterações. MOTA (1999) destaca algumas delas: aumento da taxa de escoamento, diminuição da infiltração da água, devido à impermeabilização e à compactação do solo, mudança no nível do lençol freático que colabora para a redução do recurso, maior erosão do solo e conseqüente aumento do processo de assoreamento dos sistemas de captação de coleções de águas superficiais, aumento da ocorrência de enchentes e poluição das águas superficiais e subterrâneas. Para ter idéia das taxas de infiltração da água, escoamento e avapo-transpiração em função da pavimentação da superfície do solo é apresentada a FIGURA 36.



Fonte: Planning Commission. Nashville - Davidson County In: MOTA (1999)  
**FIGURA 36** - Taxas de infiltração, escoamento e evapo-transpiração da água em função da pavimentação da superfície do solo

Analisando a FIGURA 36, percebe-se claramente que à medida em que a pavimentação da superfície do solo aumenta, diminui-se a infiltração da água, aumenta-se o escoamento em função do processo de urbanização e diminui-se a evapo-transpiração. A situação torna-se ainda mais grave quando a expansão urbana avança em direção às áreas de nascentes, comprometendo o abastecimento em quantidade e qualidade para os diversos usos.

A expansão urbana de Campo Grande acontece para as áreas mais altas da bacia, correspondendo às áreas de nascentes. Dessa forma, essa expansão pode provocar a degradação dos mananciais comprometendo o abastecimento urbano. Pode provocar também a contaminação dos recursos hídricos em função da falta de investimento em infra-estrutura, com a abertura de fossas sépticas e poços artesianos. A situação se agrava ainda mais à medida que a ocupação se estende às margens dos cursos d'água, onde o esgoto é lançado sem prévio tratamento neste recurso, servindo também de área de disposição de lixo.

CAVALCANTE (1998) verificou por meio de análises físico-químicas que as águas subterrâneas na Região Metropolitana de Fortaleza-CE, apesar de estarem com boa qualidade físico-química, possuem problemas quanto à qualidade bacteriológica devido aos coliformes fecais, com a presença predominante da bactéria *Escherichia coli*. Verificou também que as águas superficiais estão contaminadas bacteriologicamente, resultado da disposição direta de efluentes domésticos e/ou industriais, transformando os cursos d'água em esgotos a céu aberto. As águas subterrâneas, de acordo com o autor, têm como fontes potenciais de poluição a intrusão salina, o sistema de esgotamento sanitário e as águas superficiais poluídas.



O problema de contaminação das águas também tem ocorrido em São Paulo devido a expansão acelerada da área metropolitana em direção às áreas de mananciais. HERZ et al. (1978) utilizando imagem do satélite Landsat-2, classificaram uma série de padrões de água nas represas Guarapiranga e Billings, verificando que as águas apresentavam-se contaminadas pelo lançamento direto de produto sanitário e efluentes domésticos.

POMPÉIA & FORESTI (1987) verificaram que a retirada da vegetação e a ocupação das áreas de mananciais em função do acelerado processo de urbanização em São Paulo, geram graves problemas sociais, entre eles: enchentes que desabrigam grande número de pessoas, deficiência de infra-estrutura sanitária, problemas de fornecimento de água, etc., fatos que do ponto de vista da saúde pública são graves, pois proporcionam o aparecimento de doenças como a leptospirose e outras.

De acordo com MATO GROSSO DO SUL (1999), o tratamento de resíduos nos sistemas de esgotamento sanitário existentes, bem como a drenagem urbana de águas pluviais e a coleta, tratamento e disposição do lixo domiciliar urbano são executados de forma precária não só em Campo Grande como em outras cidades de porte médio do Estado de Mato Grosso do Sul. O autor ainda afirma que o saneamento na área rural é quase inexistente, o que contribui com as altas taxas de mortalidade infantil, doenças parasitárias e infecções intestinais.

A prestação de serviço de saneamento à população, no que se refere à água tratada, o índice de atendimento encontra-se em torno de 90% da população residente e a de esgoto em torno de 30% (Informações orais)<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Informações obtidas com o funcionário Carlos da atual empresa responsável pela execução de serviços de saneamento de Campo Grande.

## 6.5.1.2. Vegetação natural

TABELA 21 - Evolução da *Vegetação natural* em função da hipsometria

Classes hipsométricas	<i>Vegetação natural</i>			
	1988 (km <sup>2</sup> )	1998 (km <sup>2</sup> )	Decréscimo(km <sup>2</sup> )	Decréscimo(%)
360-480	294,37	129,05	165,32	56,16
480-520	227,63	84,91	142,72	62,70
520-560	93,99	46,00	47,99	47,99
560-720	98,48	37,22	61,26	62,21

No período estudado, a *Vegetação natural*, de acordo com a TABELA 21, sofreu maiores reduções em termos absolutos nas classes hipsométricas de 360 a 480m e de 480 a 520m. Isto pode ser explicado pela maior área de abrangência das duas classes no contexto da bacia. Em termos percentuais a redução da *Vegetação natural* foi equivalente nas classes hipsométricas exceto na classe de 520 a 560 onde a redução foi menos acentuada. Dessa forma, as diferenças altimétricas não interferem na retirada da *Vegetação natural* para diferentes propósitos.

### 6.5.1.3. Área antropizada

TABELA 22 - Evolução da *Área antropizada* em função da hipsometria

Classes hipsométricas	<i>Área antropizada</i>			
	1988 (km <sup>2</sup> )	1998 (km <sup>2</sup> )	Incremento(km <sup>2</sup> )	Incremento(%)
360-480	650,02	815,28	165,26	25,42
480-520	559,39	629,68	70,29	23,82
520-560	308,54	334,84	26,30	8,52
560-720	205,64	241,21	35,57	17,30

A expansão da *Área antropizada* em termos absolutos no período estudado foi maior nos dois intervalos hipsométricos com áreas mais baixas. Em termos relativos, os incrementos mantiveram uma certa equivalência, diminuindo ao passo que as áreas se tornam mais altas devido boa parte da *Área urbanizada* ocupar parte dos intervalos mais altos. A exceção ocorreu no intervalo hipsométrico de 520 a 560m que teve a metade do incremento ocorrido nos intervalos restantes.

A ampla ocupação das áreas mais baixas também ocorreu possivelmente pela proximidade com os cursos d'água, facilitando dessa forma o trabalho de irrigação de áreas voltadas para agricultura ou mesmo pastagens, conforme demonstram as FIGURAS 37 e 38.

Através dessas informações observa-se que as áreas mais baixas, que são predominantes, foram as que obtiveram maiores índices de ocupação na Bacia do Alto Anhanduí.





**FIGURA 37** - Pastagem recém plantada irrigada por aspersão convencional



**FIGURA 38** - Área preparada que será irrigada por pivô central

Juntamente com a crescente demanda pela água e por alimentos nos núcleos urbanos, expande-se também a agricultura irrigada com a finalidade de

aumento de produtividade. PAVESI (1998) comenta que, no Brasil, a irrigação representa o maior consumidor de água, com a utilização aproximada de 70% de toda a água consumida no país. SALASSIER<sup>4</sup> apud PAVESI (1998) menciona que em algumas bacias, como a de Guaira (SP) e do Rio Verde-Grande (MG), após a implantação de vários projetos de irrigação, sem quantificação prévia do volume de água efetivamente disponível, tem faltado água para as áreas situadas à jusante, até para o consumo humano.

PAVESI (1998) ainda afirma que, no Brasil, as decisões relativas à exploração dos recursos hídricos são deixadas aos proprietários dos terrenos situados às margens dos corpos d'água ou onde se localizam águas subterrâneas, inexistindo qualquer tradição de monitoramento e cobrança sobre o uso da água captada. Este fato contribui para o uso descontrolado deste recurso, em que os picos de maior uso acontecem nos períodos de menor precipitação ocasionando um desequilíbrio entre a disponibilidade e a demanda.

Na Bacia hidrográfica do Alto Anhanduí como no restante do Estado de Mato Grosso do Sul, a situação é semelhante à discussão anterior, não havendo nenhum tipo de monitoramento e fiscalização da utilização da água para seus diferentes fins.

---

<sup>4</sup> SALASSIER, B. (1994). Impacto ambiental da agricultura irrigada no Brasil. In: **X Congresso Nacional de Irrigação e drenagem**. Salvador-BA. Anais. Associação Brasileira de Irrigação e drenagem (ABID).



### 6.6. Cruzamento do uso do solo de 1988 com as classes geomorfológicas

Para iniciar a análise do cruzamento das classes geomorfológicas com as classes de uso do solo, é preciso antes esclarecer o significado das classes do mapa de geomorfologia, sendo:

- 1) P = Relevo plano, geralmente elaborado por várias fases de retomada erosiva, inumado ou não, por coberturas detríticas e/ou de alteração.
- 2) Dt = Relevos elaborados pela ação fluvial, apresentando topos tabulares, definidos pela combinação das variáveis densidade de drenagem e declividade das vertentes, segundo a TABELA 23.

**TABELA 23** - Classificação das classes geomorfológicas através das variáveis: densidade de drenagem e declividade das vertentes

DENSIDADE DE DRENAGEM	DECLIVIDADE DAS VERTENTES						
	<3,49 %	3,49 a 8,74%	3,49 a 19,43%	8,74 a 19,43%	8,74% a 44,52%	19,43 a 44,52%	19,43 a 100%
Baixa (157 - 330 km)	11	12	13	14	15	16	17
Moderada a Baixa (330 - 450 km)	21	22	23	24	25	26	27
Moderada (450 - 730 km)	31	32	33	34	35	36	37
Moderada a Alta (730 - 915 km)	41	42	43	44	45	46	47
Alta (915 - 1150 km)	51	52	53	54	55	56	57
Muito Alta (1150 - 1430 km)	61	62	63	64	65	66	67

Fonte: FIBGE/SEPLAN (1987)

A seguir, serão apresentados os resultados do cruzamento entre as classes de geomorfologia com o uso do solo de 1988 utilizando a TABELA 24.



**TABELA 24** - Distribuição da área ocupada pelas diferentes classes de uso de 1988 em função das classes geomorfológicas da Bacia do Alto Anhanduí

	<i>Área urbanizada (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% sobre área total da classe</i>	<i>Vegetação natural (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% sobre área total da classe</i>	<i>Área antropizada (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% sobre área total da classe</i>
P	0,32	0,09	72,78	19,81	294,26	80,10
Dt 11	0,00	0,00	1,17	39,53	1,79	60,47
Dt 21	111,79	5,14	639,98	29,41	1424,28	65,45
Dt 22	0,00	0,00	0,55	14,47	3,25	85,53

Analisando a FIGURA 39 e o cruzamento entre as classes geomorfológicas e as classes de uso do solo de 1988 verificou-se que a classe geomorfológica Dt 21 (densidade de drenagem de moderada a baixa e declividade menor que 3,49%) é a que abrange maior extensão em área da bacia com 2176,05 km<sup>2</sup>, representando 85,32% da área total. Esta classe encontra-se por quase toda a extensão da Bacia do Alto Anhanduí, desde o norte até o sul da área, passando pela área central.

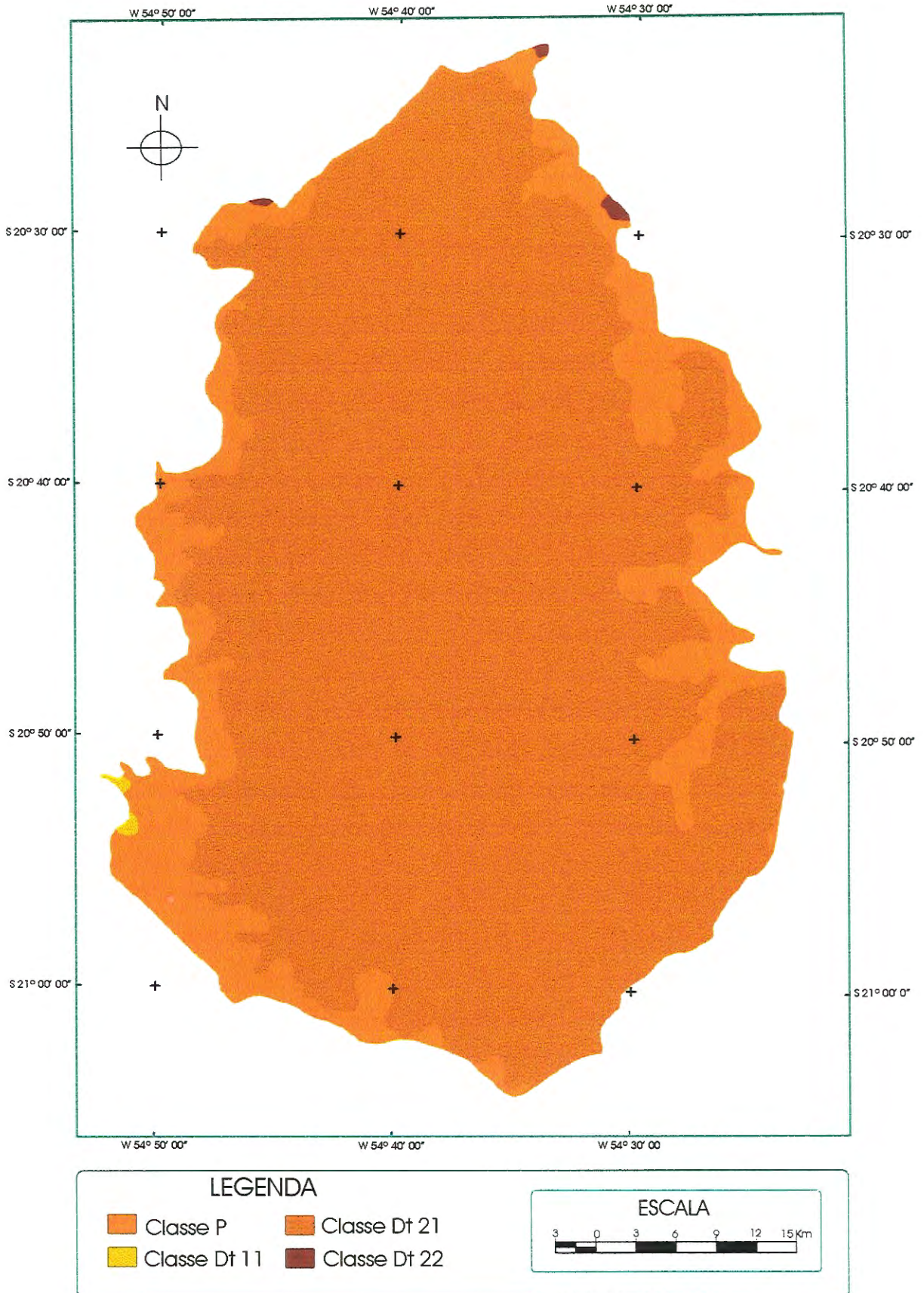


FIGURA 39 - Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Alto Anhanduí-MS

Esta classe apresenta *Área antropizada* com maior proporção dentro da bacia, ocupando 1424,28 km<sup>2</sup>, seguida por vegetação natural com 639,98 km<sup>2</sup> e área urbanizada com 111,79 km<sup>2</sup>.

A classe P (relevo plano) ocupa uma área de 367,36 km<sup>2</sup>, o que representa 14,40% da área de estudo. Encontra-se predominantemente nas bordas da bacia.

Esta classe apresenta *Área antropizada* com maior proporção, ocupando 294,26 km<sup>2</sup>, seguido por Vegetação natural com 72,78 km<sup>2</sup>. Nesta classe a Área urbanizada é bastante pequena com 0,32 km<sup>2</sup>.

A classe geomorfológica Dt 11 (densidade de drenagem baixa e declividade de vertente < 3,49%), é a que engloba menor área da bacia com 2,96 km<sup>2</sup>, o equivalente a 0,11% da área total.

Nesta classe geomorfológica pela sua dimensão, percebe-se que as classes de uso do solo são pouco significantes espacialmente. Apresenta *Área antropizada* com 1,77 km<sup>2</sup>, seguida por *Vegetação natural* com 1,17 km<sup>2</sup> e *Área urbanizada* sem nenhuma área ocupada.

A classe geomorfológica Dt 22 (densidade de drenagem de moderada a baixa com declividade das vertentes de 3,49% a 8,74%), também ocupa pequena área dentro da bacia com 3,80 km<sup>2</sup> correspondendo a 0,14% do total da área.

A *Área antropizada* é a que ocupa maior área dentro desta classe com 3,25 km<sup>2</sup>. Apresenta *Vegetação natural* com 0,55 km<sup>2</sup> e nenhuma medida para *Área urbanizada*.

Estas informações podem ser exemplificadas analisando a FIGURA 40.



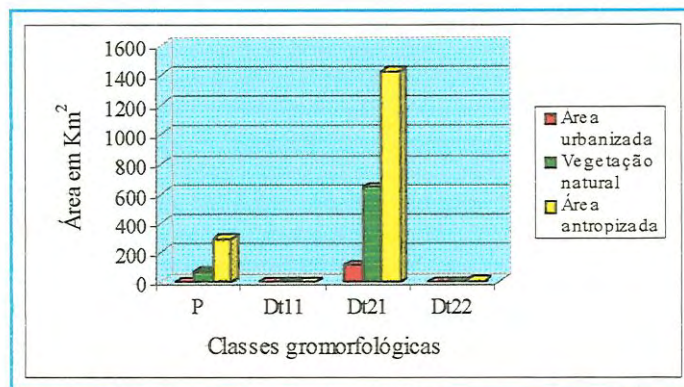


FIGURA 40 - Cruzamento das classes geomorfológicas com o uso do solo de 1988

### 6.6.1. Uso do solo de 1988 na classe geomorfológica P

A classe geomorfológica P distribui-se predominantemente pelas bordas leste e oeste da Bacia do Alto Anhanduí (FIGURA 39).

Esta classe apresenta 0,32 km<sup>2</sup> ocupados por *Área urbanizada*, o que equivale a 0,09% da área total da classe.

Apresenta ainda 72,78 km<sup>2</sup> de *Vegetação natural*, representando 19,81% da área total da classe P.

A *Área antropizada* nesta classe P é predominante, pois ocupa 294,26 km<sup>2</sup> e corresponde a 80,10% da área total da classe.

### 6.6.2. Uso do solo de 1988 na classe geomorfológica Dt 11

A classe geomorfológica Dt 11 aparece em uma pequena área na borda sudoeste da bacia.

A *Área urbanizada* nesta classe não teve nenhuma representação.

Apresentou a *Vegetação natural* ocupando 1,17 km<sup>2</sup>, o equivalente a 39,53% da área total da classe.

A *Área antropizada* nesta classe é predominante, cobrindo uma área de 1,79 km<sup>2</sup>, corresponde a 60,47% da área total da classe.

### 6.6.3. Uso do solo de 1988 na classe geomorfológica Dt 21

A classe geomorfológica Dt 21 é a que possui maior abrangência espacial dentro da Bacia do Alto Anhanduí. Acompanha a malha hidrográfica, se estendendo desde a área de nascentes do Rio Anhanduí até o limite sul da área de estudo, o Distrito de Anhanduí.

A *Área urbanizada* nesta classe ocupa uma área de 11,79 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 5,24% da área total da classe.

Uma área de 639,98 km<sup>2</sup> é coberta por *Vegetação natural*. Este valor equivale a 29,41% da área total da classe.

A *Área antropizada* é dominante nesta classe, pois ocupa uma área de 1424,28 km<sup>2</sup> que corresponde a 65,45% da área total da classe Dt 21.

### 6.6.4. Uso do solo de 1988 na classe geomorfológica Dt 22

Esta classe está localizada ao norte da bacia, restrita a três pequenas manchas (FIGURA 39).

A *Área urbanizada* não possui representação nesta classe.

A *vegetação natural* cobre uma área de 0,55 km<sup>2</sup> que representa 14,47% da área total da classe Dt 22.

Nesta classe também há um predomínio da *Área antropizada* que ocupa uma área de 3,25 km<sup>2</sup>, o equivalente a 85,53% da área total da classe Dt 22.

A partir das informações anteriores, verificou-se que a *Área urbanizada* em 1988 estava presente somente nas classes geomorfológicas P e Dt 21. Na classe P, sua representação era pouco significativa com apenas 0,32 km<sup>2</sup> equivalendo em termos percentuais a 0,09% da área dessa classe. Na classe geomorfológica Dt 21, a

*Área urbanizada* ocupava uma área de 111,79 km<sup>2</sup> equivalente a 5,14% da área total da classe geomorfológica. A disposição dessa classe do uso do solo, principalmente na classe Dt 21 está relacionada a ocupação da mesma em relação à área total da bacia, ocupando a maior parte com 2176,05 km<sup>2</sup> correspondendo a 85,32%.

Verifica-se o baixo percentual da *Vegetação natural* nas diferentes classes geomorfológicas, tanto em área com declividade e densidade de drenagem baixa, quanto em área com declividade baixa e densidade de drenagem moderada a baixa.

Em termos absolutos e relativos, a *Área antropizada* é a classe de uso que ocupa maior área em todas as classes geomorfológicas. A sua disposição apresenta-se da seguinte forma: 60,47% na classe Dt 11, 65,41% na classe Dt 21, 80,10% na classe P e 85,53% na classe Dt 22. Assim, verifica-se que quanto maior a densidade de drenagem e maior a declividade, o índice de ocupação pela *Área antropizada* também aumenta.

#### **6.7. Cruzamento entre as classes de uso do solo de 1998 com as classes geomorfológicas**

Na TABELA 25, são apresentados os valores em área de cada tipo de uso do solo de 1998 na diferentes classes geomorfológicas. Relacionando-as com as áreas de uso do solo de 1988, percebe-se que houve mudanças significativas.



**TABELA 25** - Distribuição da área ocupada pelas diferentes classes de uso do solo de 1998 em função da geomorfologia da Bacia do Alto Anhanduí

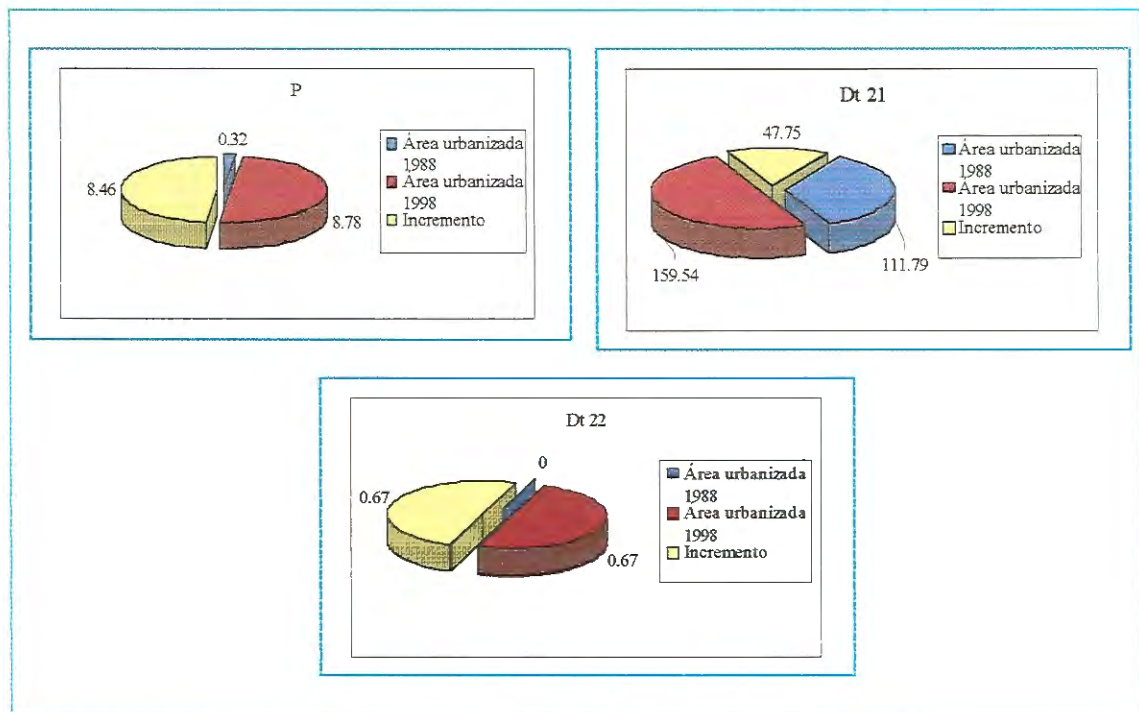
Classes geomorfológicas	Área urbanizada (km <sup>2</sup> )	Vegetação natural (km <sup>2</sup> )	Área antropizada (km <sup>2</sup> )
Classe P	8,78	32,38	326,19
Classe Dt 11	0,00	0,02	2,95
Classe Dt 21	159,54	264,63	1751,88
Classe Dt 22	0,67	0,15	2,98

Pelo fato de que a geomorfologia deriva de processos de esculturação do relevo, que se traduzem por formas que variam de declividade e altimetria, os resultados de geomorfologia obtidos apresentam certa redundância.

Os resultados são discutidos utilizando as FIGURAS 41, 42 e 43.

### 6.7.1. Evolução do uso do solo em função da geomorfologia

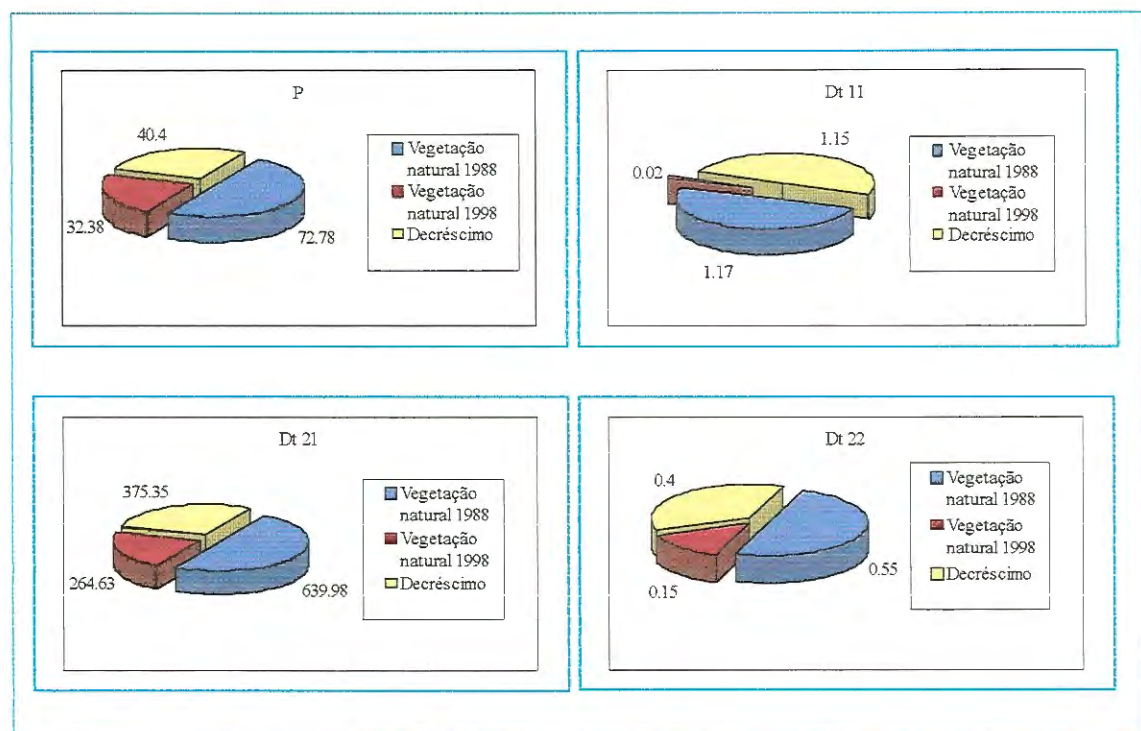
#### 6.7.1.1. Área urbanizada



**FIGURA 41** - Evolução da área urbanizada em função da geomorfologia  
Obs: Os valores de 1988 e 1998 estão em km<sup>2</sup>

Através dos resultados expressos pela FIGURA 41, verificou-se que a expansão da *Área urbanizada* aconteceu em áreas com relevo plano, não apresentando assim, impedimento para o seu crescimento em função do contexto geomorfológico. De acordo com DE BIASI (1992), o limite estabelecido pela legislação federal - Lei 6766/779 (Lei de Lehman), define o limite máximo para urbanização sem restrições que é de 30%, a partir do qual qualquer tipo de parcelamento faz-se-à através de exigências específicas. Vale enfatizar que áreas acima deste limite não ocorre no contexto da área de estudo.

#### 6.7.1.2. Vegetação natural



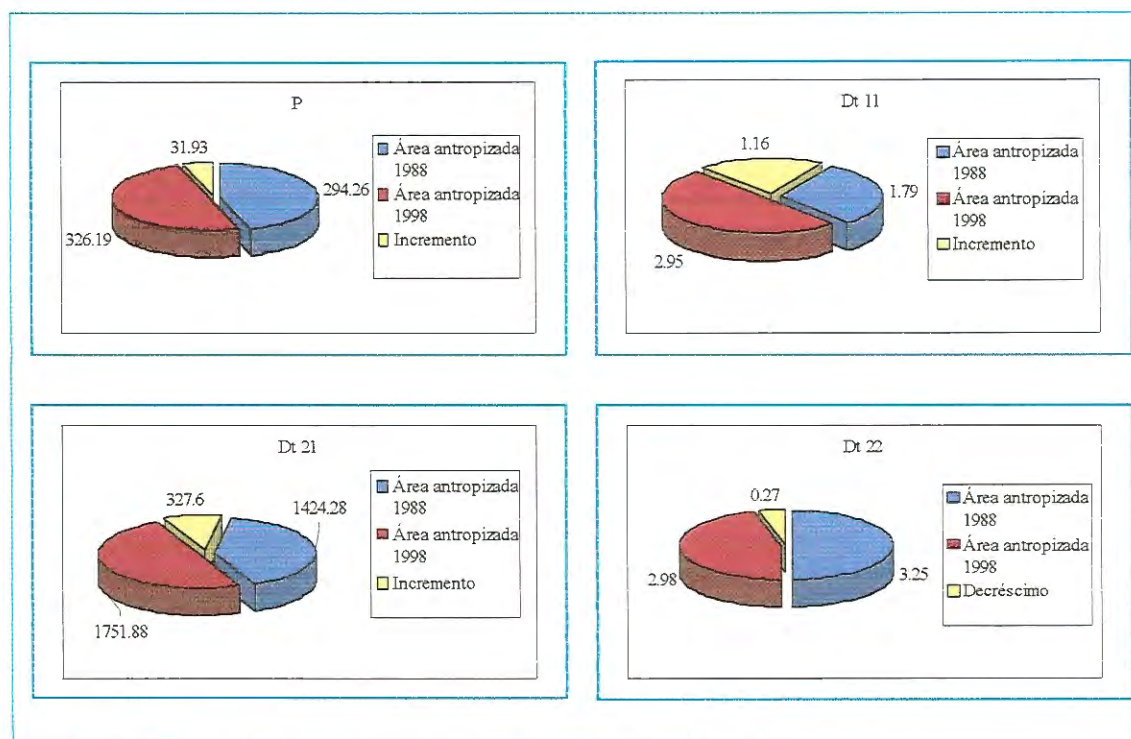
**FIGURA 42** - Evolução da Vegetação natural em função da geomorfologia  
Obs: Os valores de 1988 e 1998 estão em k<sup>2</sup>

No período estudado, verificou-se que a *Vegetação natural* teve grande redução em termos relativos em todas as classes geomorfológicas (FIGURA 42). Deve-se destacar que na classe Dt 11, a redução foi quase total, alcançando 98,29%.

Em termos absolutos a redução não aparenta ser tão grande, onde a vegetação diminuiu 1,15 km<sup>2</sup>. A localização dessa classe geomorfológica está restrita a uma pequena área a sudoeste da bacia, onde existe o predomínio de culturas, podendo assim afirmar que a redução da *Vegetação natural* ocorreu para fins agrícolas, além de não oferecer nenhuma restrição geomorfológica para a utilização de máquinas, apresentando declividade e densidade de drenagem baixas.

A redução foi equivalente nas classes P e Dt 21 com pouco mais de 55%. Já na classe Dt 22, a *Vegetação natural* teve um decréscimo de 72,72% o que pode ser explicada pelo fato de que uma vez esgotada as classes que oferecem melhores condições de ocupação, como a classe Dt 11, outras áreas menos propícias passam a ser ocupadas para fins agrícolas ou pecuários.

### 6.7.1.3. Área antropizada



**FIGURA 43** - Evolução da Área antropizada em função da geomorfologia  
Obs: Valores de 1988 e 1998 estão em km<sup>2</sup>



Verificou-se que na classe geomorfológica Dt 22 houve uma redução da *Área antropizada* no período estudado. Esta área foi transformada em *Área urbanizada* por encontrar-se ao norte da bacia, onde observou-se a expansão da mesma naquela direção.

Nas classes geomorfológicas restantes houve expansão da *Área antropizada*, com destaque para a classe P com incremento de 64,80%, podendo estar associada ao fato de que a declividade e densidade de drenagem são baixas, facilitando a utilização das mesmas para fins agropecuários com utilização de máquinas agrícolas.

Sob o ponto de vista da geomorfologia, verificou-se que não há impedimentos à ocupação da Bacia do Alto Anhanduí, sendo a área composta de terrenos com baixa declividade, planos e com baixa dissecação da drenagem.

Considerando os graus de suscetibilidade à erosão apresentados por RAMALHO FILHO & BEEK (1995), a área se enquadra em suscetibilidade nula (em solo de relevo plano ou quase plano 0 a 3%), suscetibilidade ligeira (em solos com declive de 3 a 8%), suscetibilidade moderada (em solos com declive de 8 a 13%) e suscetibilidade forte (em solos com declive de 13 a 20%).

Por essas informações, verifica-se que a possibilidade de mecanização da área pode ser classificada em alta, consistindo na quase inexistência de limitação quanto ao uso de máquina e implementos agrícolas, onde a declividade não ultrapassa a 3% e em média, com limitação ligeira a moderada quanto ao uso de mecanização, onde a declividade situa-se entre 3 e 8%.

## **CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Considerando os objetivos propostos e os resultados obtidos por esta pesquisa, foi possível chegar às seguintes conclusões:

### **7.1. Conclusões**

A ocupação de áreas para fins de urbanização e agricultura se deu primeiramente em áreas mais favoráveis topograficamente, com baixas declividades e planas. À medida em que essas áreas foram se tornando mais escassas, as áreas menos propícias foram sendo ocupadas.

Mesmo tendo áreas predominantemente com declividades entre 0 e 2%, não se deve desconsiderar os problemas relacionados à erosão, pois o solo exposto pode proporcionar maior carreamento de sedimentos para o leito dos rios nas áreas sem a proteção da mata ciliar, contaminando-os com herbicidas e pesticidas utilizados pelos diferentes tipos de cultura da área e conforme o tipo de manejo utilizado. O aumento de nutrientes nos rios via fontes difusas e pontuais aceleram o processo de eutrofização dos corpos hídricos, comprometendo a qualidade da água restringindo-a para seus diferentes usos.

No tocante aos intervalos hipsométricos, verificou-se que as áreas mais baixas foram mais amplamente ocupadas, possivelmente pela sua proximidade com os cursos d'água, facilitando o processo de irrigação de culturas e pastagens.

A *vegetação natural* na Bacia Hidrográfica do Alto Anhanduí teve considerável redução em função do crescimento da *Área urbanizada* e da *Área antropizada* no período estudado, decorrente da expansão da fronteira agrícola para o Oeste do Brasil. Esta redução está atrelada à facilidade de ocupação proporcionada pelo contexto geomorfológico da região.

A expansão da *Área urbanizada* em direção à áreas onde localizam-se os mananciais, pode comprometer o abastecimento urbano pelo assoreamento de áreas de nascentes que reabastecem o lençol freático, além da contaminação dos mesmos pela deposição de lixo e despejo de esgoto nos corpos d'água, além do aumento de ocorrências de enchentes ocasionadas pelo maior escoamento superficial em áreas compactadas e pavimentadas.

As características geomorfológicas do Alto Anhanduí não oferecem limitações à ocupação, seja para fins agrícolas ou ocupação humana (urbanização), predominando regiões planas e com baixas declividades. Tratando-se de uma área que proporciona intensa exploração econômica, a Bacia Hidrográfica do Alto Anhanduí deve ser monitorada de forma rigorosa para que a sua capacidade suporte não seja ultrapassada, o que compromete um desenvolvimento sustentável.

Verifica-se na bacia, o descumprimento ao Código Florestal que determina medidas fixas de matas ciliares de acordo com a largura dos corpos hídricos. Vale acrescentar que alguns autores como MEDINILHA (1999) e MOTA (1999), argumentam que as faixas de proteção podem ser maiores ou menores que as



determinadas pelo Código Florestal variando de acordo com outros fatores ambientais além da largura do curso d'água, como declividade, solo, vegetação mais densa, etc.

As imagens multiespectrais de diferentes datas do Satélite Landsat 5 utilizada neste trabalho demonstraram ser um meio eficiente de monitoramento da dinâmica do uso e ocupação do solo após análise interpretativa. A integração das informações de uso e ocupação do solo ao geoprocessamento, que possuem ferramentas computacionais como o SIG SPRING, possibilitou interrelacioná-las com outros fenômenos, espaciais e temporais, além de uma rápida quantificação e visualização das suas interrelações.

A aplicação da técnica de realce de contraste através da ampliação linear de contraste nas bandas 5(R), 4(G) e 3(B), possibilitaram a identificação e melhor visualização das classes de interesse.

Na técnica de segmentação por crescimento de regiões aplicada à imagem foi possível ao algoritmo identificar as classes de uso do solo de interesse tendo suas bordas delimitadas satisfatoriamente.

Os resultados obtidos com a aplicação do ISOSEG à imagem segmentada demonstraram que o algoritmo mostrou-se eficiente para separabilidade das classes de interesse. Entre os pares de similaridade testados, o par com valor 8 para o limiar de similaridade e 12 para o de área, foi o que melhor delimitou as classes temáticas. Os valores de limiares quando foram diminuídos apresentaram um particionamento exagerado das classes, ao passo que quando foram aumentados, houve um agrupamento de regiões espectralmente distintas, desaparecendo assim algumas regiões.

A técnica de classificação por regiões mostrou-se eficiente na caracterização das classes de interesse. O limiar de aceitação utilizado foi o de valor de 99,9%, sendo que algumas classes com outros valores não permitiram discriminação.

A partir das análises efetuadas, propõe-se algumas recomendações para trabalhos futuros.

## 7.2. Recomendações

Apesar do bom resultado apresentado pela utilização dos dados orbitais TM/Landsat 5 para a Bacia Hidrográfica do Alto Anhanduí, recomenda-se a utilização de dados com maior resolução espacial para estudos que contemplem áreas urbanas. Assim, dados do Satélite SPOT e IKONOS podem proporcionar melhores informações, além de fotografias aéreas que podem fornecer maiores detalhes da área de estudo.

No âmbito da bacia, sugere-se uma análise conjunta com outras variáveis ambientais como: geologia, solos e aptidão agrícola das terras, além de um acompanhamento contínuo do uso e ocupação do solo proporcionando obter um diagnóstico mais completo, direcionando para a tomada de decisões para utilização racional dos recursos naturais da área.

Na *Área urbanizada* a ocupação de áreas próximas aos cursos d'água pode ser danosa ao recurso hídrico e também às pessoas que ali moram pela falta de infra-estrutura, comprometendo inclusive o abastecimento de água à população devido à ocupação de áreas de mananciais; na área rural a retirada das *Vegetação*

*natural* provoca erosão, assoreamento e contaminação de cursos d'água. Neste sentido, a criação de um Comitê de bacias para o Rio Anhanduí como recomenda a Política Nacional dos Recursos Hídricos (Lei 9433/97) possibilitaria diagnosticar melhor a área proporcionando um gerenciamento adequado através de programas com propostas de ações de recuperação da bacia, garantindo uma qualidade de água adequada para o consumo, visando o desenvolvimento sustentável.



**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALMEIDA FILHO, R. A. et al. (1997). Application of image merging, segmentation and region-classification techniques as a new approach for the detailed thematic mapping of soil-vegetation assemblages. **Revista Brasileira de Geociências**. v.27, n.2, p. 207-210, jun.
- ALMEIDA FILHO, R. A. et al. (1998). Avaliação de técnicas de segmentação e classificação automática de imagens LANDSAT-TM no mapeamento do uso do solo na Amazônia. **Acta Amazônica**, nº28(1), p.41-54.
- ALVES, D. S. et al. (1996a). Mapeamento do uso da terra em Rondônia utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 8. Salvador-BA, p. 14-19, abr.
- ALVES, D. S. et al. (1996b). Characterizing land use dynamics in amazon using multi-temporal imagery and segmentation techniques. **XVIII ISPR Congress**. Vienna, july.
- ANJOS, R. S. A. (1996). SIG e dinâmica territorial: modelagem dos processos formadores da expansão urbana no distrito federa. **Gisbrasil 96 - Congresso e feira para usuários de geoprocessamento**, 2. Curitiba, p.227-238.
- ARGENTO, M. S. F.; MARQUES, J. S. (1988). Aplicações de sistemas de informações em projetos de gerenciamento ambiental. **Geociências**. v.7, p.21-42.
- ARGENTO, M. S. F. (1995). Mapeamento geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B., orgs (1995). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (1993). **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Planaltina, EMBRAPA/CPAC.
- ASSAD, M. L. L. (1993). Sistema de informações Geográficas na avaliação da aptidão agrícola de terras. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Planaltina, EMBRAPA/CPAC.

- ASSUNÇÃO, G. V. et al. (1989). **Mapa de aptidão agrícola das terras e uso adequado das terras: uma abordagem usando SGI e imagens de satélite.** São José dos Campos, INPE-4827-PRE/1458.
- ASSUNÇÃO, G. V. (1989). Apresentação. In: FORMAGGIO, A. R. et al. **O sensoriamento remoto na agricultura: conceitos básicos, metodologia e aplicações.** São José dos Campos, INPE-4806-MD/39 (Manual de treinamento).
- BARGUIL, S.R. (1998). **Geoprocessamento aplicado ao monitoramento de cerrado: um estudo de caso na porção noroeste da APA Corumbataí (SP).** São Carlos. 151p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BATISTA, G. T. et al. (1994). A new approach for deforestation assessment. **ISPRS. Proceeding**, v.30, p. 170-174.
- BERGSMAN, E. (1983). Rainfall erosion surveys for conservation planning. **ITC Journal**, Enschede, v.2, p.166-174.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. (1999). **Conservação do solo.** 4.ed. São Paulo, Ícone.
- BINS, L. S. et al. (1993). Um método de classificação não supervisionada por regiões. **SIBGRAPI VI.** Recife-PE, p. 65-68.
- BOTELHO, R. G. M. (1999). Planejamento ambiental em Microbacia Hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T. et al. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.
- BRASIL, Leis. (1981). Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981 - **PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente.**
- BRASIL, Leis. (1986). Lei 7511 de 08 de julho de 1986. Altera dispositivos da Lei nº 4771 de 15 de setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial** (República Federativa do Brasil), Brasília, v.27, n.127, p.10049, 8 de julho de 1986. Seção 1.
- BRASIL, Leis. (1997). Lei 9433 de 08 de janeiro de 1997. **PNRH - Política Nacional dos recursos Hídricos.**
- BUCCI, E. F. B. **Método de seleção de composições coloridas TM/LANDSAT para análise de classes de uso da terra.** São José dos Campo. 129p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE 5119-TDL/421.
- BURROUGH, P. A. (1986). **Principles of geographical Information Systems for Land Resources Assessment.** Oxford, Clarendon Press.

- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. (1998). **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2.ed. São José dos Campos, INPE.
- CAMPESTRINI, H.; GUIMARÃES, A. V. (1991). **História de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande/MS, Academia Sul-Mato-Grossense de Letras/IHGMS, 3 ed.
- CARVALHO, P. G. S. (1993). **Mapeamento da cobertura vegetal, do uso e ocupação do solo, no Município de Lagoa Santa, através de análise de imagens orbitais (TM/Landsat)**. Belo Horizonte, UFMG.
- CASTRO, A. G. de. (1992). **Técnicas de sensoriamento remoto e sistemas geográficos de informações no estudo integrado de bacias hidrográficas**. São José dos Campos. Dissertação (Mestrado). INPE-5494-TDI/511.
- CASTRO JÚNIOR, R. M. et al. (1999). Critérios básicos para introdução de Sistemas de Informações Geográficas no planejamento urbano e ambiental do município de Colatina-ES. **Congresso Brasileiro de Cartografia, 19**. Recife.
- CAVALCANTE, I. N. **Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada de recursos hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará**. São Paulo, 164p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1980). **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo, Edgard Blucher.
- CHUVIECO, E. (1990). **Fundamentos de teledetección espacial**. Madrid, Ediciones Rialp.
- COUTINHO, A. C. (1997). **Segmentação e classificação de imagens LANDSAT-TM para o mapeamento dos usos da terra**. São Paulo. Dissertação (Mestrado). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- CREPANI, E. ET AL. (1996). **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos. INPE 6145-PUD/028.
- CRÓSTA, A. (1992). **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, UNICAMP.
- DE BIASI, M. (1992). A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**. n.6. São Paulo, FFLCH/USP. p.45-60.
- DONZELI, P. L. et al. (1992). **Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas. Microbacia do Córrego São Joaquim (Município de Pirassununga,SP)**. Documentos IAC-29. Campinas, IAC. p.91-119.



- FERNÁNDEZ, G. A. V. (1996). **Análise da erosão do solo usando a EUPS, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** São José dos Campos. Dissertação (mestrado). INPE-6345-TDI/594.
- FIBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (1991). **Censo Demográfico.** Rio de Janeiro.
- FIBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (1996). **Censo Agropecuário.** Rio de Janeiro.
- FIBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (1997). **Contagem da população.** Rio de Janeiro.
- FLORENZANO, T. G. (1993). **Unidades geomorfológicas da Região Sudeste (SP) identificadas por imagens de satélite.** São Paulo. 164p. Tese (Doutorado em Geografia). FFLCH, Universidade de São Paulo.
- FLORENZANO, T. G. (1998). Imagens TM-LANDSAT e HRV-SPOT na elaboração de cartas geomorfológicas de uma região do Rio Taquari,MS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, v.33, Número Especial, p. 1721-1727.
- FORMAGGIO, A. R. et al. (1992). Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras. **Revista Brasileira de Ciências do Solo.** v.16(2), p.249-256.
- FRANCO, J. B. S.; ROSA, R. (1998). Zoneamento agrícola do Município de Campina Verde - MG, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,** 9. Santos.
- GUERRA, A. T. (1993). **Dicionário geológico geomorfológico.** 8 ed. Rio de Janeiro, IBGE.
- HERNANDES FILHO, P. et al. (1998). Mapeamento da fitofisionomia e do uso da terra de parte da Bacia do Alto Taquari mediante o uso de imagens TM/LANDSAT e HRV/SPOT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, v. 33, Número Especial, p. 1747-1754.
- HERZ, R. et al. (1978). Avaliação preliminar de técnicas de sensoriamento remoto orbital e aéreo para a pesquisa de qualidade da água na região do eixo Rio-São Paulo. São José dos Campos, INPE -7730-PRE/3577.
- INPE-DPI - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. (1999). **Manual do usuário.** <http://www.dpi.inpe.br/spring.julho>.
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. (2000). **Manual do usuário.** <http://www.dpi.inpe.br/spring.maio>.

- IPPOLITI, G. et al. (1998). Sensoriamento remoto e Sistema de Informações geográficas no estudo da adequação do uso das terras nos municípios de Hortolândia e Sumaré - SP. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9**. Santos.
- JENKINS, A. et al. (1994). Hidrology. In: MOLDAN, B. CERNY, coords. **J. Biogeochemistry of small catchments: a tool for environmental research**. (Scope 51). Chichester. John Wiley & Sons, p.31-54.
- JESUS, A. de; SALLES, A. T. (1996). **Levantamento da cobertura vegetal e uso do solo do Alto Anhanduí-MS, através de técnicas de sensoriamento remoto com fins à detecção de áreas propícias à degradação ambiental**. Campo Grande/MS. Monografia (Iniciação Científica). UCDB.
- KLISKEY, A. D. (1995). The role and functionality of GIS as a planning tool in natural resource management. **Comput., Environ. and Urban Systems**. V.19, n.1, p.15-22.
- KOFFLER, N. F. (1993). Uso das terras da Bacia do Rio Corumbataí em 1990. **Geografia**. Rio Claro, v.18, p.135-150.
- KOFFLER, N. F. (1994). Carta de declividade da Bacia do Rio Corumbataí para análise digital (SIG). **Geografia**. Rio Claro, v.19(2), p.167-182.
- KOTCHEKOFF-HENRIQUES, O. (1989). **Composição florística e estrutura de uma mata mesófila semidecídua na cabeceira do Rio da Cachoeira, Serra de Itaqueri, Itirapina-SP**. Campinas. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas).
- LIMA, E. R. V. (1990). **Mapa de risco de erosão do solo: uma abordagem usando sistema de informações geográficas e imagens orbitais**. São José dos Campos. 140p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE 5229-TDL/434.
- LIOTTE, S. V. (1999). Utilização das técnicas de geoprocessamento para apoio ao planejamento físico-territorial do município de Pariquera-Açu-SP. **Gisbrasil 99 - Congresso e feira para usuários de geoprocessamento da América Latina, 5**. Salvador.
- LIPORACI, S. R. et al. (1996). Gerenciamento de dados de mapeamento geotécnico por Sistemas de Informações Geográficas, visando planejamento ambiental. In: **Gisbrasil 96 - Congresso e Feira para usuários de Geoprocessamento, 2**. Curitiba.
- LIPORACI, S. R. et al. (1999). **Sistemática de estudos integrados multitemporais sobre o meio ambiente visando ao planejamento ambiental do Município de Poços de Caldas (MG)**. São Carlos. 193p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.



- LORENTZ, L. F. et al. (1996). Análise da Bacia Hidrográfica da Represa de Jurumirim (SP) com o uso de SIG's. **GIS BRASIL 96 - Congresso e Feira para usuários de Geoprocessamento, 2**. Curitiba.
- LUCHIARI, A. (1994). **Procedimentos de tratamento da informação geográfica: aplicação de técnicas de geoprocessamento como subsídio a análise de processos denudacionais**. São Paulo. Tese (Doutorado) - FFLCH/USP.
- MAGUIRE, D. J. An overview definition of GIS. In: MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD M. F.; RHIND D. W., eds. (1991). **Geographical information systems: principles and applications**. London, Longman, p. 9-29.
- MANTOVANI, J. E.; PEREIRA, A. (1998). Estimativa da integridade da cobertura vegetal do cerrado através de dados TM/Landsat. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9**. Santos.
- MARQUES, J. S. (1995). Ciência geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B., orgs (1995). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.
- MATO GROSSO DO SUL (1987). Secretaria de Planejamento - SEPLAN. **Carta Temática Geomorfologia. SF.21-X-B**- Escala 1:250000.
- MATO GROSSO DO SUL (1989). Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. **Macrozoneamento Geoambiental de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande/MS, FIPLAN/SEPLAN/IBGE.
- MATO GROSSO DO SUL (1995). Secretaria de Planejamento e de Ciência e Tecnologia - SEPLANCT. **Anuário Estatístico de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande/MS.
- MATO GROSSO DO SUL (1999). Secretaria de Planejamento e de Ciência e Tecnologia - SEPLANCT. **Diagnóstico sócio-econômico de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande. Diretoria de Estudos e Pesquisas.
- MAZZOCATO, M. E. (1998). **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento urbano da Bacia do Rio Una: Município de São Sebastião, SP**. São José dos Campos. 197p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE 6820-TDI/641.
- MEDINILHA, A. (1999). **A degradação da mata ciliar e os impactos nos recursos hídricos desencadeados pela expansão urbana de Rio Claro-SP no entorno do Rio Corumbataí**. São Carlos. 181p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- MIRANDA, E. E. et al. (1990) Aplicação de imagens TM-LANDAST na análise do uso das terras no estado do Rondônia. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Manaus, Anais/INPE, p. 451-456.



- MORELLI, A. F. et al. (1999). O uso das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na avaliação da dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra no município de Barrolândia-BA. **Congresso Brasileiro de Cartografia, 19**. Recife.
- MORELLI, A. F. et al. (1993). **Projeto SGIDB - Integração do SGI à gerenciadores de banco de dados relacional**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba, Anais/INPE, p. 390-395.
- MOTA, S. (1995). **Preservação e conservação dos recursos hídricos**. 2.ed. Rio de Janeiro, ABES.
- MOTA, S. (1999). **Urbanização e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, ABES.
- NASCIMENTO, P. S. R. (1997). **Avaliação de técnicas de segmentação e classificação por regiões em imagens LANDSAT-TM visando o mapeamento de unidades de paisagem na Amazônia**. São José dos Campos. 102p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE 6391-TDI/607.
- NEPO - Núcleo de Estudos da População/UNICAMP (2000). **Redistribuição da população e meio ambiente: São Paulo e Centro-Oeste** - Redistribuição das informações censitárias sobre migração - Estado de Mato Grosso do Sul. (<http://www.unicamp.br/nepo/>). junho.
- NOVO, E. M. L. M. (1989). **Sensoriamento remoto: princípios e aplicação**. São Paulo, Edgard Blucher.
- NUMATA, I. **Avaliação da conversão de floresta para pastagem na Amazônia usando sensoriamento remoto e a fertilidade do solo**. São José dos Campos. 102p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE 7232-TDI/686.
- PADILHA, R. C. B. L. A. (1995). **Sensoriamento remoto em estudos intra-urbanos**. São José dos Campos. 107p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE 5674-TDI/564.
- PCBAP – **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai. (1997). Diagnóstico dos meios físico e biótico( vol. II)/Projeto Pantanal**. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Programa Nacional do Meio Ambiente, Brasília - PNMA.
- PAVESI, A. (1998). **Ponderação dos fatores ambientais na localização de áreas irrigáveis e na cobrança do uso da água para irrigação**. São Carlos. 125p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- PENIDO, L.R. (1998). **Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e GIS como subsídio ao planejamento rodoviário**. Estudo de caso: Trecho Oeste do Rodoanel Metropolitano de São Paulo. São José dos Campos. Dissertação (Mestrado).

INPE.

PEREIRA, M. N. et al. (1989). **Cobertura e uso da terra através de sensoriamento remoto**. São José dos Campos, INPE-5032-MD/042.

PEREIRA, M. N. et al. (1994). **Técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento para mapeamento e análise do uso da terra**. São José dos Campos. INPE 5566-RPQ/666.

PINTO, S. A. F. et al. (1989). Utilização de imagens TM/Landsat na análise comparativa entre dados de uso da terra e de aptidão agrícola. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Campinas, v.13, n.1, p.101-110, jan/abr.

PINTO, S. A. F. (1991). **Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo de erosão dos solos: contribuição metodológica**. São José dos Campos. Tese (Doutorado)., INPE-5311-TAE/09.

POMPÉIA, S. L. & FORESTI, C. (1987). **O impacto da ocupação desordenada em sub-bacias urbanas: Sub-bacia do Rio Cabuçú - Região Metropolitana de São Paulo (SP)**. São José dos Campos, INPE-6782-PRE/3154.

PRADO, R. B. (1999). **Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água. Estudo no Médio Rio Pardo - SP (período de 1985 a 1997)**. São Carlos. 209p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. (1995). **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA/CNPS.

RANIERI, S. B. L. (1996). **Avaliação de métodos de escalas de trabalho para determinação de risco de erosão em bacia Hidrográfica utilizando sistema de informações geográficas (SIG)**. São Carlos. 128p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

RENUNCIO, L. E.; LOCH, C. (1997) Aproveitamento de recursos hídricos em Micro Bacias hidrográficas utilizando Sistemas de Informação Geográfica. **Pesquisas**. Porto Alegre, v.24, n.1/2, p.3-11.

REZENDE, A. V. (1998). Importância da matas de galeria: manutenção e recuperação. In: RIBEIRO, J. F. ed. **Cerrado: matas de galeria**. Planaltina. EMBRAPA-CPAC.

RIBEIRO, J. F.; SCHIAVINI, I. (1998). Recuperação de matas de galeria: integração entre a oferta ambiental e a biologia das espécies. In: RIBEIRO, J.F. ed. **Cerrado: matas de galeria**. Planaltina. EMBRAPA-CPAC.

ROSA, R. (1990a). **A utilização de imagens TM-LANDSAT em levantamento de uso do solo**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Manaus, Anais/INPE, p. 419-425.



- ROSA, R. (1990b). **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia, EDUFU.
- ROSA, S. S. O. et al. (1981). Mapeamento, quantificação e análise do uso da terra por classe de declividade, nas microbacias do Arroio Catanduva e Sanga da Taquara no Município de São Pedro do Sul - RS. **Revista do Departamento de Engenharia Rural**. Santa Maria - RS, 41p.
- ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. (1996). Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. orgs. **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.
- SAIZ, C. C. (1996). **Aplicação do modelo da equação universal de perdas do solo através de dados TM-LANDSAT e geoprocessamento, como suporte ao planejamento conservacionista**. São José dos Campos. 123p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE 6348-TDI/599.
- SALLES, A. T. et al. (1998). Monitoramento da cobertura vegetal na Reserva Indígena Guarani/Kaiowá, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9**. Santos.
- SANO, E. E. (1987). **Treinamento e seleção em sensoriamento remoto**. Belém, PROVAM - Programa de Estudos e Pesquisas nos Vales Amazônicos.
- SANO, E. E. et al. (1991). Utilização do sistema de informações geográficas SGI/INPE na caracterização do meio físico da Microbacia do Córrego Taquara (DF). **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, 26(10):1635-1645, out.
- SANTOS, N. A.; SOUSA-SILVA, J. C. (1998). As matas de galeria têm importância econômica? In: RIBEIRO, J. F. ed. **Cerrado: matas de galeria**. Planaltina. EMBRAPA-CPAC.
- SHIMABUKURO, Y. E. et al. (1997). **Segmentação e classificação da imagem sombra do modelo de mistura para mapear desflorestamento na Amazônia**. São José dos Campos, INPE (Separata 6147-PUD/029).
- SILVA, A. M. (1999). **Aplicações de técnicas de geoprocessamento no estudo das relações entre os processos erosivos e sedimentológicos de bacia hidrográfica**. São Carlos. 247p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SILVA, J. S. V. et al. (1997). Vegetação da Bacia do Alto Paraguai - Pantanal Brasileiro - detectada por satélite. **Simpósio Latino Americano de Percepção Remota, 8**. Mérida, Venezuela.



- SILVEIRA, R. E. I. (1997). Sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas na Hidrologia. **Água em revista**. Ano V, n.9. nov.
- SOUZA JÚNIOR, W. C. (1999). **Geoprocessamento aplicado à determinação de parâmetros de alagamento do Reservatório da Usina Hidrelétrica Serra da Mesa, Minaçú - GO**. São José dos Campos. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto).
- TEIXEIRA, A. L. A. et al. (1992). **Introdução aos sistemas de informação geográfica**. Rio Claro/SP, Edição do autor.
- TERRASUL (1983). **Projeto Anhanduí - Mapeamento do uso do solo da Bacia do Anhanduí**. Campo Grande/MS, Terrasul.
- VALENTE, O. F. (1976). Manejo de bacias hidrográficas. **Saneamento**. Rio de Janeiro, v.50, n.2, p.104-1-9. abr/jun.
- VALÉRIO FILHO, M. et al. (1987). Utilização de imagens digitais TM/Landsat na caracterização de degradação do solo. **Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 4**. Marília-SP. INPE 6662-PRE/2693.
- VALÉRIO FILHO, M. (1994). Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas ao estudo integrado de bacias hidrográficas. In: PEREIRA et al., eds. **Solos altamente suscetíveis à erosão**. Jaboticabal-SP, FCAV/UNESP/SBCS.
- VALÉRIO FILHO, M.; PEREIRA NETO, O. C. (1994). Análise temporal da adequação do uso do solo através de técnicas de geoprocessamento. **X Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**. Florianópolis, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/EPAGRI.
- VALÉRIO FILHO et al. (1997). **Monitoramento da dinâmica do uso agrícola e vegetação natural em microbacias hidrográficas através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 26. Rio de Janeiro.
- VALÉRIO FILHO, M. et al. (1999). Análise temporal da expansão urbana em áreas de risco à erosão com auxílio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Congresso Brasileiro de Cartografia, 19**. Recife.
- VELOSO, H. P. et al. (1991). **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.
- WATRIN, O. S. (1994). **Estudo da dinâmica na paisagem da Amazônia Oriental através de técnicas de geoprocessamento**. São José dos Campos. 153p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE 5631-TDI/555.

- WEINGARTNER, A . A . S. (1996). **Movimento divisionista em Mato Grosso do Sul**. Porto Alegre, EST.
- W.W.F. - FUNDO MUNDIAL PARA A NATUREZA. (1995). **De grão em grão, o cerrado perde espaço** : (Cerrado - impactos do processo de ocupação). Documento para discussão, Brasília-DF, 66p.
- W.W.F. - FUNDO MUNDIAL PARA A NATUREZA. (1999). **Expansão agrícola e a biodiversidade do cerrado**. (<http://www.wwf.org.br>). maio.
- XAUD, M. R.; COSTA, V. P. (1999). Utilização do geoprocessamento como ferramenta para planejamento do estado de Roraima - Brasil. **Gisbrasil 99 - Congresso e feira para usuários de geoprocessamento da América Latina, 5**. Recife.

**ANEXO A****FICHA UTILIZADA PARA O TRABALHO DE CAMPO: MODELO****Dia.....****Ponto n° .....****Localização Lat..... Long.....****Dados de geomorfologia.....****Vegetação (composição e estrutura).....****Grau de homogeneidade da cobertura: ( )Alto ( )Médio ( )Baixo**



## ANEXO B

**PONTOS AMOSTRAIS DO TRABALHO DE CAMPO REALIZADO NO  
PERÍODO DE 23/08 A 31/08/1999.**

<b>Nº PUNTO</b>	<b>LONGITUDE/ LATITUDE</b>	<b>USO</b>	<b>RELEVO</b>
01	W 54° 35' 43.8" S 20° 32' 05.0"	Agropecuária	Vertente em rampa suave
02	W 54° 34' 55.7" S 20° 35' 09.2"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
03	W 54° 24' 37.9" S 20° 36' 19.5"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
04	W 54° 33' 54.7" S 20° 38' 45.0"	Savana florestada	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
05	W 54° 32' 05.8" S 20° 44' 46.1"	Savana arborizada	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
06	W 54° 31' 25.0" S 20° 46' 54.1"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
07	W 54° 30' 54.3" S 20° 49' 40.3"	Agropecuária	Vertente em rampa suave
08	W 54° 25' 27.9" S 20° 51' 31.1"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
09	W 54° 30' 25.6" S 21° 00' 21.2"	Savana arborizada	Vertente em rampa suave
10	W 54° 30' 22.5" S 20° 59' 35.7"	Savana arborizada	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
11	W 54° 29' 55.5" S 20° 54' 38.4"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
12	W 54° 30' 38.7" S 20° 50' 56.9"	Savana arborizada	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
13	W 54° 26' 42.7" S 20° 44' 30.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
14	W 54° 25' 16.0" S 20° 47' 10.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
15	W 54° 24' 42.9" S 20° 47' 41.5"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
16	W 54° 30' 03.2" S 20° 42' 27.9"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
17	W 54° 28' 36.3" S 20° 40' 25.1"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
18	W 54° 26' 09.6" S 20° 41' 09.6"	Savana arborizada	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado

19	W 54° 30' 45.7" S 20° 38' 40.9"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
20	W 54° 31' 39.4" S 20° 36' 53.8"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
21	W 54° 32' 23.1" S 20° 35' 12.1"	Savana arborizada	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
22	W 54° 32' 47.7" S 20° 34' 25.4"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
23	W 54° 31' 01.7" S 20° 34' 58.3"	Savana arborizada	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
24	W 54° 31' 07.1" S 20° 33' 43.7"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
25	W 54° 33' 32.7" S 20° 32' 45.2"	Savana arborizada	Vertente em rampa suave
26	W 54° 33' 28.6" S 20° 28' 55.8"	Savana arborizada	Vertente em rampa suave
27	W 54° 33' 02.2" S 20° 30' 27.4"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
28	W 54° 31' 31.0" S 20° 28' 07.1"	Savana arborizada	Vertente em rampa suave
29	W 54° 41' 29.5" S 21° 01' 57.2"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
30	W 54° 51' 38.4" S 20° 55' 06.0"	Agropecuária	Vertente em rampa suave
31	W 54° 48' 44.3" S 20° 51' 53.8"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
32	W 54° 40' 19.5" S 20° 56' 10.6"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
33	W 54° 39' 30.9" S 20° 53' 36.7"	Savana arborizada	Interflúvio entre dois cursos d' água
34	W 54° 41' 07.0" S 20° 50' 21.1"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
35	W 54° 36' 54.2" S 20° 52' 14.7"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
36	W 54° 34' 36.7" S 20° 46' 57.4"	Savana arborizada	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
37	W 54° 40' 12.3" S 20° 33' 47.7"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
38	W 54° 41' 54.6" S 20° 44' 53.1"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
39	W 54° 41' 29.0" S 20° 44' 58.9"	Solo preparado com irrigação	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
40	W 54° 42' 22.1" S 20° 45' 36.2"	Agropecuária	Vertente em rampa suave



41	W 54° 41' 48.3" S 20° 45' 37.4"	Agropecuária	Vertente em rampa suave
42	W 54° 47' 40.4" S 20° 47' 28.1"	Savana arborizada	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
43	W 54° 46' 53.9" S 20° 44' 32.9"	Agropecuária	Vertente em rampa suave
44	W 54° 45' 58.4" S 20° 41' 24.6"	Solo preparado com irrigação	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
45	W 54° 44' 58.5" S 20° 32' 46.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
46	W 54° 44' 51.9" S 20° 30' 55.7"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
47	W 54° 45' 30.4" S 20° 30' 06.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
48	W 54° 45' 07.1" S 20° 28' 57.3"	Área urbanizada	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
49	W 54° 40' 53.2" S 20° 32' 45.7"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
50	W 54° 38' 09.2" S 20° 34' 07.2"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
51	W 54° 37' 23.1" S 20° 34' 30.9"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
52	W 54° 37' 53.8" S 20° 35' 35.7"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
53	W 54° 36' 31.9" S 20° 36' 36.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
54	W 54° 37' 53.6" S 20° 37' 36.8"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
55	W 54° 37' 59.8" S 20° 38' 16.6"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
56	W 54° 38' 30.7" S 20° 37' 39.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
57	W 54° 34' 52.6" S 20° 36' 54.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
58	W 54° 35' 32.9" S 20° 41' 33.5"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
59	W 54° 35' 26.0" S 20° 43' 30.3"	Savana arborizada	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
60	W 54° 36' 08.6" S 20° 44' 50.5"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
61	W 54° 35' 20.1" S 20° 46' 18.5"	Savana arborizada	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
62	W 54° 35' 13.7" S 20° 47' 09.9"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado



63	W 54° 35' 51.2" S 20° 48' 54.2"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
64	W 54° 36' 57.1" S 20° 50' 05.5"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
65	W 54° 37' 27.2" S 20° 51' 33.3"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
66	W 54° 33' 16.5" S 20° 52' 48.7"	Agropecuária	Vertente em rampa suave
67	W 54° 34' 04.0" S 20° 51' 33.1"	Agropecuária	Vertente em rampa suave
68	W 54° 33' 22.8" S 20° 50' 06.0"	Agropecuária	Vertente em rampa suave
69	W 54° 38' 55.1" S 20° 28' 17.0"	Área urbanizada	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
70	W 54° 39' 44.0" S 20° 27' 31.9"	Área urbanizada	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
71	W 54° 40' 53.0" S 20° 26' 35.0"	Área urbanizada	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
72	W 54° 41' 37.0" S 20° 26' 47.6"	Savana florestada	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
73	W 54° 42' 51.9" S 20° 27' 49.5"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
74	W 54° 38' 22.0" S 20° 25' 47.1"	Savana arborizada	Interflúvio da bacia
75	W 54° 36' 36.9" S 20° 24' 50.5"	Savana arborizada	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
76	W 54° 35' 01.2" S 20° 23' 11.8"	Savana florestada	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
77	W 54° 33' 53.0" S 20° 26' 58.5"	Savana arborizada	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
78	W 54° 33' 21.8" S 20° 26' 14.7"	Savana arborizada	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
79	W 54° 33' 36.5" S 20° 26' 28.2"	Savana florestada	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
80	W 54° 33' 11.0" S 20° 27' 08.7"	Savana arborizada	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
81	W 54° 33' 16.9" S 20° 27' 25.5"	Savana florestada	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
82	W 54° 33' 47.0" S 20° 27' 16.7"	Savana florestada	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
83	W 54° 36' 46.4" S 20° 29' 55.6"	Savana arborizada	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
84	W 54° 36' 53.2" S 20° 30' 06.1"	Savana arborizada	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado

85	W 54° 40' 55.5" S 20° 34' 02.6"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
86	W 54° 41' 07.6" S 20° 34' 15.1"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
87	W 54° 41' 14.3" S 20° 34' 18.3"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
88	W 54° 45' 33.0" S 20° 41' 04.0"	Solo preparado c/ irrigação	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
89	W 54° 43' 52.5" S 20° 43' 18.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
90	W 54° 43' 43.4" S 20° 42' 33.8"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
91	W 54° 45' 17.5" S 20° 45' 00.2"	Savana arborizada	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
92	W 54° 45' 42.0" S 20° 47' 17.5"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
93	W 54° 43' 51.5" S 20° 47' 57.7"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
94	W 54° 42' 24.4" S 20° 50' 48.9"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
95	W 54° 41' 02.5" S 20° 54' 22.5"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
96	W 54° 48' 56.3" S 20° 56' 29.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
97	W 54° 44' 44.3" S 20° 58' 39.9"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
98	W 54° 35' 52.9" S 21° 02' 08.9"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
99	W 54° 36' 06.2" S 20° 57' 08.3"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
100	W 54° 33' 34.8" S 20° 57' 29.9"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
101	W 54° 32' 03.5" S 20° 58' 25.5"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
102	W 54° 40' 23.2" S 20° 36' 04.1"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
103	W 54° 40' 36.1" S 20° 36' 37.7"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
104	W 54° 39' 35.0" S 20° 37' 10.6"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
105	W 54° 41' 52.0" S 20° 39' 28.3"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
106	W 54° 40' 59.6" S 20° 46' 27.4"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado

107	W 54° 41' 21.8" S 20° 48' 46.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
108	W 54° 40' 32.4" S 20° 50' 25.1"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
109	W 54° 38' 13.5" S 20° 50' 12.1"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
110	W 54° 34' 05.1" S 20° 44' 15.1"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
111	W 54° 34' 34.4" S 20° 43' 51.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
112	W 54° 34' 31.6" S 20° 46' 29.3"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
113	W 54° 30' 53.0" S 20° 57' 32.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
114	W 54° 31' 44.6" S 20° 34' 41.4"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
115	W 54° 32' 15.1" S 20° 35' 06.3"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
116	W 54° 31' 18.4" S 20° 37' 17.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
117	W 54° 29' 54.6" S 20° 41' 05.1"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
118	W 54° 28' 40.9" S 20° 43' 47.9"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
119	W 54° 25' 01.9" S 20° 48' 05.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
120	W 54° 28' 39.3" S 20° 49' 22.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado



## ANEXO C

**PONTOS AMOSTRAIS DO TRABALHO ONDE FORAM REALIZADAS  
ENTREVISTAS DE 23/08 A 31/08/1999.**

Nº PONTO	LONGITUDE/L ATITUDE	USO 99	RELEVO
01	W 54° 37' 59.8" S 20° 38' 16.6"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
02	W 54° 34' 52.6" S 20° 36' 54.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/topo aplainado
03	W 54° 40' 55.5" S 20° 34' 02.6"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
04	W 54° 41' 07.6" S 20° 34' 15.1"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
05	W 54° 41' 14.3" S 20° 34' 18.3"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
06	W 54° 45' 33.0" S 20° 41' 04.0"	Solo preparado c/ irrigação	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
07	W 54° 43' 43.4" S 20° 42' 33.8"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
08	W 54° 42' 24.4" S 20° 50' 48.9"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
09	W 54° 41' 02.5" S 20° 54' 22.5"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
10	W 54° 48' 56.3" S 20° 56' 29.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
11	W 54° 44' 44.3" S 20° 58' 39.9"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
12	W 54° 36' 06.2" S 20° 57' 08.3"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
13	W 54° 32' 03.5" S 20° 58' 25.5"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
14	W 54° 40' 23.2" S 20° 36' 04.1"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
15	W 54° 40' 36.1" S 20° 36' 37.7"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
16	W 54° 41' 52.0" S 20° 39' 28.3"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
17	W 54° 40' 59.6" S 20° 46' 27.4"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
18	W 54° 41' 21.8" S 20° 48' 46.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado

19	W 54° 40' 32.4" S 20° 50' 25.1"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
20	W 54° 34' 34.4" S 20° 43' 51.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
21	W 54° 34' 31.6" S 20° 46' 29.3"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
22	W 54° 30' 53.0" S 20° 57' 32.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
23	W 54° 31' 18.4" S 20° 37' 17.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
24	W 54° 29' 54.6" S 20° 41' 05.1"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado
25	W 54° 28' 39.3" S 20° 49' 22.0"	Agropecuária	Vertente suavemente convexa c/ topo aplainado