



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO MESQUITA FILHO"
Campus de Presidente Prudente

**ZONEAMENTO AMBIENTAL COMO SUBSÍDIO PARA O
ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO SALOBRA, SERRA DA BODOQUENA – MS.**

JOÃO CÂNDIDO ANDRÉ DA SILVA NETO

**PRESIDENTE PRUDENTE
2013**

**ZONEAMENTO AMBIENTAL COMO SUBSÍDIO PARA O
ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO SALOBRA, SERRA DA BODOQUENA – MS.**

JOÃO CÂNDIDO ANDRÉ DA SILVA NETO

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Presidente Prudente, para a obtenção do título de Doutor em Geografia.

Agência de Fomento: CNPq

Orientador: Profº Drº João Osvaldo Rodrigues Nunes

PRESIDENTE PRUDENTE
2013

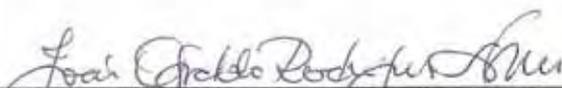
FICHA CATALOGRÁFICA

S581z Silva Neto, João Cândido André.
Zoneamento ambiental como subsídio para o ordenamento do território da bacia hidrográfica do rio Salobra, Serra da Bodoquena - MS / João Cândido André da Silva Neto. - Presidente Prudente : [s.n.], 2013
xxii. 291 f. : il.

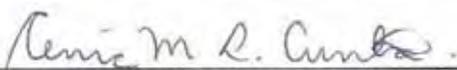
Orientador: João Osvaldo Rodrigues Nunes
Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Análise da Paisagem. 2. Apropriação da Natureza. 3. Sistemas de Informações Geográficas. I. Silva Neto, João Cândido André. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

BANCA EXAMINADORA



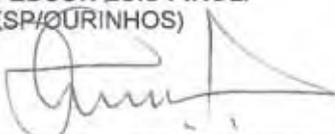
PROF. DR. JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES
ORIENTADOR



PROFA. DRA. CENIRA MARIA LUPINACCI DA CUNHA
(UNESP/RIO CLARO)



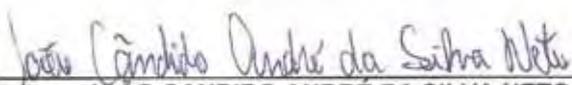
PROF. DR. EDSON LUIS PIROLI
(UNESP/JOURINHOS)



PROF. DR. ARNALDO YOSO SAKAMOTO
(UFMS)



PROF. DR. JOSÉ MARIANO CACCIA GOUVEIA
(UNESP/FCT)



JOÃO CANDIDO ANDRÉ DA SILVA NETO

Presidente Prudente (SP), 06 de fevereiro de 2013.

RESULTADO: APROVADO

...
*Quem não vacila mesmo derrotado?
Quem já perdido nunca desespera?*

(Primavera nos dentes - João Apolitano)

*“A maior riqueza do homem é a sua incompletude.
Nesse ponto sou abastado.”*
Manuel de Barros
Poeta Mato-grossense

DEDICATÓRIA

*À minha mãe Elizabete Pires.
Ao meu tio Edis Pires In memoriam.*

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas colaboraram na elaboração desse trabalho ou proporcionaram condições para que eu pudesse construí-lo, assim gostaria de expressar minha gratidão a essas pessoas.

Primeiramente quero agradecer ao professor João Osvaldo Rodrigues Nunes, por aceitar o desafio de orientar um desconhecido em um trabalho em uma área desconhecida. Agradeço-lhe por acreditar e confiar no meu trabalho, pela disposição nas orientações, trabalhos de campo e pelas sugestões que nortearam o desenvolvimento da tese.

À minha mãe Elizabete Pires e meu padrasto Benedito Gonçalves, pelo apoio incondicional durante esses mais de dez anos de estudos.

À minha companheira Natacha Aleixo, por estar ao meu lado nos momentos difíceis e outros alegres, pelo companheirismo e carinho, e por ser uma inspiração na qual admiro cada dia mais.

À minha irmã Eline Pires, pelo incentivo desde o início da graduação e por apoiar durante todos esses anos.

Ao meu tio Adrião Pires e sua esposa Juslei por abrirem as portas de sua casa para receber a mim e aos colegas que me acompanharam durante os trabalhos de campo. Agradeço ao meu tio, por me acompanhar em vários trabalhos, muitas vezes abrindo mão de seus dias de folga, no qual sua ajuda foi muito importante no desenvolvimento da pesquisa.

À minha avó Eva, às minhas tias Sônia e Marta, e aos meus tios Adão e Milton, pelo apoio e torcida.

Ao professor Valter Guimarães da UFMS/CPAq, por todas as oportunidades e ensinamentos que me fizeram percorrer e acreditar nesse caminho.

Durante minha estada em Presidente Prudente tive a oportunidade de conhecer pessoas que me fizeram sentir em casa, assim agradeço:

Aos amigos Diego Cabreiro, Juscelino Eudâmidas, Rodrigo Simão e Oscar Buitrago pelo convívio, conversas e pela amizade.

Ao meu amigo Mauro Henrique S. Soares por compartilharmos nossas alegrias, aflições e dúvidas nesses últimos anos, e por sempre estar ao meu lado desde o início do doutorado.

Ao Fernando Heck, Lindberg Júnior, Vinícius Carmelo pela hospitalidade e companhia nesse período.

À Juliana Grasielle, Marine Raouls, José Alves, Carina, Rafael Catão, Raquel, Márcio Catelan, Cíntia Pereira, Verônica, Bruno Colete, Agnaldo da Silva, Núbia, Melina, Wagner Batela, Franciele Gonçalves, Leda, Valéria Lima, César Cardoso, Reginaldo Souza e Paula Lindo.

Não poderia deixar de agradecer aos meus amigos que conheci no Mato Grosso do Sul:

Ao meu amigo Sócrates Fernando e sua família pela hospitalidade durante minhas passagens por Campo Grande.

À minha amiga Ana Gabriela Araújo, pela torcida e amizade.

Ao meu amigo Frederico Gradella, pela disposição em sempre ajudar.

Ao meu grande amigo Wagner Souza Goulart, pela nossa longa amizade, apoio, torcida e ajuda nos momentos de dificuldade.

À minha tia Odete Pires por estar ao lado de minha mãe nos momentos em que estive ausente.

Aos meus primos Bruno Cesar, Edis Henrique, Edmo e Elivelton pela companhia.

Aos funcionários do escritório da Secretaria de meio ambiente do Estado de Mato Grosso do Sul em Campo Grande.

Ao senhor João Bertozo pelo apoio durante os trabalhos de campo em Bodoquena.

Agradeço aos professores que contribuíram na formação acadêmica durante o doutoramento: José Tadeu Garcia Tommaselli, Margarete Amorim, João Lima Santana Neto, Antônio Thomaz Junior, Paulo Cesar Rocha, Encarnita Salas Martin, Messias Modesto dos Passos, George Bertrand, Claude Bertrand, Eliseu Spósito, Marcos Saquet, Hervè Théry, Eduardo Paulon Girard, Neli Aparecida de Melo. Edson Piroli, Antônio Cezar Leal, José Manuel Mateo Rodriguez e Maria Aparecida de Moraes Silva.

Aos professores Edson Piroli e Cenira Maria Lupinacci Cunha, pela leitura criteriosa do exemplar de qualificação e pelas contribuições e sugestões durante a defesa da tese.

Aos professores José Mariano Caccia Gouveia e Arnaldo Yoso Sakamoto pelas contribuições e sugestões durante a defesa da tese.

Agradeço ao professor Paulo Cesar Boggiani do Instituto de Geociências da USP, pela disposição em esclarecer algumas dúvidas sobre a Geologia da Serra da Bodoquena, pela leitura cuidadosa e contribuições no direcionamento da pesquisa após o exame de qualificação.

Aos professores da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul do Campus de Aquidauana e Três Lagoas que contribuíram na minha formação acadêmica: Paulo Roberto Jóia, Luiz Carlos Batista, Vicentina S. Anunciação, André Luiz Pinto, Arnaldo Yoso Sakamoto.

Aos funcionários da secretaria de Pós-graduação da UNESP de Presidente Prudente: Cintia, André, Márcia e Ivonete.

Por fim agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudo durante o período de Doutorado.

SUMÁRIO

| | |
|---|-------|
| INDICE | X |
| LISTA DE FIGURAS..... | XII |
| LISTA DE TABELAS..... | XVI |
| LISTA DE QUADROS | XVII |
| LISTA DE MAPAS..... | XVIII |
| LISTA DE GRÁFICOS..... | XIX |
| LISTA DE SIGLAS | XX |
| RESUMO..... | XXI |
| ABSTRACT..... | XXII |
| INTRODUÇÃO E OBJETIVOS..... | 23 |
| | |
| CAPÍTULO 1- A PAISAGEM COMO CATEGORIA DE ANÁLISE..... | 30 |
| | |
| CAPÍTULO 2 – BASES TEÓRICO-CONCEITUAIS: problemática, ferramenta e proposta. 74 | |
| | |
| CAPÍTULO 3 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... | 133 |
| | |
| CAPÍTULO 4 - CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SALOBRA-MS. 170 | |
| | |
| CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES | 203 |
| | |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 259 |
| | |
| REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA..... | 264 |
| | |
| ANEXOS | 275 |

INDICE

| | |
|--|------------|
| INTRODUÇÃO E OBJETIVOS..... | 23 |
| INTRODUÇÃO..... | 24 |
| OBJETIVOS DA PESQUISA..... | 29 |
| Objetivo Geral..... | 29 |
| Objetivo Especifico..... | 29 |
| | |
| CAPÍTULO 1- A PAISAGEM COMO CATEGORIA DE ANÁLISE..... | 30 |
| 1.1- A PAISAGEM NA ANÁLISE GEOGRÁFICA: uma interface entre sociedade e natureza, tempo e espaço..... | 31 |
| 1.2- AS TIPOLOGIAS DAS PAISAGENS | 40 |
| 1.3- ABORDAGENS PARA A ANÁLISE DA PAISAGEM | 52 |
| 1.4- COMPLEXIDADE DAS PAISAGENS: uma perspectiva para compreensão dos processos da natureza..... | 60 |
| 1.5-- VULNERABILIDADE DAS PAISAGENS | 66 |
| 1.6- PAISAGENS ESTÁVEIS E PAISAGENS VULNERÁVEIS | 69 |
| 1.7- APLICAÇÃO DO CONCEITO DE ESTABILIDADE E INSTABILIDADE NO ESTUDO DA PAISAGEM..... | 71 |
| | |
| CAPÍTULO 2 - BASES TEÓRICO-CONCEITUAIS: problemática, ferramenta e proposta.. | 74 |
| 2.1- A PROBLEMÁTICA DA APROPRIAÇÃO E SUPEREXPLORAÇÃO DA NATUREZA | 75 |
| 2.1.1 - O CICLO DE APROPRIAÇÃO DA NATUREZA: transformação da natureza em recurso | 80 |
| 2.1.2- AS CONTRADIÇÕES DOS PROCESSOS DE APROPRIAÇÃO E SUPEREXPLORAÇÃO DA NATUREZA | 83 |
| 2.1.3- PROCESSOS EROSIVOS: um desencadeamento da superexploração da natureza | 87 |
| 2.2- ANÁLISE ESPACIAL COMO UMA FERRAMENTA PARA ANÁLISE DA PAISAGEM | 105 |
| 2.2.1- ESTRUTURA E FUNÇÕES DE PROCESSAMENTO DOS SIGs..... | 108 |
| 2.3- A PROPOSTA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL COMO SUBSÍDIO AO ORDENAMENTO TERRITORIAL..... | 127 |
| | |
| CAPÍTULO 3 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... | 133 |
| 3.1- PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA ELABORAÇÃO DE BANCO DE DADOS EM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS. | 134 |
| 3.2 - ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE INFORMAÇÕES DE TIPOS DE SOLOS E UNIDADES LITOLÓGICAS..... | 136 |

| | |
|---|------------|
| 3.3 - ELABORAÇÃO DO PLANO DE INFORMAÇÃO DE VULNERABILIDADE DO RELEVO | 138 |
| 3.3.1 - PROCESSAMENTO DOS DADOS | 141 |
| 3.4 - ELABORAÇÃO DO PLANO DE INFORMAÇÃO DE INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA..... | 147 |
| 3.5 - ELABORAÇÃO DO MAPA DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL | 153 |
| 3.6 - PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO DOS MAPAS DE VULNERABILIDADE DA PAISAGEM À PERDA DE SOLOS | 159 |
| 3.7 - ELABORAÇÃO DO <i>BUFFER</i> DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE . | 163 |
| 3.8 - ELABORAÇÃO DO <i>BUFFER</i> DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE PARA AS BORDAS DOS TABULEIROS E CHAPADAS, ESCARPA..... | 166 |
| 3.9 - PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO DO MAPA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL..... | 167 |
| | |
| CAPÍTULO 4 - CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SALOBRA-MS. | 170 |
| 4.1 – Especificidades da área de estudo | 171 |
| 4.2- Unidades Litológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra | 174 |
| 4.3- Caracterização Geomorfológica..... | 186 |
| 4.4 - Caracterização dos tipos de Solos..... | 191 |
| | |
| CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES | 203 |
| 5.1 - HIPSOMETRIA..... | 204 |
| 5.2 - DECLIVIDADE DO TERRENO | 206 |
| 5.3 - FORMAS DO TERRENO | 209 |
| 5.4 - VULNERABILIDADE DO RELEVO..... | 215 |
| 5.5 - INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA..... | 218 |
| 5.6- USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL | 224 |
| 5.7- ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE | 234 |
| 5.8- VULNERABILIDADE DA PAISAGEM À PERDA DOS SOLOS..... | 238 |
| 5.9 - DEFINIÇÃO DE CLASSES PARA O ZONEAMENTO AMBIENTAL | 251 |
| | |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 259 |
| REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA | 264 |
| ANEXOS | 275 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1- Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS.. | 25 |
| Figura 2: Organograma das relações que resultam na paisagem.. | 38 |
| Figura 3- Paisagens ainda preservadas no alto curso do canal principal da Bacia do Rio Salobra, dentro do Parque Nacional da Serra da Bodoquena..... | 42 |
| Figura 4- Paisagens da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, no assentamento Canaã..... | 43 |
| Figura 5- Paisagens de ambientes cársticos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, no assentamento Campina.. | 44 |
| Figura 6- Paisagens antrópicas da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra | 45 |
| Figura 7- Paisagens antrópicas da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra | 46 |
| Figura 8- Paisagens antrópicas degradadas da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra | 47 |
| Figura 9: Esquema da relação entre entropia e paisagem..... | 64 |
| Figura 10 – (A) sistema dinâmico estável e (B) sistema dinâmico Instável segundo Prigogine..... | 71 |
| Figura 11- Organograma do ciclo de apropriação da natureza..... | 80 |
| Figura 12- Organograma dos fatores atuantes nos processos de erosão laminar. | 89 |
| Figura 13: Exemplo de declividade da vertente e processos morfogenético e pedogenético | 95 |
| Figura 14 – Relação dos fluxos de água conforme as formas da vertente.. | 97 |
| Figura 15: Geometria das vertentes considerando a curvatura vertical. | 98 |
| Figura 16: Representação da curvatura vertical..... | 99 |
| Figura 17: Curvatura vertical em MNT (acima) e fatiado/classificado (abaixo)..... | 100 |
| Figura 18 – Representação da curvatura horizontal das vertentes..... | 101 |
| Figura 19: Curvatura horizontal em MNT (acima) e fatiado/classificado (abaixo).. | 102 |
| Figura 20 – Classes das formas do terreno..... | 103 |
| Figura 21: Estrutura geral de SIG. | 109 |
| Figura 22: Relação espacial de adjacência. | 113 |
| Figura 23: Exemplo de análise espacial “vertical” .. | 114 |
| Figura 24: Exemplo de estrutura da paisagem em SIG.. | 114 |
| Figura 25: Exemplo do processo de ponderação | 117 |
| Figura 26 – Exemplo do processo de reclassificação | 117 |

| | |
|---|-----|
| Figura 27- Exemplo da definição de fatias para estabelecimento das classes temáticas via <i>MENU</i> | 119 |
| Figura 28: Exemplo do operador booleano <and> “e” | 120 |
| Figura 29: Exemplo do operador booleano <or> “ou”. | 121 |
| Figura 30: Exemplo do operador booleano <xor> exclusão do “ou”. | 121 |
| Figura 31: Exemplo do operador booleano <not> “não”. | 122 |
| Figura 32: Exemplo do processo de interpolação. | 123 |
| Figura 33: Procedimento para implementação do método AHP. | 124 |
| Figura 34- Organograma de diretrizes para Ordenamento do Território..... | 130 |
| Figura 35 : Organograma para elaboração da vulnerabilidade da paisagem á perda de solos | 135 |
| Figura 36 : Organograma das correlações de variáveis para elaboração do mapa de zoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra. | 136 |
| Figura 37: Exemplo do procedimento para importação de bases cartográficas. | 137 |
| Figura 38: Exemplo do procedimento para edição e compilação de bases cartográficas. | 138 |
| Figura 39 - Esquema para elaboração do mapa de Vulnerabilidade do relevo. | 139 |
| Figuras 40 – Variáveis geomorfológicas locais, derivadas da altimetria. | 140 |
| Figura 41: Comparação dos dados SRTM-TOPODATA 30m e SRTM 90m de resolução .. | 141 |
| Figura 42- Fluxograma dos procedimentos metodológicos..... | 142 |
| Figura 43 – Exemplo de procedimento para elaboração do P.I. de hipsometria. | 144 |
| Figura 44 – Exemplo de procedimento para elaboração do P.I. de hipsometria. | 145 |
| Figura 45: Exemplo de comparação pareada utilizando método AHP..... | 146 |
| Figura 46: Localização das estações de coleta de dados pluviométricos nas proximidades da bacia hidrográfica do rio Salobra. | 148 |
| Figura 47: Procedimento para importação dos dados de Intensidade Pluviométrica | 152 |
| Figura 48: Procedimentos para elaboração de mapa de intensidade pluviométrica. | 153 |
| Figura 49- Procedimento de conversão do formato TIFF para formato GRIB. | 154 |
| Figura 50: Procedimento para registro de imagem. | 155 |
| Figura 51: Procedimento para importação de arquivo GRIB..... | 156 |
| Figura 52- Procedimento para segmentação por crescimento de regiões. | 157 |
| Figura 53- Imagem separada em regiões..... | 157 |

| | |
|---|------|
| Figura 54- Procedimento de treinamento para classificação da imagem. | 158 |
| Figura 55- procedimento utilizando o classificador Bhattacharya. | 158 |
| Figura 56 – Imagem classificada e mapeada. | 159 |
| Figura 57- Procedimento para implementação da AHP. | 160 |
| Figura 58: Esquema metodológico da correlação de P.I.s para elaboração do mapa de vulnerabilidade à perda de solos. | 161 |
| Figura 59- Procedimento para implementação da Análise em LEGAL. | 162 |
| Figura 60- (A) exemplo de fatiamento de imagem em MNT gerada a partir do método AHP, (B) categoria temática pós-fatiamento. | 163 |
| Figura 61 – Procedimentos para elaboração do mapa de distâncias com <i>buffer</i> de APP. | 165 |
| Figura 62 – Buffer de APP a partir da rede de drenagem. | 165 |
| Figura 63: Procedimento para extração de topos a partir das curvas de nível. | 167 |
| Figura 64: (A) Bordas de tabuleiros e escarpas, (B) delimitação de APP's a partir da extração de topos. | 167 |
| Figura 65 – Correlação dos Planos de Informações para definição do mapa zoneamento ambiental. | 168 |
| Figura 66- Procedimentos utilizados para a análise dos dados geográficos. | 169 |
| Figura 67: A- Tufas calcárias da cachoeira Boca da Onça ao fundo, e B- Córrego Campina. | 173 |
| Figura 68 – Afloramento de dolomito laminado da Formação Bocaína, próximo ao assentamento Canaã. | 176 |
| Figura 69 - Dolomito estromatolítico da Formação Bocaína. | 176 |
| Figura 70- Rocha dolomítica da Formação Cerradinho, linha do Córrego Seco. | 178 |
| Figura 71 – Filitos do Grupo Cuiabá Subunidade Pelítica, local de exploração para produção de cimento. | 180 |
| Figura 72 – Calcários do Grupo Cuiabá Subunidade Pelítica, local de exploração para produção de cimento. | 180 |
| Figura 73 – Feições de morrotes dissecados semelhantes à mares de morros da Serra da Bodoquena. | 187 |
| Figura 74 – Vertentes com declividades acentuadas nas proximidades das nascentes do córrego Salobrinha. | 187 |
| Figura 75- Modelo Numérico do Terreno da área da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra. ... | 190 |
| Figura 76- Perfil de Chernossolo Rendzico com a presença no horizonte C de fragmento de rochas carbonáticas, dentro do Assentamento Canaã. | 193. |

| | |
|---|-----|
| Figura 77- Perfil de Vertissolo no vale do rio Salobra, em destaque as rachaduras proveniente da textura argilosa em período de seca..... | 201 |
| Figura 78: Áreas de planície próxima da ponte sobre o Rio Salobra na estrada entre o Município de Bodoquena e o distrito de Morraria..... | 216 |
| Figura 79: Área da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra localizada próximo do distrito da Morraria observa-se ao fundo serras alongadas com declividades acentuadas..... | 218 |
| Figura 80: Vertente com declividade acentuada apresentando sulcos lineares provocados pela erosão zoôgena. | 228 |
| Figura 81 - Desmatamento em vertente com declividade acentuada, na sub-bacia do Rio Salobra, denominada Campina, próximo da fábrica de cimento | 231 |
| Figura 82 - Desmatamento de vertente para desenvolvimento de pecuária extensiva, local denominado Escondido próximo da ponte sobre o Rio Salobra na estrada Bodoquena-Sumatra. | 231 |
| Figura 83- Exemplo da classe de Vulnerabilidade Muito Forte. | 241 |
| Figura 84- Exemplo da classe Vulnerabilidade Forte. | 242 |
| Figura 85- Exemplo da classe de Vulnerabilidade Moderada | 242 |
| Figura 86 – Exemplo da classe Estável de Vulnerabilidade Fraca. | 243 |
| Figura 87 – Organograma das Zonas Ambientais..... | 252 |
| Figura 88: Exemplo de áreas de consolidação, com pequenas culturas de subsistência. | 253 |
| Figura 89: Exemplo de áreas de consolidação/ conservação com pastagem. | 254 |
| Figura 90: Exemplos de Áreas de Conservação na bacia do Córrego Campina..... | 255 |
| Figura 91 – Exemplo de Área de Preservação Prioritária, com desmatamento em áreas com declividade acentuada e em margens dos canais de drenagem. | 256 |
| Figura 92: Exemplo de Áreas de Recuperação/ Preservação, observa-se os processos erosivos intensificados em áreas desmatadas. | 257 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1- Valores de Precipitação Mensal, Precipitação Anual, Número dos dias de Chuvas, Intensidade Pluviométrica e Índice de Vulnerabilidade à perda de solos no ano de 1979... 150 | |
| Tabela 2- Valores de Precipitação Mensal, Precipitação Anual, Número dos dias de Chuvas, Intensidade Pluviométrica e Índice de Vulnerabilidade à perda de solos no ano de 2009... 150 | |
| Tabela 3: Relação dos tipos de solos e índice de vulnerabilidade à perda de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS. 191 | 191 |
| Tabela 4: Faixas Hipsométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra. 206 | 206 |
| Tabela 5 - Classes de Declividade e Grau de Vulnerabilidade 206 | 206 |
| Tabela 6 – Vulnerabilidade do Relevo 216 | 216 |
| Tabela 7- Classes de uso da terra e cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra em 1979 226 | 226 |
| Tabela 8- Classes de uso da terra e cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra em 2009 228 | 228 |
| Tabela 9 - Vulnerabilidade à Perda de Solos 1979 239 | 239 |
| Tabela 10 - Vulnerabilidade à Perda de Solos 2009 244 | 244 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1 – Variáveis e suas características dos ambientes estáveis e instáveis. | 73 |
| Quadro 2: Exemplos de Análise Espacial..... | 112 |
| Quadro 3- Operação de Transformação | 116 |
| Quadro 4: Exemplo de ponderação utilizando programação em LEGAL.. | 116 |
| Quadro 5: Exemplo de programação em LEGAL para Fatiamento.. | 118 |
| Quadro 6: Exemplo de programa em LEGAL..... | 126 |
| Quadro 7- Programação em LEGAL em Lógica Booleana para definição do P. I. de Formas do Terreno..... | 142 |
| Quadro 8- Programação em LEGAL para Ponderação do P I. de Formas do Terreno. | 143 |
| Quadro 9- Classes de formas do terreno e vulnerabilidade à perda dos solos. | 143 |
| Quadro 10: Exemplo do arquivo <i>ASCII</i> | 151 |
| Quadro 11- Tipos Litológicos e Índice Vulnerabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS. | 185 |
| Quadro 12: Relação da intensidade pluviométrica aos valores de vulnerabilidade à perda de solo. | 220 |
| Quadro 13 – Escala de Vulnerabilidade das paisagens para perda de solos..... | 238 |
| Quadro 14: Matriz para zoneamento ambiental | 251 |

LISTA DE MAPAS

| | |
|--|-----|
| Mapa 1- Bacia Hidrográfica do Rio Salobra e delimitação da porção Norte do Parque Nacional da Serra da Bodoquena. | 172 |
| Mapa 2- Tipos Litológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS..... | 182 |
| Mapa 3 - Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra. | 202 |
| Mapa 4– Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS. | 205 |
| Mapa 5- Declividades da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra..... | 208 |
| Mapa 6- Curvatura Horizontal da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra. | 210 |
| Mapa 7- Curvatura Vertical da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra. | 212 |
| Mapa 8- Formas do Terreno da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra. | 214 |
| Mapa 9 – Vulnerabilidade do Relevo na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra. | 217 |
| Mapa 10 - Intensidade Pluviométrica em 1979 da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS Mapa. | 221 |
| Mapa 11 - Intensidade Pluviométrica em 2009 da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS. | 223 |
| Mapa 12 - Uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS em 1979. | 227 |
| Mapa 13 - Uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS em 2009. | 229 |
| Mapa 14- Análise Temporal do Uso da Terra e Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra dos anos de 1979 e 2009. | 233 |
| Mapa15: Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS. | 235 |
| Mapa 16: Mapa de Incompatibilidade entre Áreas de Preservação Permanente e Uso da Terra.. | 237 |
| Mapa 17 - Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra – MS em 1979. | 240 |
| Mapa 18 - Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra – MS em 2009. | 245 |
| Mapa 19: Incompatibilidade da Vulnerabilidade Natural da Paisagem e Uso da terra. | 250 |
| Mapa 20 – Zoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS. | 258 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| Gráfico 1- Distribuição das classes de Vulnerabilidade da paisagem das unidades litológicas | |
| 184 | |
| Gráfico 2- Distribuição dos tipos de solos na bacia hidrográfica do rio Salobra-MS. | 194 |
| Gráfico 3- Precipitação Total Anual em 1979 distribuída por estações do ano.. | 222 |
| Gráfico 4- Precipitação Total Anual em 2009 distribuída por estações do ano. | 224 |
| Gráfico 5 – Classes de uso da terra e cobertura vegetal na bacia hidrográfica no ano de 1979 | |
| 226 | |
| Gráfico 6 – Classes de uso da terra e cobertura vegetal na bacia hidrográfica no ano de 2009 ... | |
| 230 | |
| Gráfico 7- Uso da terra e cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Salobra nos anos de 1979 e 2009. 230 | |
| Gráfico 8 - Análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra nos anos de 1979 e 2009..... | 232 |
| Gráfico 9: Áreas de Preservação Permanente na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS. . | 234 |
| Gráfico 10: Incompatibilidade de APP's e uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS. | 236 |
| Gráfico 11: Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra – MS em 1979. | 241 |
| Gráfico 12: Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra – MS em 2009. | 244 |
| Gráfico 13- Vulnerabilidade das paisagens à perda de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra nos anos de 1979 e 2009. | 247 |
| Gráfico 14: Incompatibilidade entre uso da terra e vulnerabilidade natural da paisagem | 248 |
| Gráfico 15- Zoneamento Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS. | 253 |

LISTA DE SIGLAS

- AHP**- Analytical Hierarchy Process
- ANA**- Agência Nacional das Águas
- ANEEL**- Agência Nacional de Energia Elétrica
- APP**- Áreas de Preservação Permanente
- CONAMA** – Conselho Nacional de Meio Ambiente
- EMBRAPA**- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- EMI**: Energia, Matéria e Informação.
- FCT**- Faculdade de Ciências e Tecnologia
- IBAMA**- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- IBGE**- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IP** – Intensidade Pluviométrica
- INPE**- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais UNESP
- KM** – Quilômetro
- LEGAL** - Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico
- MMA**- Ministério do Meio Ambiente
- MM** - Milímetro
- MNT**- Modelo Numérico de Terreno.
- MS**- Mato Grosso do Sul
- MSS**- Multi-Spectral Scanner
- N.D.C.** - Número de dias com Chuva
- PCBAP** – Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai
- P.T.A.**= Precipitação Total Anual
- SIG**- Sistema de Informações Geográficas
- SPRING**- Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas.
- SRTM**- Shuttle Radar Topographic Mission
- TM**- Thematic Mapper
- UNESCO**- Organização das Nações Unidas para Educação Ciência e Cultura
- UTM**- Universal Transversa de Mercator
- VPS**- Vulnerabilidade à Perda de solos
- WGS** - World Geodetic System
- ZEE**- Zoneamento Ecológico-Econômico

RESUMO

SILVA NETO, João Cândido André da. **Zoneamento ambiental como subsídio para ordenamento do Território da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, Serra da Bodoquena – Mato Grosso do Sul**. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

A apropriação da natureza é um processo que inicia-se pela transformação dos atributos naturais da paisagem com emprego da técnica objetivando a produção, de acordo com as imposições socioeconômicas das sociedades. Nesse processo de apropriação da natureza qualquer área pode ser explorada, desrespeitando assim os limitantes físico-naturais das paisagens, levando à incompatibilidade do uso da terra, que corresponde às áreas utilizadas de maneira inadequada para desenvolvimento das atividades como a pecuária e agricultura. Nessa perspectiva, abordou-se a paisagem como categoria central de análise na presente pesquisa, destacando-se os aspectos conceituais e teórico-metodológicos acerca das investigações das paisagens geográficas. Nesse sentido, na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul a Bacia Hidrográfica do Rio Salobra destaca-se como uma das principais áreas fontes de fluxos de matéria e energia da Bacia do Rio Miranda, e esta por sua vez é enfatizada no contexto regional como uma importante sub-bacia do Pantanal sul-mato-grossense. Enfatiza-se ainda, que a Bacia Hidrográfica do Rio Salobra está inserida no Parque Nacional da Serra da Bodoquena e caracteriza-se por apresentar particularidades geológicas e geomorfológicas, o que torna essa paisagem distinta. Assim, o objetivo principal deste trabalho é elaborar uma proposta de zoneamento ambiental para Bacia Hidrográfica do Rio Salobra. Partiu-se da metodologia proposta por Crepani et al. (2008), para avaliar a vulnerabilidade da paisagem, bem como da proposta metodológica de Becker e Egler (1996), para elaboração de zoneamento ecológico-econômico, tendo como base os aspectos físico-naturais da paisagem, com a finalidade de apontar as possíveis rupturas desencadeadas pelo uso inadequado da terra, visando uma nova organização das formas espaciais que se materializam na paisagem. Foram utilizados os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), no qual foram processadas Imagens de Satélites, dados de Modelos Numéricos de Terreno, Vetoriais e Matriciais. Os Sistemas de Informações Geográficas possibilitaram a implementação da Análise Espacial, cujo suporte à decisão permitiu a combinação e correlação de diferentes Planos de Informações, resultando em modelos e cenários a partir da relação das variáveis analisadas. Os resultados demonstram que a Bacia Hidrográfica do Rio Salobra caracteriza-se por apresentar uma porção significativa de sua área com Forte e Muito Forte Vulnerabilidade à perda de solos, cerca de 33% de sua área total. Observou-se ainda que cerca de 27% de sua área está condicionada aos tipos de usos da terra incompatíveis com as características naturais da área, possibilitando condições de degradação da paisagem, principalmente pela perda de solos. Quanto ao zoneamento ambiental verificou-se que maior parte da área da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra caracteriza-se por apresentar limitantes físico-ambientais que restringem ou impossibilitam alguns tipos de uso da terra, como as áreas de Conservação com 37%, Preservação Prioritária 40% e Preservação/Recuperação 2%. Conclui-se que o zoneamento ambiental possibilitou identificação de áreas que se adequam a cada lugar segundo suas condições específicas, podendo auxiliar na implementação de políticas de planejamento e gestão do uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra.

Palavras-chave: Análise da Paisagem, Apropriação da Natureza, Sistemas de Informações Geográficas, Vulnerabilidade à perda de solos, Zoneamento Ambiental, Rio Salobra, Serra da Bodoquena.

ABSTRACT

SILVA NETO, João Cândido André da. **Environmental zoning as subsidy for ordinance of the Territory of the Watershed In Salobra River - Bodoquena Plateau, Mato Grosso do Sul State.** Thesis (PhD in Geography) - Faculdade de Ciência Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

The appropriation of nature is a process that begins with the transformation of the natural attributes of the landscape with the employment of technical objective the production, according with the impositions socioeconomic of the societies. In this process of appropriation of nature any area can be explored, thus disrespecting the limiting physical-natural landscapes, taking to incompatible land use, which corresponds to areas in an inadequate manner to development activities as livestock and agriculture. From this perspective, approached to the landscape as a central category of analysis in this study, standing out the conceptual and methodological and theoretical aspect about investigations on the geographical landscape. Accordingly, in the Southwest region of the state of Mato Grosso do Sul River Basin Salobra stands as the main area sources of matter and energy flows in the Basin Miranda in the, and by this turn in the regional context is emphasized as an important sub-basin of Pantanal of Sul-mato-grossense. It is emphasized still that the Watershed In Salobra River is inserted in the National Park of Bodoquena Plateau and is characterized by presenting particularities the geological and geomorphological, which makes this distinctive landscape. Thus, the main objective of this work is to develop a proposal for environmental zoning for the Watershed in Salobra River. The starting point was from the by Crepani et al. (2008), to evaluate the vulnerability of the landscape, and the methodology proposed of Becker and Egler (1996), for elaboration of of ecological-economic zoning, based on the physical-natural landscape, for the purpose of pointing out the possible breakages unleashed by inappropriate land use, seeking a new spatial organization of forms which materialize in the landscape. Were used Geographic Information Systems (GIS), which were processed in Satellite Images, data from Numerical Models of Land, Vector and Raster. The Geographic Information Systems enabled the implementation of Spatial Analysis, Decision support which allowed for the combination and correlation of different Plans Information, resulting in models and scenarios from the relationship of the variables analyzed. The results demonstrate that the Watershed in Salobra River is characterized by having a significant portion of its area Strong and Very Strong Vulnerability loss of soil, about 33% of its total area. It was also observed that about 27% of its area is conditioned to the types of land uses incompatible with the natural characteristics of the area, enabling conditions of landscape degradation, mainly by the loss of soil. As for environmental zoning it was found that most of the area of the Watershed in Salobra River is characterized by physical and environmental limiting that restrict or make impossible some types of land use, as areas of Conservation with 37%, Preservation Priority with 40 % and Preservation/Recuperation with 2%. It was concluded that the environmental zoning areas which suit every place according to their specific conditions, can implementation of politics for planning and management of the land use in the Watershed in Salobra River.

Keywords: Analysis of the landscape, Appropriation of Nature, Geographic Information Systems, Vulnerability loss of soil, Environmental Zoning, Salobra River, Bodoquena Plateau.

INTRODUÇÃO **E OBJETIVOS**

INTRODUÇÃO

A erosão dos solos é uma preocupação do homem desde que se passou a desenvolver a agricultura, quando adquiriu um modo de vida sedentário, nesse processo o uso da terra passou a ocorrer de modo mais intenso, conseqüentemente levando a destruição da cobertura vegetal acarretando a exposição do solo aos processos erosivos (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

A intensificação dos processos erosivos está frequentemente associada aos usos inadequados da terra, que normalmente ocorrem sem o conhecimento prévio da área utilizada. Nesse processo de apropriação da natureza qualquer área pode ser explorada, desrespeitando assim os limitantes físico-naturais das paisagens.

As áreas de incompatibilidade do uso da terra correspondem às áreas utilizadas de maneira inadequada para desenvolvimento das atividades como a pecuária e agricultura, onde não são respeitadas as limitações físico-naturais de ambientes vulneráveis, como exemplo, áreas com relevo fortemente dissecado ou áreas de solos rasos suscetíveis à erosão.

Esse cenário é visualizado de modo cada vez mais frequente, visto que, historicamente no território brasileiro, vem sendo imposto um processo de apropriação da natureza, de uma maneira em que esta é concebida apenas como uma mercadoria. Logo, passível de uma superexploração, de forma inconsequente e sem planejamento.

Nesse sentido é destacada a primeira indagação da presente proposta, que questiona sobre o fato do aumento da produção agropecuária exigir maiores áreas para serem exploradas, e conseqüentemente esse processo pode acarretar a degradação dos ambientes vulneráveis.

Outra questão motivadora diz respeito à contradição entre apropriação e conservação da natureza, que pode ser abordada como uma incoerência entre o tempo da natureza- o *tempo que escoá*, e o tempo do homem – *tempo que se faz* (SUERTEGARAY e NUNES, 2001). Nessa análise as paisagens atuais resultariam das dinâmicas em que a relação entre sociedade e natureza ocorre de

modo mais intenso e impactante, ou seja, são introduzidos elementos alheios às paisagens naturais e novas formas e processos são delineados nas paisagens atuais.

Suertegaray e Nunes (2001) observaram que a velocidade das intervenções na dinâmica da natureza, ocasionam transformações expressivas na paisagem, decorrentes da criação de novos equipamentos tecnológicos, que objetivam a exploração dos recursos naturais entendidos nesse processo como uma mercadoria.

Nesse sentido a presente pesquisa abordou como objeto de estudo a Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, localizada na região Sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul, sendo considerada uma das principais áreas fontes de fluxos de matéria e energia para bacia do Rio Miranda no Pantanal sul-mato-grossense (Figura 1).

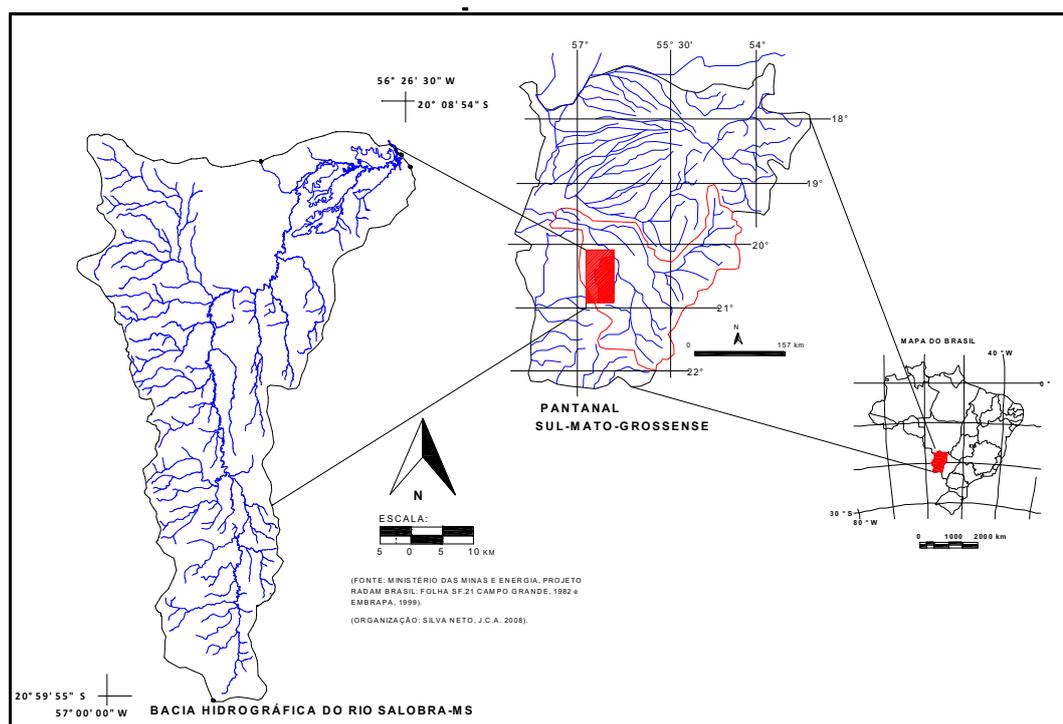


Figura 1- Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS.

Justifica-se o presente estudo por abordar uma área cuja paisagem caracteriza-se por apresentar peculiaridades geológicas e geomorfológicas que segundo Boggiani et al. (1999) caracterizam-se como “conjuntos paisagísticos de inusitada beleza”.

Destaca-se ainda que essa área apresente uma configuração de paisagens vulneráveis, na qual alguns tipos de usos da terra podem desencadear os processos de degradação dessa paisagem. Uma porção significativa da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra é caracterizada como um ambiente vulnerável de acordo com suas características físico-ambientais (SILVA NETO e NUNES, 2011).

Outro ponto destacado é o fato de que parte da área da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra está inserida no Parque Nacional da Serra da Bodoquena, primeira unidade de conservação de proteção integral federal implantada no Estado de Mato Grosso do Sul. Destaca-se ainda a intenção da criação de um Geopark Bodoquena e Pantanal, englobando a Serra da Bodoquena e parte do Pantanal Sul-mato-grossense, conforme proposta apresentada à UNESCO, no Dossiê de candidatura à rede global de Geoparks¹ (ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL, 2010).

Destaca-se que na área da Serra da Bodoquena ainda há uma grande carência de informações e estudos que possibilitem um diagnóstico cuidadoso, que permita fazer as devidas restrições e indicações de usos adequados para a área.

Portanto, enfatiza-se a necessidade de se conhecer melhor a dinâmica e limitações dessa área, para se estabelecer perspectivas de utilização, manejo, medidas conservacionistas dos recursos naturais e, se fazer restrições mais seguras quanto ao uso da terra.

Nessa perspectiva, a hipótese da presente investigação supõe que o ambiente abordado para estudo apresenta uma porção significativa de sua área condicionada à tipos de usos da terra incompatíveis com as características naturais da área, possibilitando condições de degradação dessa paisagem.

¹ Geopark é uma marca atribuída pela UNESCO a uma área onde ocorrem excepcionalidades geológicas que são protegidas e aproveitadas como elementos indutores de educação ambiental e de desenvolvimento sustentável. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil/CPRM – SGB, Governo do Estado de Mato Grosso do Sul e Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional/IPHAN 2010.

Desse modo a presente tese estruturou-se em seis tópicos incluindo este da Introdução, seguido pelo capítulo das Bases Teórico-conceituais, Fundamentação Metodológica, Procedimentos Metodológicos, Caracterização da Área de Estudo, Resultados e Discussões e as Considerações Finais.

No caso das Bases Teórico-conceituais utilizadas na presente tese, abordou-se a Paisagem como categoria central de análise, destacando-se, as perspectivas conceituais e teórico-metodológica acerca das investigações das paisagens geográficas, abordadas por autores como Troll (1982), Bertrand (1982), Bolós (1992), Suertegaray (2001) e Moss (2000).

Destaca-se as propostas teórico - metodológicas que fundamentaram a presente tese como a Ecodinâmica de Tricart (1977), da Ecogeografia trabalhada por Ross (2006) e da Geoecologia das paisagens trabalhada por Mateo et al. (2007).

Abordou-se o pensamento complexo nas ciências ambientais, apoiado na segunda lei da termodinâmica: a entropia, entendida como uma analogia às paisagens naturais que à medida que sofrem as influências humanas tendem à perder suas características naturais e conseqüentemente sua capacidade de resiliência.

A discussão sobre pensamento complexo permite uma aproximação da aplicação dos conceitos de estabilidade, instabilidade e vulnerabilidade no estudo das paisagens. A vulnerabilidade da paisagem é entendida como uma resposta ao processo de apropriação e superexploração da natureza.

Na sequência apresenta-se a Fundamentação Metodológica, na qual abordou-se a problemática do processo de apropriação da natureza na perspectiva da racionalidade ambiental de acordo com autores como Leff (2001, 2002 e 2006) Morin (2001 e 2008), no qual os processos erosivos são enfatizados como um problema de ordem socioambiental desencadeado pela superexploração da natureza.

Na Fundamentação Metodológica apresenta ainda a análise espacial como uma ferramenta para análise da paisagem, enfatizando-se a reflexão do conceito de análise espacial e sua aplicabilidade como aporte para análise

ambiental, tendo como objetivo central situar a análise espacial como suporte técnico-operacional na reflexão teórica da perspectiva da análise integrada da paisagem.

Finalizou-se a Fundamentação Metodológica com uma proposta para os problemas relacionados ao processo de apropriação da natureza como a degradação dos ambientes vulneráveis.

Nessa perspectiva, o Zoneamento Ambiental é apresentado como uma proposta para amenizar as rupturas desencadeadas pela atuação da sociedade na natureza, enfatizando uma nova organização das formas espaciais que se materializam na paisagem.

Em relação aos Procedimentos Metodológicos utilizados na pesquisa, destaque para o uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG) seu aporte conceitual e os métodos em SIG como análise espacial.

Na Caracterização da Área de Estudo são apresentadas as particularidades físico-naturais que configuram a paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, além de se destacar sua importância no contexto regional.

Nos resultados e discussões da pesquisa, são avaliadas as configurações da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, na perspectiva das inter-relações entre sociedade e natureza que são responsáveis pela conjuntura atual da paisagem analisada.

E nas considerações finais, apresenta-se uma análise síntese de toda a estrutura contida na tese, apontando as limitações e problemas enfrentados no desenvolvimento da tese e recomendações para o monitoramento de diferentes aspectos da bacia e sugestões para o desenvolvimento de estudos futuros.

OBJETIVOS DA PESQUISA

Objetivo Geral:

Elaborar uma proposta de zoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra tendo como base os aspectos físico-naturais da paisagem, visando analisar os processos de degradação dos recursos ambientais decorrentes do uso inadequado da terra.

Objetivos Específicos:

- ✓ Representar os elementos da paisagem em Planos de Informações em Sistemas de Informações Geográficas, para formação de banco de dados permitindo a correlação e análise das variáveis abordadas;
- ✓ Verificar os graus de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na área estudada;
- ✓ Recomendar usos da terra, conforme, a vulnerabilidade da paisagem à perda de solos e zonas ambientais;
- ✓ Identificar áreas de incompatibilidade entre uso da terra e as Áreas de Preservação Permanente, e entre uso da terra e Vulnerabilidade Natural da paisagem à perda de solos.
- ✓ Oferecer subsídios para (re)organização espacial da área estudada, como suporte ao ordenamento do território onde está inserida a Bacia Hidrográfica do Rio Salobra.

CAPÍTULO 1:

A PAISAGEM COMO CATEGORIA DE ANÁLISE

1.1- A PAISAGEM NA ANÁLISE GEOGRÁFICA: uma interface entre sociedade e natureza, tempo e espaço.

A categoria de análise da presente pesquisa é a paisagem, abordada na perspectiva da Ecodinâmica de Tricart (1977), da Ecogeografia trabalhada por Ross (2006) e, da Geoecologia das paisagens trabalhada por Mateo *et al.* (2007). Desse modo, abordou-se diversos outros autores que contribuem com diferentes definições de paisagem.

A ciência geográfica incorporou a análise da paisagem ao tratamento da natureza sob um ponto de vista das dinâmicas naturais em interação com as relações sociais de produção, entendido aqui como resultado das interações e conexões entre a sociedade na natureza (MENDONÇA, 1998).

A inserção das relações sociais que se desenvolviam e influenciavam diretamente a natureza resultaram em tentativas para se estabelecer novas metodologias, com o objetivo de abordar a paisagem sob um caráter eminentemente geográfico, oriundo da relação binômio: Sociedade e Natureza.

A noção de paisagem surge com os geógrafos alemães no século XIX, mas com um conceito principalmente fisionômico ligado principalmente ao método de observação (MENDONÇA, 2001).

En la literatura geográfica alemana fue S. Passarge el primero que usó la denominación <<geografía del paisaje>> y, desde 1913, propugnó en varias conocidas obras el concepto de <<ciencia del paisaje>>, ya utilizado en 1884 y 1885. Esto lo presentó como una nueva rama de la geografía <<que ha tenido que conquistar con dificultades su sitio, un sitio que se la debía haber reconocido hace tiempo >>. (TROLL², 1982, p.324).

Alexander Von Humboldt iniciou as primeiras tentativas de abordagens da paisagem numa perspectiva da relação homem e natureza. O objeto da Geografia para Humboldt era analisar as conexões entre os fenômenos, e o método estaria baseado na observação dos fenômenos e sua descrição com reflexão teórica. A

² **Tradução nossa:** Na literatura geográfica alemã foi S. Passarge o primeiro a usar denominação <<geografia da paisagem>> e, desde 1913, defendeu em várias conhecida obras o conceito de <<ciência da paisagem >>, já utilizado em 1884 e 1885. Isto é apresentado como um novo ramo da geografia << que teve dificuldades para conquistar seu lugar, um lugar que deveria ter sido reconhecido faz tempo>>.

abstração se daria a partir da observação empírica e, essa observação da paisagem caracterizava-se pelo método com grande peso de subjetividade, devido às influências do Romantismo Alemão (ROBERT MORAES, 1989).

Segundo Robert Moraes em sua obra “A gênese da Geografia Moderna” (1989), para Humboldt a paisagem deveria ser analisada pelo presente e passado, buscando a explicação da sua configuração atual com os fenômenos e fatos pretéritos, relacionando a individualidade local com os fenômenos universais.

A ciência para Humboldt deveria ser vista com unicidade sem nenhum tipo de separação ou fragmentação, mas, as propostas *humboldtianas* apresentaram alguns problemas de cunho metodológico como as lacunas entre os níveis empíricos e teóricos, além de trabalhar com escalas incompatíveis com as disciplinas acadêmicas (ROBERT MORAES, 1989).

Posteriormente a Geografia francesa a partir da segunda metade do século XX tornou-se uma expoente ao introduzir aos estudos da paisagem as relações sociais, inicia uma aproximação entre as distantes Geografias Física e Geografia Humana.

Entre os responsáveis diretos por essa aproximação, podemos destacar Jean Tricart e sua obra de 1977 com uma proposta de análise do ambiente de forma integrada por meio das aplicações de metodologias em estudos de casos, como por exemplo, a Ecodinâmica.

Merece destaque do mesmo modo, as obras de 1968 e 1972 do também francês George Bertrand, que desenvolveu a noção de paisagem da escola alemã e o desenvolvimento da noção dos geossistemas, na qual a inserção da ação antrópica passou a ser vista como um elemento integrante das dinâmicas das paisagens (MENDONÇA, 1998).

Cabe lembrar que a discussão sobre a categoria paisagem, inicia-se anteriormente, induzindo-nos ao processo de institucionalização da Geografia como ciência, que escolhe a superfície da terra em seus aspectos físicos e humanos como objeto de estudo (VITTE, 2007).

Assim, volta-se para ligação etimológica do vocábulo paisagem que tem sua origem no século XVI ligado a palavra país, denotando o sentido de região, território, nação. Lembrando que o vocábulo território, por sua vez, surgiu no século XV e está ligado ao vocábulo terra (CUNHA, 1982 *apud* VITTE, 2007).

Conforme Bolós (1992):

“El término <paisaje> procede del lenguaje común, y en las lenguas románicas deriva del latín (pagus, que significa país), con el sentido de lugar, sector territorial. Así, de ella derivan las diferentes formas: *paisaje* (castellano), *paisatge* (catalán), *paisaxe* (gallego), en euskaros se utiliza la forma *paisaia*, *paysage* (francés), *paesaggio* (italiano), etc. Las lenguas germánicas, por su parte, presentan un claro paralelismo a través de la palabra originaria *land*, con un sentido prácticamente igual, y de la derivan *Landchaft* (alemán), *landscape* (inglés), *landschap* (holandés), etc. Este significado de espacio territorial más o menos bien definido se remonta al momento de la aparición de las lenguas vernáculas, y podemos decir que este sentido originario, con ciertas precisiones, es válido aún actualmente.” (BOLÓS³, 1992, p.5).

É importante ressaltar que a ligação etimológica trata da origem da palavra, que tem origem assim como território, na palavra terra, e não como sua definição conceitual.

O termo paisagem não se restringe apenas a conotação espacial, mas pode ser diferenciada em duas perspectivas: na primeira a paisagem corresponde a uma aparência e uma representação, um arranjo dos objetos visíveis pelo sujeito por meio de seus próprios filtros. Outra conotação pode ser caracterizada como geopolítica, designando uma unidade territorial onde se desenvolve a vida de pequenas comunidades humanas (VITTE 2007).

Pintó (2009) também considerou a paisagem sob dois pontos de vistas diferentes:

³ **Tradução nossa:** “O termo <paisagem> procede de linguagem comum, e nas línguas românicas deriva do latim (pagus, que significa país), com o sentido de lugar, setor territorial. Assim, dela derivam as diferentes formas: *paisaje* (castelhano), *paisatge* (catalão), *paisaxe* (galego), em euskaros se utiliza a forma *paisaia*, *paysage* (francês), *paesaggio* (italiano), etc. As línguas germânicas, por sua vez, apresentam um claro paralelismo através da palavra originaria *land*, com um sentido praticamente igual, e dela derivam *Landchaft* (alemão), *landscape* (inglês), *landschap* (holandês), etc. Este significado de espaço territorial mais ou menos bem definido se remonta ao momento da aparição das línguas nativas, e podemos dizer que este sentido originário, com certas precisões, é válido também atualmente.”

“Pero el paisaje designa dos tipos de realidades: unas realidades materiales constituidas por los elementos tangibles, tanto de tipo natural como antrópico, y una dimensión que procede de la percepción humana subjetiva. Una percepción que da lugar a la imagen del paisaje que cada individuo construye en función de sus experiencias vitales ambientales, de los lazos afectivos que establece con los lugares y su carga de significados tanto de tipo individual como coletivo.” (PINTÓ⁴, 2009, p.140-141).

Na primeira perspectiva Paul Claval (2011) definiu a Geografia como uma ciência de observação apoiando-se na análise da paisagem, a partir da apreensão do real:

“A visão que desenvolve a geografia é aquela do observador diante da paisagem. Essa opera uma triagem entre os objetos presentes na superfície do Globo. Num primeiro tempo, sua atenção se volta para aqueles que são suficientemente grandes para serem claramente visíveis: o pesquisador se interessa pelos movimentos do campo os regatos, riachos e rios; ele leva em consideração as plantas, mas percebidas em massa, estepes, pradarias, florestas, matos charnecas, matagais e outras formas de vegetação brenhosa uma árvore não retém sua atenção a não ser que seja isolada e sirva de referência na paisagem. O geógrafo anota as culturas, as fazendas e seus edifícios de explorações, os vilarejos, as vilas ou as cidades. Ele indica as condições atmosféricas que lhe parecem prevalecer.” (CLAVAL, 2011, p.63).

Na segunda perspectiva, a paisagem primeiramente corresponde às articulações entre o conjunto de formas, o mosaico e a morfologia da paisagem apresentada em cada espaço geográfico (PINTÓ, 2009).

Pintó (2009) considerou ainda que, a paisagem morfológica é a cristalização e o resultado visível do funcionamento do sistema territorial subjacente em cada território, esse sistema (territorial) forma-se por um conjunto de elementos, agentes e processos, tanto do tipo natural como sócio-econômico e cultural, que opera em um setor concreto da superfície terrestre.

Para Bertrand & Bertrand (2007) a paisagem nasce quando um olhar percorre um território, sobre esse olhar a paisagem pode ser considerada na sua essência, um produto de interface entre natureza e sociedade, bem como, a expressão do trabalho das sociedades humanas sobre a natureza, ao mesmo tempo com e contra ela estabelecendo assim uma relação dialética.

⁴ **Tradução nossa:** “Por paisagem designa dois tipos de realidades: umas realidades materiais constituídas pelos elementos tangíveis, tanto de tipo natural como antrópico, e uma dimensão que procede da percepção humana subjetiva. Uma percepção que dá lugar à imagem da paisagem que cada indivíduo constrói em função de suas experiências vitais ambientais, dos laços afetivos que estabelece com os lugares e sua carga de significados tanto de tipo individual como coletivo.”

O autor ainda enfatiza que a análise da paisagem não pode dedicar-se apenas á abordagem da paisagem “natural”, mas, deve abordar a paisagem na perspectiva de conexão de todas as implicações da atuação antrópica na natureza.

Mateo *et al.* (2007) considerou necessário analisar a paisagem a partir de uma visão dialética, isto significaria aceitar sua existência e sua organização sistêmica como uma realidade objetiva, considerando-a como um sistema material e concebendo-a como uma totalidade, que apresenta-se como um fenômeno integrado, não podendo entendê-la nem tratá-la de forma fragmentada.

Nesse sentido, remetemo-nos à Bertrand (1982):

El paisaje no es simplemente la suma de unos elementos geográficos incoherentes. Es el resultado, sobre una cierta porción de espacio, de la combinación dinámica y, por lo tanto, inestable, de elementos físicos, biológicos y antrópicos que interactuando dialécticamente los unos con los otros hacen del paisaje un conjunto único e indisoluble en continua evolución. La dialéctica tipo-individuo constituye el fundamento del método de investigación. (BERTRAND⁵, 1982, p.462).

Desse modo, a ciência geográfica tem por finalidade estudar as inter-relações entre sociedade e natureza, de modo intrínseco, estabelecendo-se relações dialéticas das categorias estudadas. A sociedade não deve ser apresentada apenas como um elemento dentro de um suposto sistema, mas, há a necessidade de diferenciar as sociedades que exploram a natureza, buscando evidenciar os diferentes processos de apropriação social da natureza.

Segundo Ross (2006) não é possível trabalhar com o presente e o futuro das relações que se constituem entre sociedade e natureza, sem se estabelecer uma abordagem das questões no âmbito social, cultural e econômico.

Vitte (2007) atribuiu ao conceito de paisagem geográfica um desenvolvimento inicial, com a finalidade de ser um conceito totalizante e transdisciplinar, no qual a identidade de uma paisagem não ocorreria apenas por

⁵ **Tradução nossa:** A paisagem não é simplesmente a soma de elementos geográficos incoerentes. É o resultado, sobre certa porção do espaço, da combinação de dinâmica e, portanto, instáveis, fatores físicos, biológicos e antrópicos que interagindo dialeticamente uns com os outros fazem da paisagem um conjunto único e indissociável em contínua evolução. A dialética objeto- sujeito constituem o fundamento do método de investigação.

uma mera sobreposição lógico-matemática entre as esferas naturais e culturais, mas antes, a paisagem seria o resultado de uma conexão entre as várias esferas.

Portanto, é equivocada a interpretação da paisagem na perspectiva de soma de partes ou junção e sobreposição de variáveis. A paisagem deve ser entendida como implicação das conexões realizadas entre sociedade e natureza, do ponto de vista da sinergia decorrente dessa relação.

Desse modo Camargo (2008), considerou ser primordial perceber a dinâmica que se interconecta e envolve processos além do meio natural, pois estão atrelados à sociedade e seus percursos.

A paisagem permite ao geógrafo acessar o mundo das representações sociais e da natureza, que siga na direção de uma relação multidirecional e interativa entre o natural e o social. (ROSS, 2006).

Então, a paisagem pode ser entendida aqui como uma intersecção entre natureza e sociedade, estabelecendo-se uma ligação direta dessas duas categorias, dificultando a delimitação exata das influências da sociedade sobre a natureza e as resposta da natureza sobre os processos de apropriação social, pois as respostas de uma influenciarão diretamente na outra.

Para Vitte (2007) por meio do conceito de paisagem, o imaginário social transforma culturalmente a natureza, ao mesmo tempo, que os sistemas técnicos agregam ao território as formas-conteúdo das paisagens constituídas por representações sociais.

As representações sociais são definidas aqui, como as manifestações impostas à natureza pelas diversas formas de apropriação auxiliada habitualmente por sistemas técnico-produtivos, representadas nos processos de produção da paisagem refletindo as transformações culturais na natureza.

Suertegaray (2001) concebe a paisagem como um conjunto de formas suscetíveis à mudanças em função do fator social:

... a paisagem como um processo de constituição e reconstituição de formas na sua conjugação com a dinâmica social. Neste sentido, a paisagem pode ser analisada como a materialização das condições sociais de existência diacrônica e sincronicamente. Nela poderão persistir elementos naturais, embora já transfigurados (ou natureza artificializada). O conceito de paisagem privilegia a coexistência de

objetos e ações sociais na sua face econômica e cultural manifesta... (Suertegaray, 2001).

Para Vitte (2007) a paisagem é o resultado imediato da intencionalidade humana na superfície terrestre:

Por meio dos mais variados meios técnicos e científicos, a sociedade imprime sua marca no espaço que fica registrada na paisagem. Assim, a paisagem é uma representação do espaço, na Ciência Geográfica e particularmente na geografia física, a paisagem passa a ser o sinônimo de natureza. (VITTE, 2007, p.77).

Nesse sentido define-se a intencionalidade segundo Santos (1997), como “uma espécie de corredor” entre a sociedade (sujeito) e natureza (objeto) que poderia ser eficaz na contemplação do processo de produção e de produção de coisas, considerando-os como resultado da relação entre o homem e o seu entorno.

Na paisagem as intencionalidades podem ser visualizadas, na materialização das ações humanas sobre a natureza, como por exemplo, as configurações que a paisagem irá assumir após ser modificada por um determinado uso da terra imposto pela ação do homem, ou, pela implantação de uma indústria ou uma hidrelétrica.

A partir desse processo a natureza passa a ser vista como uma natureza transfigurada ou artificializada, pois, na atualidade não é possível pensar a natureza primordialmente como natural, ou seja, como resultado de processos oriundos exclusivamente de sua auto-organização (SUERTEGARAY, 2001; SANTOS, 1997).

Nesses termos Santos (1997) fez as seguintes considerações sobre a natureza:

Quando a natureza ainda era inteiramente natural, teríamos, a rigor, uma diversificação da natureza em estado puro. O movimento das partes, causa e consequência de suas metamorfoses, deriva de um processo devido unicamente às energias naturais desencadeadas.

A primeira presença do homem é um fator novo na diversificação da natureza, pois ela atribui às coisas um valor, acrescentado ao processo de mudança um dado social. Num primeiro momento, ainda não dotado de próteses que aumentem seu poder de intervenção e a autonomia relativa do homem, ao mesmo tempo em que se vai ampliando a parte da “diversificação da natureza” socialmente construída. (SANTOS, 1997, p. 85)

Assim, as relações entre sociedade e natureza implicam nas mais diversas configurações das paisagens e, suas formas refletem as intencionalidades de quem as impõe somadas com as heranças do passado e presente (Figura 2).

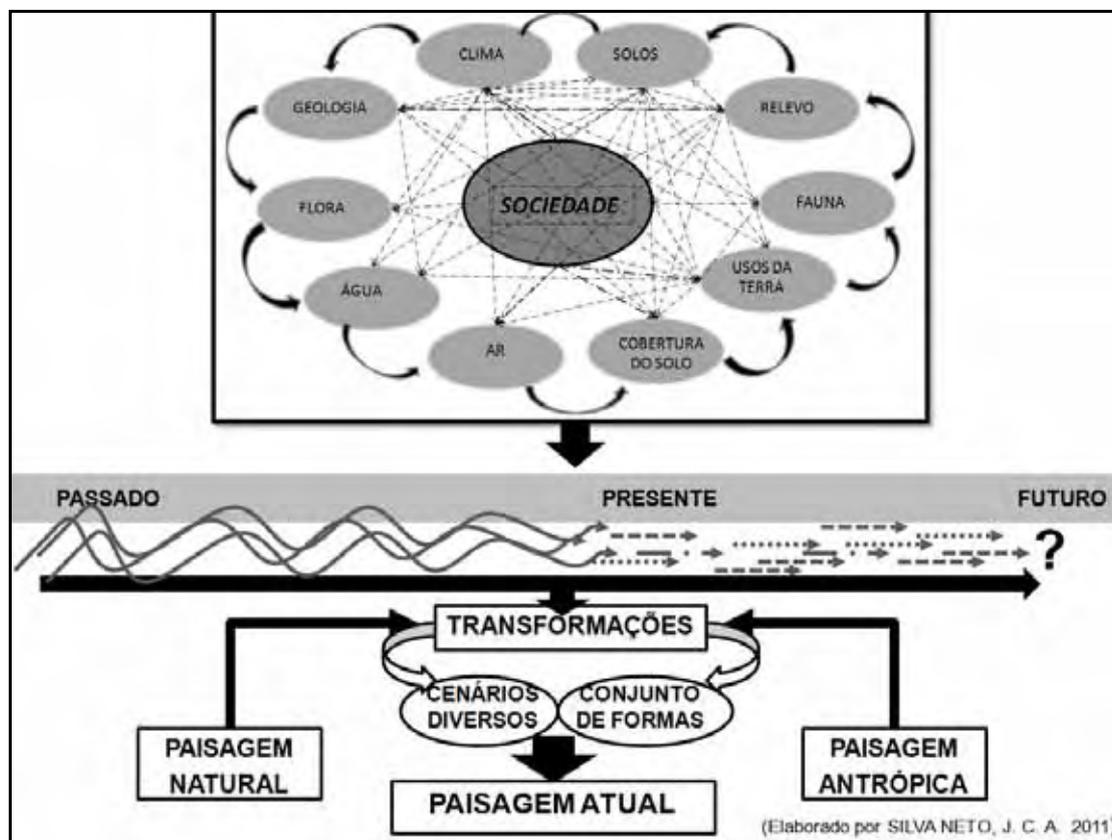


Figura 2: Organograma das relações que resultam na paisagem.

O organograma (figura 2) representa as relações e conexões que se estabelecem (presente) ou se estabeleceram (passado), entre os elementos da natureza e a sociedade, que resultaram em cenários diversos e conjuntos de formas definindo assim uma paisagem atual que exprime essas relações resultantes das paisagens naturais e das paisagens antrópicas.

O organograma representa que as transformações ao longo do tempo, ocorrem de maneiras distintas, o passado é representado por uma seta assimétrica, indicando a referência ao tempo longo da natureza, também definido como tempo da morfogênese, ou segundo Suertegaray e Nunes (2001) o tempo que escoar.

O presente é representado, por várias setas retas e pontilhadas, indicando a rapidez e as diversas dinâmicas oriundas da atuação direta do

homem na natureza, essa relação é capaz de gerar várias transformações na paisagem em períodos curtos.

Quanto ao futuro, apenas se pode considerar as incertezas, probabilidades e possibilidade, ou seja, não é possível prever qualquer cenário para futuro, mesmo considerando-se um futuro próximo.

Para Camargo (2008) cada momento histórico possui uma determinada forma geográfica e temporalmente vai se estruturando, pois, cada momento tem um papel e uma posição, em que os elementos devem ser tomados da sua relação com os demais elementos do todo.

Santos (1997) considerou que:

A paisagem existe através de suas formas, criadas em momentos históricos diferentes, porém coexistindo no momento atual. No espaço, as formas de que se compõe a paisagem preenchem, *no momento atual, uma função atual*, como respostas as necessidades atuais da sociedade. Tais formas nasceram sob diferentes necessidades, emanaram de sociedades sucessivas, mas só as formas mais recentes correspondem a determinação da sociedade atual. (SANTOS, 1997, p.67).

Para se entender a paisagem é necessário compreender sua dinâmica do passado, onde as transformações da paisagem natural foram impulsionadas principalmente por suas próprias forças naturais.

Conforme Prigogine (1996) o conhecimento da natureza não pressupõe apenas um vínculo do que se conhece e do que é conhecido, ele exige que esse vínculo crie uma diferença entre passado e futuro, compreendendo assim as representações dos presentes.

A paisagem natural desse modo, expressa uma conjuntura das dinâmicas estabelecidas pelas inter-relações e conexões num tempo diferente do atual em que as relações da natureza ocorrem de maneira menos intensa, quando comparada com as paisagens atuais.

As paisagens atuais resultam de dinâmicas em que a relação entre sociedade e natureza ocorre de modo mais intenso, seguindo outro ritmo, não mais o tempo que escoou ou tempo da morfogênese.

O presente é caracterizado por paisagens oriundas do tempo curto, tempo da morfodinâmica ou do “*tempo que se faz*” definido como:

“... das irregularidades, dos episódios catastróficos, dos eventos esporádicos, dos ritmos e das variabilidades. É também um tempo que introduz no que fazer da natureza a dimensão antropogênica, não levada em conta quando nos detemos a refletir na ótica do tempo que escoou. (...) O tempo que faz é percebido como um período curto, incapaz de gerar transformações da ordem daquelas analisadas quando se trabalha com a concepção de tempo profundo”. (SUERTEGARAY e NUNES, 2001).

Suertegaray e Nunes (2001) ressaltam ainda, que a velocidade das intervenções na dinâmica da natureza, ocasionam transformações expressivas na paisagem, decorrentes da criação de novos equipamentos tecnológicos, que objetivam a exploração dos recursos naturais entendidos nesse processo como uma mercadoria.

Para Camargo (2008):

“A alteração da relação do homem com a natureza vai se consolidando à medida que se amplia o comércio e, conseqüentemente, surge uma nova dinâmica espacial-geográfica. Essa nova estrutura produtiva e organizacional, nasce com o capitalismo, vai redimensionando não somente a base para a produção de riquezas, mas principalmente, a ideologia e a concepção popular da ciência e do universo.” (CAMARGO, 2008, p.36).

Assim, apoiado em Milton Santos (1997), Camargo (2008) considerou que a paisagem seria o resultado cumulativo dos tempos (*transtemporal*), diferenciando-se de acordo com a dinâmica em que se insere cada região e, portanto, constituindo um subconjunto que, mesmo se apresentando como uma aparente totalidade é parte constituinte de um todo maior ou de uma dinâmica sistêmica maior.

Na presente tese a paisagem é concebida como resultado das inter-relações, conexões e transformações entre sociedade e natureza, no qual tem origem a partir das formas e cenários, que se compõem no passado e presente, em tempos longos e curtos.

1.2- AS TIPOLOGIAS DAS PAISAGENS.

Segundo Santos (1997) o período caracterizado pelo “meio técnico-científico-informacional”, no qual é impossível conceber uma porção da Terra em que a natureza não tenha sido alterada em menor ou maior escala.

As paisagens desse modo resultam das alterações introduzidas pelo homem na natureza e, podem ser definidas de diversas maneiras. A presente

proposta tratará a paisagem na perspectiva da intensidade da ação antrópica na natureza e, como essas alterações oriundas da ação antrópica podem acelerar os processos naturais como, por exemplo, os processos erosivos.

A relação sociedade/natureza se estabelece da situação de ambiguidade procedentes da relação dialética, que é afirmada, pois a sociedade ao mesmo tempo em que é parte da natureza, se afirma como principal transformador devido à capacidade de trabalho, exploração e organização social.

A idéia de paisagem natural está diretamente ligada aos níveis de baixa entropia, onde são presenciadas áreas ainda preservadas com florestas, sem presença marcante da atuação do homem, inversamente, as paisagens antrópicas pode ser resultado dos altos níveis de entropia nesse sistema, proporcionado principalmente pela atuação antrópica no ambiente, de modo que, essa atuação tende à uniformização/homogeneização das paisagens (MATEO *et al.* 2007).

Para Mateo *et al.* (2007) a paisagem natural é “uma realidade, cujos elementos estão dispostos de maneira tal que subsistem desde o todo”, e o todo subsiste os elementos não como estivessem caoticamente mesclados, mas sim como conexões harmônicas de estrutura e função. A paisagem é, assim, um espaço físico e um sistema de recursos naturais aos quais se integram as sociedades em um binômio inseparável sociedade/natureza.

Na presente proposta assume-se uma postura contrária a Santos (1997), que exclui a sociedade da natureza. Assumindo-se aqui um posicionamento no qual o homem é parte integrante da natureza.

Desse modo, considera-se ainda que a paisagem natural possa ser entendida como os elementos da natureza que se encontra em relação sistêmica, uns com os outros e, com uma integridade definida e interagindo com uma esfera mais abrangente, no qual a sociedade humana está incluída.

Ressalta-se como exemplo a Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, onde ainda é possível visualizar áreas que apresentam características naturais marcantes do ponto de vista da preservação da área (Figura 3).

Em ambientes que caracterizam-se por apresentar relevo muito dissecado, solos rasos, onde não são desenvolvidas atividades agropecuárias e as áreas de floresta não foram substituídas por pastagem, apresentando ainda cobertura vegetal densa. Essas áreas apresentam expressivas características de paisagens naturais (Figura 3).

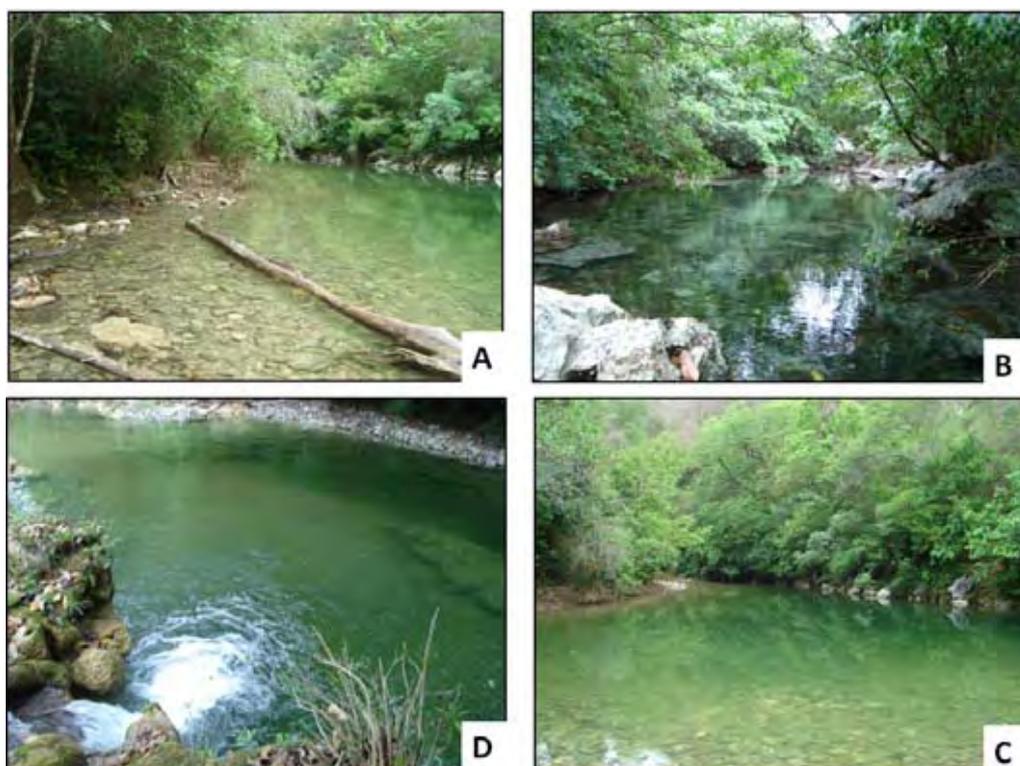


Figura 3- Paisagens ainda preservadas no alto curso do canal principal da Bacia do Rio Salobra, dentro do Parque Nacional da Serra da Bodoquena. (Fonte: autor, outubro de 2007).

Observa-se o canal principal do Rio Salobra (Figura 4- A,B,C), no assentamento Canaã onde são desenvolvidas atividades como turismo, visualizando-se a cachoeira (Figura 4- D) utilizada como atrativo turístico.

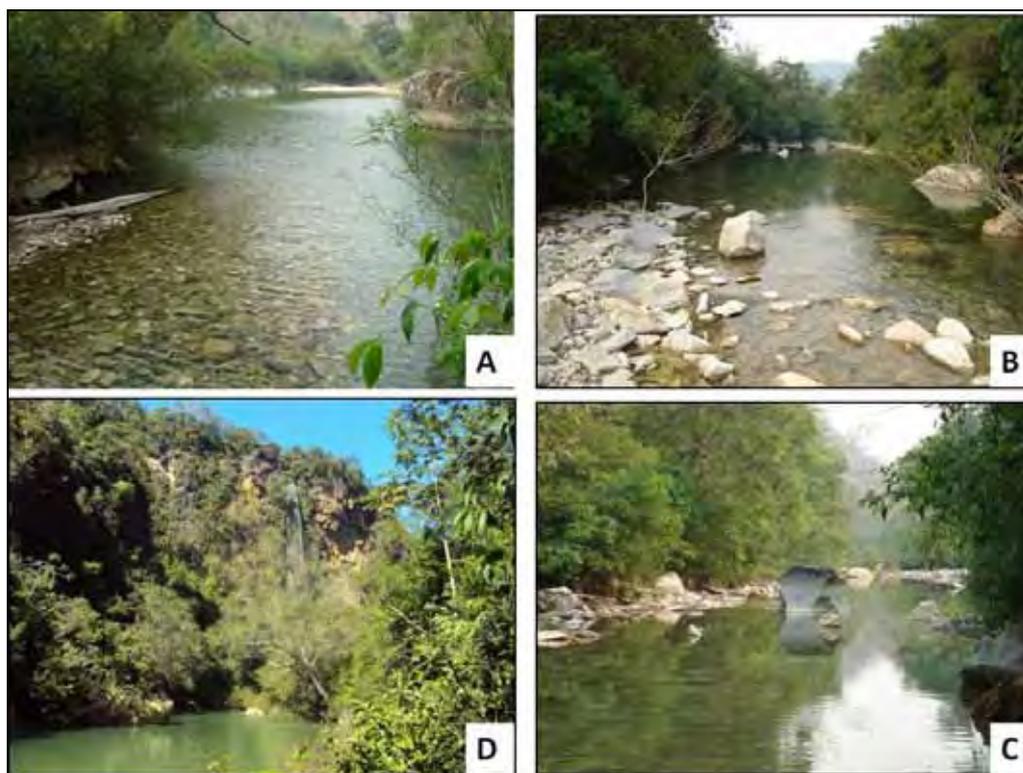


Figura 4- Paisagens da bacia hidrográfica do rio Salobra, no assentamento Canaã. (Fonte: autor, setembro de 2007).

Nas paisagens de ambientes cársticos, característicos de rochas de carbonato de cálcio se visualizam cenários frágeis como grutas com drenagens subterrâneas (Figura 5 -A, B), cavernas e suas feições com estalactites (Figura 5- C, D) e por último as cerâmicas indígenas descobertas dentro de uma caverna durante um trabalho de campo (E). Esses tipos de ambientes apresentam um significado histórico e cultural muito importante na construção dessas paisagens, no qual são destacados os primeiros indícios de ocupação da área por indígenas.



Figura 5- Paisagens de ambientes cársticos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, no assentamento Campina. (Fonte: autor, outubro de 2007).

As paisagens com expressivas alterações provocadas pela atuação antrópica, são definidas como paisagens homogêneas e heterogêneas, caracterizadas por apresentar pouca diversificação no tocante das espécies vegetais e animais, resultantes das alterações do ambiente natural e organizado por grupos humanos objetivando a produção econômica e social.

As paisagens antrópicas caracterizam-se pela junção dos elementos naturais com os elementos antrópicos dispostos de modo dialético, no qual, a relação simbiótica sociedade-natureza influenciará uma sobre a outra.

Desse modo, define-se por paisagem antrópica o sistema natural produtivo composto por segmentos da natureza levemente a fortemente modificado adicionados aos sistemas tecnogênicos (antrópicos) (MILKOV, 1973 apud MATEO *et al.* (2007).

A visualização das atividades econômicas (Figura 6 - B) desenvolvidas na área, como a pecuária extensiva (Figura 6 -D e A) e a extração de calcário para indústria, provocam alterações ao ambiente natural resultando em uma nova

configuração da paisagem (C), que caracteriza-se principalmente pela perda dos seus atributos naturais.

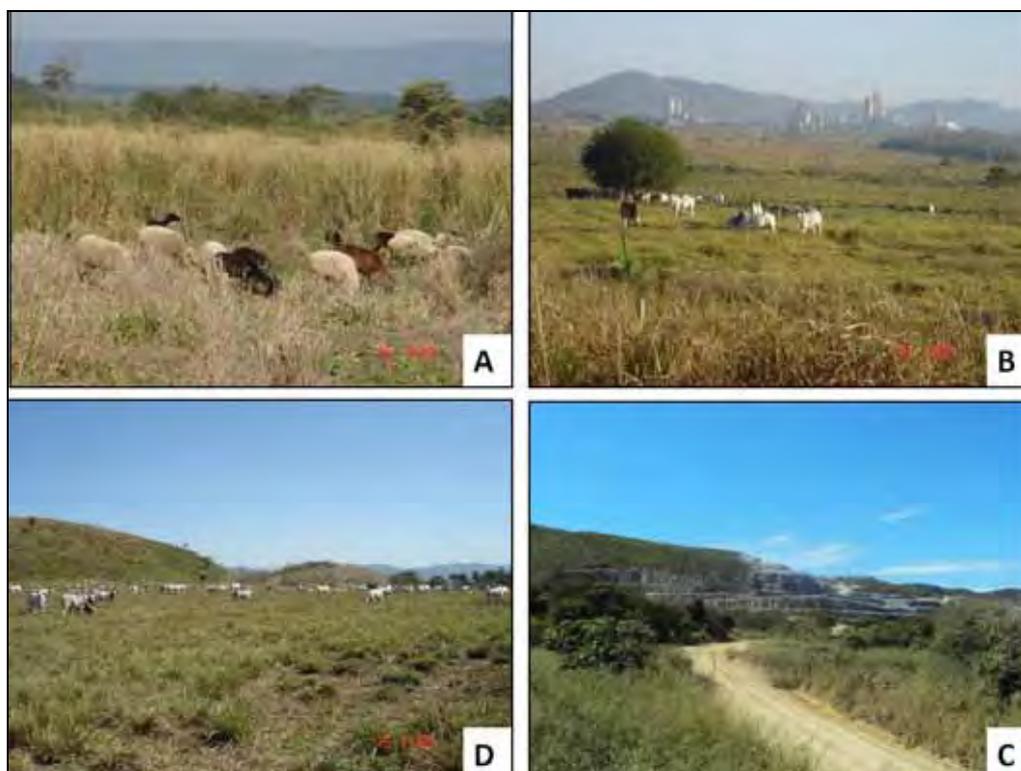


Figura 6- Paisagens antrópicas da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra (Fonte: autor, março de 2006).

Na Bacia do Rio Salobra são identificadas áreas com pequenas lavouras de subsistência, onde são produzidas culturas diversificadas como banana, cana de açúcar e feijão, em áreas de relevo plano ou suave ondulado (Figura 7– B), verifica-se também cenários com significativas áreas de lavouras de feijão e arroz (C), porém, a atividade econômica mais representativa na bacia é a pecuária extensiva, que exige maiores extensões de áreas para serem exploradas (D, A).

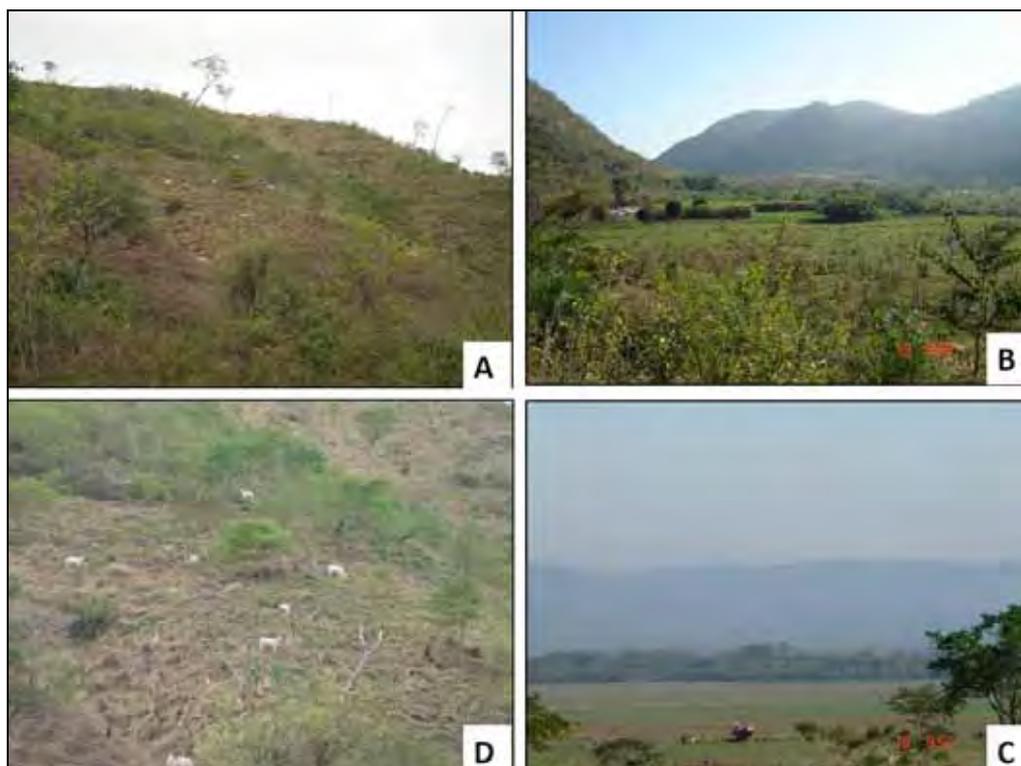


Figura 7- Paisagens antrópicas da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra (Fonte: autor, março de 2006).

Essas paisagens se configuram na maioria das vezes como ambientes fortemente instáveis, que se caracterizam por seus altos níveis de alteração e transformação, que podem ocasionar degradação das áreas quando apresentar condições ecológicas difíceis de absorver esse tipo de impacto.

As alterações no funcionamento e nos mecanismos das relações de auto-regulação conduzem a um processo de degradação, assim a auto-regulação dá lugar ao desequilíbrio na dinâmica funcional, resultando na dinâmica funcional degradante (MATEO *et al.* 2007).

As paisagens instáveis podem ser definidas pela perda de atributos e propriedades que possibilitam o cumprimento das funções e dos movimentos de auto-regulação. Nesta direção, a instabilidade tem um papel significativo vinculado ao funcionamento do ambiente, pois conduzem à alteração dos mecanismos de auto-regulação, da circulação de fluxo de EMI⁶ e, por conseguinte, à perda dos potenciais naturais.

⁶ EMI: Energia, Matéria e Informação segundo Mateo *et al.* (2007).

Esses tipos de paisagens, sobretudo, são verificadas em áreas vulneráveis que apresentam uso da terra incompatível com os atributos físico-naturais, por exemplo, na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra são verificadas áreas de desmatamento em vertentes acentuadas e solos muito suscetíveis (Figura 8 – B), estes condicionantes muitas vezes levam à degradação dessas paisagens, acelerando processos os erosivos (Figura 8– C,D,A).



Figura 8- Paisagens antrópicas degradadas da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra (Fonte: autor, setembro de 2007).

Ilya Prigogine definiu sistema estáveis e instáveis como:

“Em suma, os sistemas estáveis são aqueles em que pequenas modificações das condições iniciais produzem pequenos efeitos. Mas para uma classe muito extensa de sistemas dinâmicos, essas modificações se ampliam ao longo do tempo. Os sistemas caóticos são um exemplo extremo de sistema instável, pois as trajetórias que correspondem as condições iniciais tão próximas quanto quisermos divergem de maneira exponencial ao longo do tempo” (PRIGOGINE, 1996, p. 32).

Segundo Mateo *et al.* (2007) qualquer paisagem modificada ou transformada pelo homem, como regra, é menos estável que a paisagem original, pois o mecanismo natural de auto-regulação é alterado.

Entende-se auto-regulação estável as relações harmônicas com o meio externo e de um balanço de fluxos de EMI que garanta condições geoecológicas favoráveis ao impacto humano e de um processo de modificação e transformação antropogênica, sustentável e ambiental racional (MATEO et al. 2007).

Trata-se de não ultrapassar um determinado nível de auto-regulação, assim a paisagem conserva a capacidade de auto-renovação, e a capacidade de renovar por si só, recuperando em pouco tempo o estado anterior à intervenção humana.

Nesse sentido definimos estabilidade como:

“... la facultad de conservar una situación de equilibrio al interior de la estructura de un paisaje cuando se encuentra sometido a influencias exteriores; esto implica procesos que permiten restablecer situaciones de equilibrio.

Para cualquier sistema físico se define como el hecho de volver a su estado anterior, después de haber sufrido los efectos de un impacto o perturbación de origen externo”. (BOLÓS⁷, 1987, p.18).

A partir dos níveis da intensidade das ações antrópicas diferencia-se a paisagem como homogênea ou uniforme, considerando-se essas paisagens heterogêneas até sofrer um processo intenso de antropização resultando na homogeneização e uniformização da paisagem.

Um exemplo claro são as paisagens relativamente naturais, que apresentam altos níveis de diversidade biótica e abiótica, até o momento que ocorrem as alterações de cunho antrópico transformando ambientes complexos, como grandes áreas de florestas, em ambientes homogêneos e uniformes, como áreas agrícolas de monoculturas e de pastagens.

As paisagens antrópicas apresentam estados variáveis das condições naturais primitivas, revelando na sua dinâmica, as alterações decorrentes das relações sociedade e natureza, definindo-se como formação natural que passou por impactos sociais, econômicos e tecnogênicos (ROSS, 2006).

⁷ **Tradução nossa:** “... a capacidade de conservar uma situação de equilíbrio no interior da estrutura de uma paisagem quando ela se encontra submetido a influências externas, isto implica em processos que permitem restabelecer situações de equilíbrio. Para qualquer sistema físico se define como o fato de voltar ao estado anterior, depois de ter sofrido os efeitos de um impacto ou perturbação de origem externa.”

Assim para Moss (2000):

“Agricultural landscapes are one dimension of agricultural systems which express visually many of the results of the interactions of a multiplicity of factors, societal, economic, historic and environmental, etc. Taken together many such factors interrelate to produce the characteristics of all agricultural landscapes. Agricultural landscapes are now subjected to rapidly increasing rates of transformation, with both positive and negative outcomes”. (MOSS⁸, 2000, p. 303).

O autor ressalta que a apropriação da natureza tem exigido das paisagens agrícolas mais rapidez nos processos de transformações da natureza em mercadorias.

O processo de exploração das potencialidades naturais pode ser visualizado como um bom exemplo da degradação geocológica, no qual o explorador, por meio de suas atividades transformando as potencialidades naturais em recursos, impõe uma nova dinâmica funcional, as paisagens exploradas e conseqüentemente o processo de funcionamento é condicionado a uma nova dinâmica funcional da paisagem.

O processo de apropriação social da natureza, por meio da exploração das potencialidades naturais impõe ao ambiente a intensificação do seu estado de entropia, uma vez que nesse ambiente são introduzidos vários elementos até então alheios aquela paisagem. Durante esse processo ocorre a degradação geocológica e perda de atributos importantes para a produção, reprodução e funcionamento da paisagem.

Mateo et al. (2007) ressalta que os processos degradantes são consequência da pressão sobre os sistemas naturais, constituindo-se um produto direto resultante da ação antrópica, entendido como problemas ambientais por desarticular a estrutura de funcionamento dos sistemas naturais, resultando na dificuldade do cumprimento das funções socioeconômicas das paisagens.

⁸ **Tradução nossa:** “As paisagens agrícola são dimensões dos sistemas agrícolas que expressam visualmente muitos dos resultados das interações de uma multiplicidade de fatores, sociais, ecoeconômico, histórico e ambiental, etc. Tomados em conjunto muitos fatores se inter-relacionam para produzir todas as características das paisagens agrícolas. As paisagens agrícolas agora são submetidas a aumentar rapidamente taxas de transformação, com resultados tanto positivos como negativos.”

No processo de transformação antropogênica das paisagens, é usual distinguir duas tendências quanto à modificação da estrutura paisagística e as mudanças dos parâmetros da geodiversidade⁹:

A primeira tendência é a homogeneização das paisagens, que é determinada pela imposição de um mesmo tipo e grau de utilização e de estilos tecnológicos em paisagens diferentes. Ela conduz a simplificação da estrutura paisagística e a redução da geodiversidade. Esta tendência é caracterizada nos grandes cultivos (monoculturas) e nos processos de “modernização tecnológica” no uso dos recursos naturais, um exemplo no caso da presente pesquisa seria a mecanização agrícola.

As paisagens homogêneas podem resultar dos espaços rurais que segundo Bertrand & Bertrand (2007), é um aspecto particular, uma superfície de contato e de instabilidade, é ao mesmo tempo uma realidade ecológica e uma criação humana de modo indissociável.

A segunda tendência é a heterogeneização das paisagens, determinada pela imposição de diferentes tipos e graus de utilização e de estilos tecnológicos em um mesmo tipo de paisagem. Ela conduz uma maior complexidade da estrutura paisagística e o incremento da diversidade. Esta tendência é caracterizada para a divisão das paisagens em pequenas propriedades e minilatifúndios.

Mateo *et al.*(2007) interpretou a paisagem em diferentes aspectos:

“Paisagem como aspecto externo de uma área ou território”: considerando-se a paisagem como uma imagem que representa uma ou outra qualidade e que se associa à interpretação estética, resultando de percepções diversas. Nesse aspecto a paisagem se assemelha a concepção de configuração territorial que Santos (1997) entende por paisagem:

“A palavra paisagem é frequentemente utilizada em vez da expressão configuração territorial. Esta é o conjunto de elementos naturais e artificiais que fisicamente caracterizam uma área. A rigor, a paisagem é apenas a porção da configuração territorial que é possível abarcar com a visão. Assim, quando se fala em paisagem, há, também, referência à

⁹ Geodiversidade é entendida na análise da paisagem como a variedade das paisagens em um determinado território.

configuração territorial e, em muitos idiomas, o uso das duas expressões é indiferente.” (SANTOS, 1997, p.67).

Entender a paisagem apenas como configuração territorial, impõe ao seu conceito negar que ela esteja diretamente associada aos resultados das interações espaciais. E concebê-la como “... a porção territorial que é possível abarcar com a visão” seria desconsiderar a paisagem como resultado das inter-relações do passado e presente, pois a paisagem é uma construção histórica e sua configuração atual só é possível devido à fatores nem sempre visíveis.

“Paisagem como formação natural”: formulada pela inter-relação de componentes e elementos naturais, as dinâmicas que resultariam na paisagem natural, seriam oriundas apenas das próprias forças da natureza.

“Paisagem como formação antroponatural”: consistindo num sistema territorial composto por elementos naturais e antropotecnogênicos condicionados socialmente, que modificam ou transformam as propriedades das paisagens naturais originais.

É considerada ainda a formação de paisagens antroponaturais e antrópicas, e que se conhece também como paisagens atuais ou contemporâneas, essas paisagens são resultado direto da apropriação social da natureza, no qual a paisagem apresenta apenas pequenos vestígios da sua configuração original.

A paisagem é definida como um conjunto inter-relacionado de formações naturais e antrópicas, que pode ser considerada um sistema que contém e reproduz recursos, meio de vida e da atividade humana.

Assim:

“(...) as paisagens são formações complexas caracterizada pela estrutura e heterogeneidade na composição dos elementos que a integram, pelas múltiplas relações, tanto internas como externas, pela variação dos estados e pela diversidade hierárquica, tipológica e individual”. (MATEO et al. 2007).

“Paisagem como sistema econômico-social”: concebida como a área onde vive a sociedade humana, caracterizando o ambiente de relações espaciais que tem uma importância existencial para sociedade, composto por uma determinada capacidade funcional para o desenvolvimento das atividades econômicas.

Aqui a paisagem se assemelha com conceito de espaço geográfico, por tratá-la como uma área onde acontecem relações e, não a trata como as formas e cenários diversos que resultam das relações e entre sociedade e natureza ao longo do tempo.

“Paisagem cultural”: a concepção de paisagem cultural sustenta-se na idéia de que a paisagem é resultado da ação da cultura ao longo do tempo, modelando-se por um grupo cultural, a partir da paisagem natural.

Para Sauer (1925 *apud* Mateo et al. 2007) a cultura é um agente, a paisagem natural é o meio e, a paisagem cultural é o resultado que se constitui da intersecção entre sistemas naturais e sociais.

1.3- ABORDAGENS PARA A ANÁLISE DA PAISAGEM

Segundo Moss (2000) os estudos sobre ecologia da paisagem é visto como uma potencial fonte para alguns fundamentos teóricos para questões críticas da gestão de recursos naturais.

Para Troll (1982) ao se analisar a estrutura interna da paisagem, se compreende o caráter de conjunto e de totalidade, não apenas de um elemento da paisagem, mas sim do contexto no qual esse elemento está inserido.

Os estudos ligados à paisagem possibilitam o entendimento das relações recíprocas resultantes entre sociedade e natureza, onde cada elemento envolvido nessa inter-relação desempenha um papel significativo no todo, e o todo por sua vez reflete essas influências nas suas variáveis.

Assim, Bolós (1987) considerou que:

“Para poder ofrecer análisis útiles a los poderes de decisión (...)se ha tenido que recurrir a los estudios de paisaje integrado, en donde los múltiples componentes del medio (topografía, roca, clima, vegetación, etc.), no quedan convertidos en simples inventarios o en elementos de una naturaleza totalmente desintegrada e incomprensible, sino como un conjunto o sistema que funciona en bloque donde es posible captar el papel y la importancia que en él pueden causar los impactos procedentes de un determinado proyecto y por consiguiente tomar decisiones en contra o a favor.” (BOLÓS¹⁰, 1987, p.17).

¹⁰ **Tradução nossa:** "Para poder fornecer uma análise útil para os poderes de decisão (...) tem que se recorrer aos estudos integrados da paisagem, onde múltiplos componentes do meio (topografia, rochas, clima, vegetação, etc), não são convertidos em simples inventário ou em elementos de uma natureza totalmente desintegrada e incomprensível, mas, como um conjunto

A autora destaca a importância dos estudos da paisagem de maneira integrada, observando que a fragmentação na análise não alcança resultados significativos, do ponto de vista do entendimento da dinâmica sócio-ambiental.

Necessita-se ainda abordar a relação da estrutura natural da paisagem com as diversidades de uso associadas aos diferentes tipos e graus de utilização, são procedimentos elementares na análise da paisagem, esta análise deve resultar em estimativas que devem relacionar-se com a análise funcional e a evolutiva da paisagem.

As melhores condições do ordenamento espacial da paisagem resultam da procura de proporção adequada das áreas, para os tipos e intensidade de usos, que dependem das características da estrutura e dos indicadores da paisagem.

Nesses termos, a análise da paisagem pode ser interpretada como as conexões e inter-relações recorrentes das relações estabelecidas entre sociedade natureza.

Na análise da paisagem de forma integrada, remete-se a abordagem metodológica da Ecodinâmica (Tricart, 1977), cuja proposta norteou diversas propostas de abordagem da paisagem que visasse compreender as relações das variáveis da paisagem objetivando definir as unidades morfodinâmicas em Meios Estáveis, Meios Intermediários ou Intergrades e Meios Fortemente Instáveis.

A ecodinâmica enfatiza as relações recíprocas entre os múltiplos elementos da paisagem do ponto de vista da dinâmica e dos fluxos de energia e matéria no meio ambiente.

Vitte (2007) considerou que a categoria paisagem permite-nos refletir de um lado, sobre as bases de fundamentação do conhecimento geográfico como projeto da modernidade, mas, inserindo-se no debate sobre a complexidade da abordagem integrada entre a natureza e a cultura nas ciências sociais.

ou sistema que funciona como todo, onde é possível compreender o papel e a importância que isso pode causar nos impactos precedentes de um determinado projeto e, portanto, tomar decisões a favor ou contra.”

Assim para Vitte (2007):

“a paisagem emerge na análise geográfica carregada de simbolismo, sendo responsável pela constituição do imaginário social que atua na condução da ação dos atores sociais, ao mesmo tempo em que mediatiza a representação do território por estes mesmos atores. Neste sentido, a paisagem como categoria social é construída pelo imaginário coletivo, historicamente determinado, que lhe atribui uma determinada função social”. (VITTE, 2007, p.71)

A compreensão da paisagem deve superar a simples concepção de estudos dos elementos, incorporando na organização sistêmica da paisagem e a análise dialética, que reestruturará essa organização por meio dos movimentos de contradições das sociedades na natureza (MATEO, et al. 2007).

Assim, para Mateo, (et al. 2007) a concepção científica de Geoecologia da Paisagem tem como propósito a obtenção de um conhecimento sobre o meio natural, com os quais pode-se estabelecer um diagnóstico funcional.

A avaliação do potencial dos recursos naturais, ressaltada como base de um diagnóstico ambiental, permite a formulação de estratégias e de táticas de otimização do uso e manejo mais adequado da função e da operação, no tempo e no espaço, de cada uma das unidades paisagísticas (Mateo et al. 2007).

Desse modo, a caracterização dos aspectos físicos da paisagem tem por objetivo estabelecer diretrizes que permita uma utilização dos recursos naturais numa perspectiva de longo prazo, de maneira que não ocorra a degradação deste ambiente.

O conhecimento das bases naturais obtidas por meio da análise da paisagem serve de subsídios para a formulação de diagnóstico funcional, que permitirá o uso mais adequado dos recursos, bem como, o maior aproveitamento numa perspectiva de tempo e espaço.

Mateo *et al.* (2007) considerou que a análise da paisagem é o conjunto de métodos e procedimentos técnicos-analíticos que permitem conhecer e explicar a estrutura da paisagem, estudar suas propriedades, índices e parâmetros sobre a dinâmica, a história do desenvolvimento, os estados, os processos de formação e transformação da paisagem e a pesquisa das paisagens naturais, como sistemas manejáveis e administráveis.

Os autores ainda ressaltam que a análise da paisagem a partir de sua estrutura espacial, compõe o modo como ocorre o ordenamento espacial sendo o espaço conceituado como reflexo das ações da sociedade resultando nas formas produzidas na paisagem. O conhecimento da estrutura espacial objetiva os interesses práticos e por sua vez a avaliação quantitativa do grau de complexidade da paisagem.

Segundo Lang e Blaschke (2009) o conceito de estrutura da paisagem é definido por:

“(...) trata-se de um mosaico da paisagem que aparece como padrão e o ordenamento espacial específico das unidades de paisagem numa determinada seção de pesquisa. Trabalha com as feições observáveis e mensuráveis na paisagem e caracteriza as suas condições, seu desenvolvimento e sua mudança temporal.” (LANG e BLASCHKE, 2009, p. 104).

Lang e Blaschke (2009) consideram ainda, que os processos e estruturas das paisagens relacionam-se num jogo alternado de causa e efeito, resultando assim em padrões e estruturas da paisagem, que simultaneamente recebem influências e são conduzidos pelas estruturas espaciais dominantes.

Um papel significativo na composição da estrutura paisagística é a noção de dominância espacial da paisagem, concebida como o predomínio de um determinado tipo de paisagem na estrutura espacial (MATEO *et al.*, 2007).

A estrutura da paisagem por meio dos procedimentos metodológicos e científicos busca determinar a diversidade geocológica, portanto, é impossível separar as características de estrutura e geodiversidade da paisagem.

Conforme Lang e Blaschke (2009) o desenvolvimento do conceito de estrutura da paisagem apoia-se em ferramentas como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), com objetivo de avaliar analiticamente a estrutura da paisagem por meio do processamento, descrição e análise de dados espaciais.

Esse conjunto de métodos é designado como medidas da estrutura da paisagem, considerado o principal elemento metodológico da estrutura da paisagem (LANG e BLASCHKE, 2009).

Quando se modifica a estrutura da paisagem, cria-se uma variação, este processo se conhece como transformação antropogênica da paisagem e seu resultado é a formação da paisagem antrópica.

Desse modo o desenvolvimento dos SIG's, busca estruturar os sistemas ambientais em Planos de Informações (PI's), direcionados a garantir as informações necessárias para a utilização racional e proteção dos recursos naturais e do meio ambiente.

Para Mateo *et al.* (2007) estes sistemas são desenvolvidos a partir de complexos meios técnicos, linguagens computacionais e algoritmos que incluem base de dados e de conhecimento sobre os aspectos territoriais da interação natureza/sociedade. Desenvolve-se desse modo, com o propósito de reconhecer, conservar, transformar e apresentar a informação geográfica.

O objetivo fundamental dos SIG's é a representação territorial, espacial e regional de uma informação, a qual é alcançada graças à utilização dos materiais cartográficos como fonte de informação dos trabalhos.

Dessa forma, uma exigência básica na elaboração dos informativos dos SIG's é a conjunção (unificação) territorial dos dados e informações, utilizando-se como fundamento metodológico geral o enfoque sistêmico, tanto para a obtenção da informação, como para a interpretação de seu conteúdo.

Os SIG's apontam por outro viés da análise da paisagem, que pode dar-se pela análise de sistemas, no qual os atributos sistêmicos da paisagem assumem uma relação dialética com seus atributos, do ponto de vista da dinâmica temporal e evolução, assim as transformações na estrutura refletirão nos atributos funcionais, dinâmicos e evolutivos da paisagem.

A função geocológica, pode assim definir que o objetivo de um sistema, seria de garantir a estrutura e funcionamento, tanto do próprio sistema, como do sistema superior ao qual pertence (MATEO, et al. 2007).

Desse modo é possível correlacionar e definir os fluxos de matéria, energia e informação pelos tipos de fluxos na paisagem, apresentando assim um significado importante na formação dos complexos funcionais e dinâmica

funcional¹¹, que constituem os acessos preferenciais de trocas e transmissão de energia, substâncias e informações na paisagem.

Para Miranda Vera (1997 *apud* Mateo *et al.* 2007) existem duas distintas interpretações da concepção sistêmica, a primeira é visão metafísica que interpreta o sistema de forma mecanicista e, a segunda seria a visão dialética, que permite compreender qualquer objeto (como totalidade) desde uma posição integrativa e sistematizadora.

O sistema na concepção dialética vai além da simples junção ou soma de seus componentes, é caracterizado como um tipo de totalidade complexa e integral. Assim a totalidade é concebida como uma articulação e interconexão de elementos contraditórios, assemelhando-se a perspectiva de análise integrada da paisagem.

A visão sistêmica estabelece uma relação contraditória e dialética entre sociedade e natureza, compondo uma relação complexa com caráter contraditório, que condiciona o processo de movimento e desenvolvimento da totalidade.

“Existem diversas formas de movimentos da matéria, que direcionam-se pelo movimento social. A relação sociedade natureza tem caráter material. As formas de organização são inerentes formas de relações concretas de movimento da matéria que transitam de níveis de organização de menor à maior complexidade”. (Miranda Vera 1997 *apud* Mateo *et al.* 2007, p.45).

A autora considera que a abordagem na concepção dialética dever ser vista como “processo objetivo” que está ligado às tendências de alteração dos processos naturais, através do qual o ambiente configura-se como totalidade em desenvolvimento, resultado do desenvolvimento social e, produto do desenvolvimento histórico do mundo material.

A visão metafísica da concepção sistêmica trata a dimensão temporal como ahistórica da realidade, por estabelecer recorte temporal estático, para a análise de fenômenos e variáveis, que são produtos das construções históricas ao longo do tempo.

¹¹ Conjunto de processos que garantem o funcionamento da paisagem, sustentada por mecanismo e balanços de fluxo de EMI.

Em contraposição a essa idéia a visão dialética trata a dimensão temporal como histórica e concreta sendo a expressão material da existência humana condicionada historicamente a partir da organização material que surge nas manifestações oriundas das relações entre sociedade e natureza.

Para Mateo et al. (2007) a partir da visão sistêmica, concebe-se a paisagem como um sistema integrado, no qual cada componente isolado não possui propriedades integradoras, isso ocorre apenas quando a paisagem é estudada como um sistema total.

A paisagem mantém uma relação de subsistência com os elementos, sendo vista como as partes e o todo ao mesmo tempo. As relações e conexões que manifestam-se muitas vezes de forma dialética são consideradas como principal fator para o estabelecimento da paisagem, a partir de uma compreensão da paisagem como estrutura (aqui como espaço físico) e função (como sistema de recursos naturais), quando se estabelece a apropriação da natureza pela sociedade.

Assim Mateo et al.(2007), destaca os principais aspectos a serem abordados para análise da paisagem:

- Enfatizar o conhecimento dos fatores que formam e transformam as paisagens, que inclui a utilização dos enfoques estrutural, funcional e histórico genético.

Busca-se entender os fatores que modificam a paisagem, observando-se sua estrutura e funcionalidade considerando os processos históricos que a compõe.

- Avaliação do potencial das paisagens e tipologia funcional inclui a estimativa do papel dos fatores antropogênicos através dos tipos de utilização da Natureza, dos impactos geocológicos das atividades humanas, das funções e cargas econômicas.

Destaca-se como principal transformador da paisagem a atuação antrópica, que se manifesta de diversas maneiras no processo de apropriação da natureza, como uso da terra, exploração mineral, industrialização e outros.

- Análise de planificação e proteção das paisagens, que inclui a tecnologia de utilização das paisagens e a análise de alternativas tendo por base a prognose.

As diretrizes para ordenamento ambiental devem estar associadas à tecnologias que objetivem a proteção de áreas vulneráveis e de uso adequado dos recursos.

- Organização estrutural-funcional direcionada à otimização das paisagens.

Nesse item objetiva-se uma organização, para o processo de apropriação da natureza, de modo que os recursos sejam melhores aproveitados sem causar impactos significativos à natureza.

- Perícia ecogeográfica e o monitoramento.

A análise da paisagem deve abordar as variáveis ecogeográficas, do ponto de vista da análise multitemporal, proporcionando assim, a visualização das transformações na paisagem ao longo dos anos.

Num contexto geral, análise da paisagem aborda a sociedade e a natureza, considerando-as como um todo integral no trabalho e na organização social. E as trocas de matéria, energia e informação realizadas principalmente mediante a atividade produtiva. Esta é a condição necessária para a existência da sociedade.

Assim, o significado dos estudos da paisagem é a organização no processo de apropriação da natureza, de modo que os recursos sejam melhores aproveitados, sem degradar os ambientes, levando-os a processos irreversíveis.

Mateo *et al.* (2007) considerou que as paisagens degradadas são aquelas que exigem prolongados períodos de recuperação, uma vez que as paisagens esgotadas são aquelas cuja recuperação, por via natural, é praticamente irreversível.

O aspecto antropogênico na análise da paisagem deve estar combinado com uma visão histórica, para esclarecer o complexo caráter das atividades humanas sobre esta paisagem.

1.4- COMPLEXIDADE DAS PAISAGENS: uma perspectiva para compreensão dos processos da natureza.

Conforme Capra (1997) a “ciência da complexidade” surge apoiada na formulação da termodinâmica, no qual seu primeiro grande feito, foi a descoberta de uma das leis fundamentais da física, que seria a lei de conservação de energia.

“Diz essa lei que a energia total envolvida num processo é sempre conservada. Pode mudar de forma do modo mais complicado, mas nenhuma porção dela se perde. Os físicos descobriram essa lei em seu estudo das máquinas a vapor e outras máquinas geradoras de calor, e é também conhecida como a primeira lei da termodinâmica.” (CAPRA, 1997, p.67).

O pensamento complexo nas ciências ambientais surge como um questionamento, e uma proposta para o projeto da ciência moderna, que implica no reconhecimento do mundo a partir das leis limites da natureza, da cultura. Busca construir-se num processo de intercâmbio de saberes, na hibridização da ciência, da tecnologia e dos saberes populares (LEFF, 2002).

Necessita-se então, abordar a complexidade como um conceito recorrente na discussão da relação sociedade e natureza, que segundo Edgard Morin (2008), a complexidade foi tratada muitas vezes, como mal-entendidos fundamentais, por concebê-la como receita, como resposta, em vez de considerá-la como desafio e como motivação para pensar.

O autor ainda considera a complexidade como uma antítese à simplificação, mas, a concebe como o inimigo da ordem e da clareza, em que busca prestar contas das articulações despedaçadas pelos cortes entre disciplinas.

Por complexo é entendido a dinâmica de interações dos processos cuja previsibilidade é impossível, complexo não é sinônimo de complicado ou de simplicidade, mas, de dinâmicas que buscam compreender a totalidade como reconhecimento do desconhecido, e quanto mais variáveis e inter-relações estão envolvidas em um determinado processo, mais complexo ele será.

A complexidade, então, assume o papel de superação, da *priori* que se estabelece a partir da fragmentação, propondo a articulação das disciplinas, categorias e conhecimentos, visando o conhecimento multidimensional.

Segundo Camargo (2008) a complexidade remete-se obrigatoriamente à compreensão das inter-relações entre todos esses fatores, tornando difícil separar as suas influências sobre um espaço definido e, assim dispensando as análises causais lineares.

Segundo Morin (2008) sob o prisma da complexidade uma sociedade é produzida pelas interações entre indivíduos, e essas interações produzem um todo organizador que retroage sobre os indivíduos para co-produzi-los enquanto indivíduos humanos, assim as noções de produto e de produtor passam a ser noções ainda mais complexas que repercutem uma na outra. Considera-se também como um produto conceitual e lógico que confunde as demarcações e as fronteiras bem nítidas dos conceitos como “produtor” e “produto”, “causa” e “efeito”, “um” e “múltiplo”.

Desse modo, parte-se para a abordagem da complexidade na perspectiva ambiental, que surge no campo das ciências ambientais como uma proposta por se construir, na qual o ambiente é objetividade e subjetividade, exterioridade e internalidade, que não se ajusta a um conhecimento objetivo, a um método sistêmico e a um saber totalitário (LEFF, 2001).

Para Morin (2008) ao pensamento complexo comporta em seu interior um princípio de incompletude e de incertezas, de modo que a complexidade surge como dificuldade, como incerteza e não como clareza e como resposta.

Assim:

... concebemos a complexidade como o inimigo da ordem e da clareza e, nessas condições, a complexidade aparece como uma procura viciosa da obscuridade. Ora, repito, o problema da complexidade é, antes de tudo, o esforço para conceber um incontornável desafio que o real lança a nossa mente. (MORIN, 2008, p.176).

Conforme Prigogine (1996) tanto a dinâmica clássica quanto na física quântica, as leis fundamentais exprimem agora possibilidades e não mais certezas. Não há apenas leis, mas eventos que ocorrem ao acaso que não são

dedutíveis às leis, e conforme as interações complexas ocorrem, são possíveis visualizar novas possibilidades.

As leis axiomáticas que anteriormente regiam as ciências, buscando prever o futuro da natureza, são questionadas pela complexidade das relações que se acentuam com o aumento da intensidade e das novas variáveis introduzidas nas interações pelo homem.

Assistimos ao surgimento de uma ciência que não mais se limita a situações simplificadas, idealizadas, mas nos põe diante da complexidade do mundo real, uma ciência que permite que se viva a criatividade humana como expressão singular de um traço fundamental comum a todos os níveis da natureza. (PRIGOGINE, 1996, p.14).

Para se entender o “pensar” complexo, é necessário conceber os processos que originam essa complexidade, e na natureza existem os processos irreversíveis, que são uma regra, e os processos reversíveis, uma exceção.

Os processos irreversíveis são caracterizados pela quebra da simetria temporal, no qual uma substância ou dinâmica deixa de ter sua característica original, impossibilitado pela quebra de simetria temporal. Os processos reversíveis são descritos pela evolução invariante em relação à inversão dos tempos, mantendo-se a simetria temporal e linear (PRIGOGINE, 1996).

Prigogine (1996) considerou que a principal distinção entre os processos reversíveis e irreversíveis é a entropia, por que nos processos reversíveis a entropia se mantém constante, enquanto que nos processos irreversíveis, comuns na natureza, são responsáveis pelo aumento da entropia.

Prigogine (1996) baseando-se em Clausius (1865) recorda os dois princípios da termodinâmica: “*A energia do universo é constante. A entropia do universo cresce na direção de um máximo*”. Da mesma maneira pode-se entender a natureza com sua energia constante, cuja entropia apresenta tendências para o máximo.

Conforme Capra (1997) a entropia surge com Rudolf Clausius apoiada na segunda lei da termodinâmica, definida como lei de dissipação de energia, formulada inicialmente por Sadi Carnot.

Esta segunda lei da termodinâmica foi formulada pela primeira vez Sadi Carnot, em termos da tecnologia das máquinas térmicas, mas não tardou a ser reconhecido que envolvia um significado muito mais amplo. Ela introduziu na física a idéia de processos irreversíveis, de uma “flecha do tempo”. De acordo com a segunda lei, há uma tendência nos fenômenos físicos. A energia mecânica dissipa-se em calor e não pode ser completamente recuperada; quando se junta água quente e fria, resulta a água morna, e os dois líquidos não se separam. (CAPRA, 1997, p. 67).

Conforme a segunda lei da termodinâmica os processos avançam num sentido da ordem para desordem, no qual qualquer sistema avançará na direção da desordem sempre crescente (CAPRA, 1997).

Desse modo, a entropia era considerada uma evolução acompanhada de crescente desordem, assim a entropia era sinônimo da medida de desordem. Esses pressupostos foram questionados posteriormente por se atribuir uma idéia adicional a essa situação, que seria o conceito de probabilidade.

Para Morin (2001) na perspectiva da termodinâmica, entropia¹² pode ser entendida como:

Mientras que todas las demás formas de energía pueden transformarse íntegramente una en otra, la energía que toma forma calorífica no puede reconvertirse enteramente, y pierde por tanto una parte de su aptitud para efectuar. Ahora bien, toda transformación, todo trabajo, libera calor y por tanto contribuye a esta degradación. Esta disminución irreversible de la aptitud para transformarse y efectuar un trabajo, propia del calor, ha sido designada por Clausius con el nombre de *entropía*. (MORIN, 2001, p.51).

Essa perspectiva permite pensar a natureza com tendências à entropia, subordinando-se à produção que aparece como um processo irreversível de degradação entrópica, ocorrendo a transformação de baixa em alta entropia (LEFF, 2006).

O autor considerou ainda que os níveis de entropia na natureza são resultados da crise ambiental, caracterizada pelo colapso do projeto da racionalidade científica em que o mundo parece flutuar nas incertezas. Assim, quando as leis e normas fundadas na natureza e na ética são vencidas, nesse processo emerge a entropia como uma lei-limite da racionalidade econômica.

¹² **Tradução nossa:** “Enquanto todas as outras formas de energia podem transformar-se integralmente umas nas outras, a energia que toma a forma de calor não pode reverter-se inteiramente, e perde assim uma parte da sua aptidão para transformar-se e para efetuar um trabalho, própria do calor, foi designada por Clausius por entropia.”

Leff (2006) apoiado nas leis da termodinâmica trata da entropia numa perspectiva da racionalidade econômica:

“A lei da entropia é filha da racionalidade econômica e tecnológica, do imperativo de se maximizar a produtividade e minimizar a perda de energia. Em sua procura de ordem, controle e eficiência, essa racionalidade desencadeou as sinergias negativas que haveriam de levar à degradação da natureza.” (LEFF, 2006, p. 175).

A partir da conceituação de entropia, é válido pensar a paisagem em seu estágio natural associado à Baixa Entropia, inversamente, á medida que são introduzidas as influências humanas, as paisagens tornam-se fortemente antropizadas e pode ser considerada a intensificação da entropia observando uma situação com Alta Entropia, conforme apresenta a figura 9. O aumento da degradação entrópica na natureza pode se relacionar diretamente ao grau de alterações humanas na natureza.

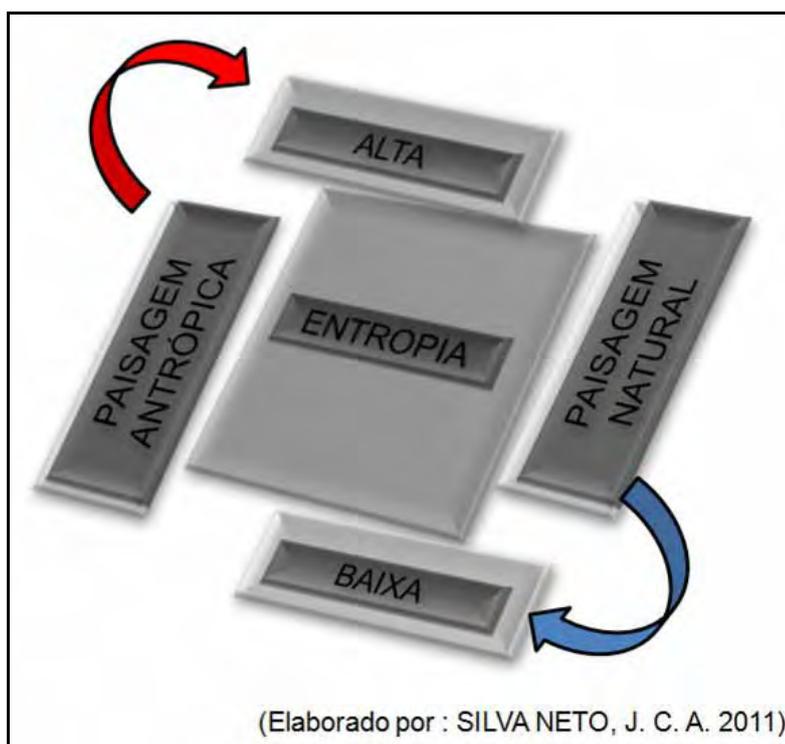


Figura 9: Esquema da relação entre entropia e paisagem.

Em oposição à idéia de entropia como medida de desordem, Prigogine (1996) associa a entropia aos processos irreversíveis comuns na natureza e a ordem e a desordem dos sistemas:

A entropia produzida pelo fluxo de calor, que é um fenômeno irreversível, destrói a homogeneidade da mistura. Trata-se, pois, de um processo gerador de ordem, um processo que seria impossível sem o fluxo de

calor. A irreversibilidade leva ao mesmo tempo à desordem e a ordem. (PRIGOGINE, 1996, p. 29).

Para Prigogine (1996) idealizar um mundo estável e associar a irreversibilidade apenas ao aumento da desordem, é um erro recorrente da ciência tradicionalista, do mesmo modo seria um erro não considerar o não-equilíbrio como uma fonte de ordem.

Para Morin (2001) entropia está mais ligada à ordem do que a desordem, por que a primeira pode ser associada à homogeneização e ao equilíbrio dos sistemas. A entropia é um princípio que consiste na perda de calor do sistema, e a desordem por sua vez remete-se à energia própria dos movimentos desordenados das moléculas no seio deste sistema, e todo o aumento de calor corresponde a um aumento da agitação e a uma aceleração destes movimentos, desse modo, a desordem é associada à baixa entropia desse sistema.

É necessário considerar que a irreversibilidade não é um processo exclusivo da intervenção humana na natureza, mas à própria formulação da dinâmica estendida aos sistemas dinâmicos instáveis (PRIGOGINE, 2002a).

Se pensarmos como uma gota de água escorre pelo solo, ou como uma folha cai de uma planta e se decompõe, pode-se visualizar como esses processos da natureza apresentam irreversibilidade, por não retornar ao seu estado anterior, por que a água que escoar não retornará a montante, as folhas que tocam o chão não retornarão aos galhos das plantas, pelo menos não, nas condições originais anteriores, pois esses processos desencadearam outros processos.

Os processos irreversíveis são responsáveis por realizar na natureza suas estruturas mais complexas e delicadas, assim, esses processos são responsáveis também pela construção da natureza (PRIGOGINE, 1996).

Prigogine (2002a) considerou:

(...) a irreversibilidade torna-se um elemento essencial para a nossa descrição do universo, portanto devemos encontrar a sua expressão nas leis fundamentais da dinâmica. A condição essencial é que a descrição microscópica do universo seja feita por meio de sistemas dinâmicos instáveis. Eis aí uma mudança radical do ponto de vista: para a visão clássica, os sistemas estáveis eram a regra, e os sistemas instáveis, exceções, ao passo que hoje invertemos essa perspectiva. (PRIGOGINE, 2002a, p. 79-80).

Segundo Prigogine (2002a) é necessário considerar os sistemas instáveis como uma regra, bem como os processos irreversíveis na natureza, outro fator importante, consiste em não associar a entropia apenas ao aumento de desordem, mas as situações de não-equilíbrio podem levar à ordem e as estruturas “auto-organizadoras”.

Para Prigogine (2002a) considerar apenas as descrições fundamentais das leis de dinâmicas estáveis, tornaria impossível a entropia, e qualquer possibilidade de se falar das estruturas biológicas, portanto, nesse universo o homem estaria excluído.

No entanto, em oposição à isso, as leis de dinâmicas instáveis tem duas funções fundamentais, a primeira seria a unificação das descrições microscópicas e macroscópicas da natureza, que seria uma espécie de totalidade no qual as partes e o todo seria uma unidade, a segunda seria uma teoria baseada na probabilidade, que nos leva à repensar o que chamávamos de “leis da natureza”. Assim, os sistemas instáveis se tornam probabilidade, exprimindo o que é possível, e não o que é “certo”. (PRIGOGINE, 2002a).

A irreversibilidade é retomada para tratar da possibilidade do surgimento simultâneo da ordem e da desordem, que deve ser discutido no âmbito das interações do homem com a natureza, abordando ainda os sistemas de dinâmicas instáveis e estáveis.

1.5-- VULNERABILIDADE DAS PAISAGENS

Entende-se por vulnerabilidade das paisagens a conjuntura que uma determinada área possa estar sujeita e, que atrelada à falta de condições específicas para se manter estável, pode alterar as qualidades iniciais dos atributos da paisagem.

Segundo IBGE (2006) a vulnerabilidade ambiental é definida como:

Conjunto de fatores ambientais da mesma natureza que, diante de atividades ocorrentes ou que venham a se manifestar, poderá sofrer adversidades e afetar, de forma vital ou total ou parcial, a estabilidade ecológica da região em que ocorre. (IBGE, 2006, p. 87.)

Vulnerabilidade pode ser definida ainda pela ausência de condições que sustentam a integridade da estrutura e dinâmica de uma determinada paisagem,

resultando em mudanças e transformações representativas no contexto da totalidade. Vulnerabilidade pode significar estar suscetível à transformação de um estado inicial a um estado atual transfigurado pela ação antrópica.

Por exemplo, as áreas vulneráveis à inundação, são áreas que apresentam elementos físicos, que associados aos elementos antrópicos, desencadeiam alguns episódios que levam às situações de inundação. Nesse caso, as condições seriam as áreas de várzea, fundo de vale, ocupação inadequada, lixo, galerias pluviais danificadas, entre outros.

Assim, a ausência das condições estaria associada ao número expressivo de variáveis, que implicaria em abordá-las de acordo com os interesses das situações.

Tagliani (2003) considerou que a vulnerabilidade ambiental significa a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer, avaliada segundo vários critérios ou variáveis.

Andersen e Gosk (1987 *apud* Melo, 2011) definiram vulnerabilidade ambiental como qualquer conjunto de fatores ambientais de mesma natureza que, na presença de atividades atuais ou futuras, poderão sofrer adversidades e comprometer, de forma completa ou parcial, o equilíbrio ecológico da região em análise.

As duas definições tratam a vulnerabilidade numa perspectiva abrangente, na qual o termo ambiental assume uma conotação genérica, como se tudo o que diz respeito à natureza é tratado como ambiental. Reforça-se destacar que os estudos de vulnerabilidade devem delimitar seu objeto de estudo, buscando esclarecer exatamente à que um determinado objeto ou sujeito é vulnerável.

Nápoles (2008) traz uma definição interessante para vulnerabilidade ao tratá-la sob uma perspectiva social, abordando outros dois conceitos, robustez e resiliência.

O primeiro significa que as propriedades estruturais e outras de um sistema lhe permitem tratar dos distúrbios, sem que os mesmos provoquem mudanças duráveis em sua estrutura e dinâmica.

O segundo conceito seria a capacidade de um sistema absorver e utilizar, ou ainda beneficiar-se das perturbações e mudanças que o arranjam de tal modo, que não provocam mudanças qualitativas na estrutura do sistema.

Assim, Nápoles (2008) considerou:

“Para comprender el significado de la vulnerabilidad se precisa de esos dos conceptos, la diferencia entre éstos, por lo tanto, parece encontrarse en el sentido que los cambios (no estructurales) en las dinámicas pueden ser introducidos en un sistema bajo el impacto de cambios en las circunstancias externas. La “vulnerabilidad” se refiere a la instancia donde ni la robustez ni la resiliência permiten a un sistema sobrevivir sin cambios estructurales. En tales casos, o bien el sistema se adapta estructuralmente o se dirige al caos.” (NÁPOLES¹³, 2008, p.142).

Desse modo, a vulnerabilidade indica dois caminhos distintos para um determinado sistema: a adaptação da sua estrutura conforme as mudanças estabelecidas, ou o direcionamento para a degradação do sistema.

Estabelecer o que diz respeito à vulnerabilidade, permite considerar que cada variável contribui de alguma maneira para o grau de vulnerabilidade, por exemplo, a vulnerabilidade das paisagens à perda de solos, proposta por Crepani (2001) para identificar por meio de variáveis da paisagem, os graus de vulnerabilidade à perda dos solos, na qual são abordadas variáveis que estão diretamente ligadas aos processos de perda de solos, atribuindo assim valores para cada variável, de acordo com suas vulnerabilidades.

Crepani (2001) considerou que os tipos de atividade antrópica desenvolvida sobre uma determinada unidade de paisagem podem representar sua destruição devido a sua pequena capacidade de absorver os estímulos advindos desta atividade econômica. Assim considera-se que a vulnerabilidade das paisagens à perda solos, além dos condicionantes naturais, como tipos de solos, relevo, clima, geologia, é fortemente influenciada pela atuação antrópica.

¹³**Tradução nossa:** “Para compreender o significado de vulnerabilidade necessita-se destes dois conceitos, a diferença entre eles, portanto, parece ser no sentido de que as mudanças (não estruturais) na dinâmica podem ser introduzidas em um sistema sob o impacto de mudanças nas circunstâncias externas. A “vulnerabilidade” refere-se à instância onde nem a robustez nem a capacidade de resistência permitem a um sistema sobreviver sem mudanças estruturais. Em tais casos, ou bem, o sistema adapta-se estruturalmente, ou dirige-se para o caos.”

Nesses termos, é necessário diferenciar a vulnerabilidade da paisagem em duas tipologias distintas, a primeira seria a vulnerabilidade natural, definida como a ausência natural de qualidades que uma paisagem teria para sustentar sua estrutura e dinâmica, resultando na adaptação a uma nova estrutura e dinâmica, ou na degradação da paisagem.

Um bom exemplo para esse caso seria nas paisagens que apresentam relevo fortemente dissecado, solos suscetíveis à erosão, rochas pouco resistentes e forte intensidade pluviométrica na área.

A segunda tipologia seria a vulnerabilidade antrópica, definida como a paisagem que torna-se vulnerável de acordo com a intensificação da atuação antrópica em áreas que apresentam alguma sensibilidade para que sua dinâmica e estrutura sejam alteradas. Por exemplo, as áreas de desmatamento que alteram as dinâmicas de escoamento superficial, intensificando os processos erosivos, levando à perda significativa de solos.

1.6- PAISAGENS ESTÁVEIS E PAISAGENS VULNERÁVEIS

A vulnerabilidade pode ser entendida como a facilidade maior ou menor, de um sistema em transitar do estágio de estabilidade para um estágio de instabilidade, indicando assim o grau de alteração que a paisagem experimentaria diante das incidências de determinadas atuações.

As paisagens estáveis podem ser compreendidas conforme a Teoria do Equilíbrio Dinâmico de J. Hack (1960), no qual o equilíbrio dinâmico caracteriza-se pelo ajustamento mútuo entre os elementos da paisagem (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Nessa perspectiva Troll (1982) considerou:

La naturaleza se regula a sí misma y tiende a recuperar el equilibrio perturbado, mediante la regeneración de la vegetación y, como consecuencia de ella, la del suelo y así sucesivamente; (TROLL¹⁴, 1982, p.328).

¹⁴ **Tradução nossa:** Natureza regula a si mesmo e tende a recuperar o equilíbrio perturbado mediante a regeneração da vegetação e, como consequência disso, o solo e assim sucessivamente;

As configurações da paisagem tendem a se ajustar em função das modificações impostas, tanto pelas forças naturais como processos endógenos e exógenos, como também pelas alterações atribuídas ao homem, que intensifica os processos naturais.

Assim, vulnerabilidade não pode ser entendida como oposto de estabilidade, bem como o equilíbrio não pode ser entendido oposto de instabilidade, pois um sistema estável pode ser também ao mesmo tempo vulnerável, e um estado em equilíbrio poderá apresentar instabilidade em algum momento.

Ilya Prigogine (1996) mostra um exemplo bem elucidativo:

“... se conseguirmos fazer que um lápis fique em pé sobre sua ponta, o equilíbrio será instável. A menor perturbação o fará cair para um lado ou para outro. Há uma distinção fundamental entre os movimentos estáveis e instáveis. Em suma, os sistemas dinâmicos estáveis são aqueles em que pequenas modificações das condições iniciais produzem pequenos efeitos. (...) Os sistemas caóticos são um exemplo extremo de sistema instável, pois as trajetórias que correspondem a condições iniciais tão próximas quanto quisermos divergem de maneira exponencial ao longo do tempo.” (PRIGOGINE, 1996, p.32).

Da mesma maneira, interpreta-se os ambientes estáveis, que apresentam condições de equilíbrio em uma determinada conjuntura, e na menor das alterações pode tornar-se instável.

A figura (10) a seguir, mostra os sistemas dinâmicos estáveis, no qual “A” caracteriza-se por duas regiões distintas e homogêneas, compostas por elementos agrupados, “+” e “-”, e o fato desses elementos serem circunvizinhos de seus semelhantes, impede que pequenas modificações das condições iniciais mudem a dinâmica e estrutura desse sistema.

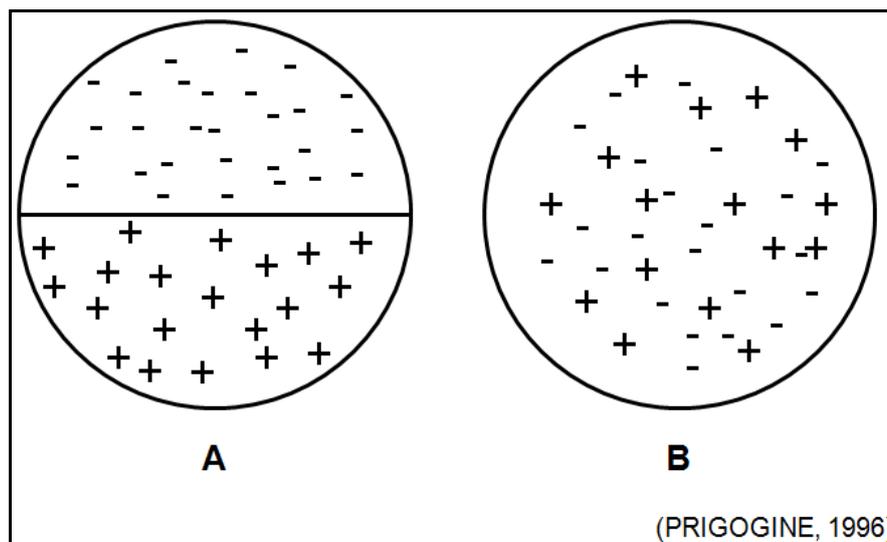


Figura 10 – (A) sistema dinâmico estável e (B) sistema dinâmico Instável segundo Prigogine.

O sistema dinâmico instável é exemplificado na figura 10 por “B”, composto por uma região, onde “+” e “-” são circunvizinhos reciprocamente, e a menor alteração nas condições iniciais são ampliadas. Segundo Prigogine (1996) nesses sistemas instáveis é impossível qualquer previsão ou precisão de suas trajetórias, pois as interações entre elementos distintos aumentam as possibilidades de inter-relações e das probabilidades.

1.7- APLICAÇÃO DO CONCEITO DE ESTABILIDADE E INSTABILIDADE NO ESTUDO DA PAISAGEM.

Snacken (1985, *apud* Bolós, 1987) define estabilidade como a capacidade de manter uma situação de equilíbrio no interior da estrutura de uma paisagem, quando se encontra submetido às influências exteriores, isto implica processos que permitem restabelecer situações de equilíbrio.

Bolós (1987) considerou estabilidade:

“Para cualquier sistema físico se define como el hecho de volver a su estado anterior, después de haber sufrido los efectos de un impacto o perturbación de origen externo. Para predecir la evolución de un paisaje es necesario conocer su grado de estabilidad, si bien es importante conocer que en la naturaleza todo proceso es irreversible y no hay retorno completo al estado anterior.” (Bolós¹⁵, 1987, p.18).

¹⁵ **Tradução nossa:** “Para qualquer sistema físico se define como o fato de voltar a seu estado anterior, depois de sofrer os efeitos de um impacto ou perturbação de origem externa. Para prever a evolução de uma paisagem é necessário conhecer seu grau de estabilidade, bem com é

Para a autora a estabilidade seria o retorno às condições próximas do estado anterior de um sistema, após sofrer algum tipo de impacto ou perturbação externa, esse retorno às condições anteriores não seria total, porque os processos na natureza são comumente irreversíveis (PRIGOGINE, 1996).

Para Tricart (1977) de acordo com a intensidade dos processos atuais é possível definir os sistemas ambientais em três categorias morfodinâmicas, estável, intergrades e instável.

Desse modo, a noção de estabilidade estaria associada ao modelado que evolui lentamente, de maneira discreta quase que imperceptível, no qual os processos mecânicos atuam pouco, sempre de modo lento (TRICART, 1977).

“A característica essencial desse tipo de meio é, com a lenta evolução, a constância dessa evolução, resultante da permanência no tempo de combinação de fatores. O sistema morfogenético não comporta paroxismos violentos que se traduzam por manifestações catastróficas.” (TRICART, 1977, p.36).

A estabilidade, assim está diretamente relacionada à idéia de tempo longo, ou conforme Suertegaray e Nunes (2001) o tempo que escoar. Na definição de Tricart (1977) a estabilidade é associada à noção de equilíbrio e contrária à noção de vulnerabilidade.

Para Sánchez (1991) a estabilidade morfogênica é favorável à pedogênese e a cobertura vegetal, inversamente, a instabilidade traduz-se em fluxos de matéria que tem tendência a limitar aqueles processos que favorecem a pedogênese e o desenvolvimento da cobertura vegetal. A intensidade da morfodinâmica pode ser resultado das condições climáticas muito agressivas e/ou topografias muito acidentadas.

Tricart (1977) define os meios morfodinamicamente estáveis como áreas com atributos diversos que propiciam o estado de equilíbrio, tais com:

Cobertura vegetal suficientemente fechada para proteger as estruturas do solo, atuando como um freio eficaz ao desencadeamento dos processos

importante conhecer que na natureza todo processo é irreversível e não tem retorno completo ao estado anterior.”

mecânicos da morfogênese, como por exemplo, a intensificação dos processos erosivos.

Dissecação moderada, sem corte violento dos cursos d'água, e vertentes de lenta evolução.

Devem ser considerados ainda outros fatores que contribuem para estabilidade das paisagens, como arcabouço geológico, profundidade dos solos e distribuição das chuvas (Quadro 1).

A classificação quanto à morfodinâmica de uma paisagem está diretamente ligada às interações internas dos sistemas ambientais, pois a estabilidade e/ou instabilidade deve considerar uma gama representativa de variáveis que abarcam as condições que resultam na vulnerabilidade das paisagens.

Quadro 1 – Variáveis e suas características dos ambientes estáveis e instáveis.

| VARIÁVEIS | ESTÁVEL | INSTÁVEL |
|--------------------------|--|--|
| ROCHA | Muito coesas. | Pouco coesas. |
| RELEVO | Plano a suave ondulado. | Fortemente dissecado. |
| CLIMA | Chuvas bem distribuídas ao longo do ano. | Chuvas distribuídas irregularmente ao longo do ano, presença de um período marcante de estiagem e um chuvoso, com chuvas concentradas. |
| SOLOS | Bem desenvolvidos, profundos, normalmente apresentando cores escuras oriundos do processo de pedogênese, boa permeabilidade. | Pouco desenvolvidos, rasos, predomina o escoamento superficial. |
| COBERTURA VEGETAL | Densa, presença de cobertura vegetal de porte arbóreo e arbustivo. | Cobertura vegetal pouco densa, ausente ou solo exposto. |
| ATUAÇÃO ANTRÓPICA | Moderada em ambiente favorável. | Intensa em ambiente desfavorável. |

(Elaborado por Silva Neto, J. C. A. 2011)

As unidades fortemente instáveis podem originar-se da combinação de variados fatores como exemplificado no quadro 1, e a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural (TRICART, 1977).

A morfogênese como um processo predominante, deve-se às interações das variáveis como o relevo fortemente dissecado que associado à ausência de cobertura vegetal e aos altos índices de intensidade pluviométrica proporciona um maior escoamento superficial, desencadeando o aceleração dos processos erosivos e, impedindo o processo de formação dos solos (pedogênese).

CAPÍTULO 2

B

ASES TEÓRICO-CONCEITUAIS: problemática, ferramenta e proposta.

“Em nossos dias, não se adora mais as montanhas, mas, aqueles que amiúde as percorreram, amam-na profundamente”. (Élisée Reclus¹⁶, 2010a).

¹⁶ **Nota:** A citação “Reclus, 2010a” trata-se do ensaio de Élisée Reclus, *Du Sentiment de La Nature dans Iês Sociétés Modernas*, publicado inicialmente em *La Revue dès Deux Mondes*, Tomo 63, Paris, Maio de 1866.

As bases teórico-conceituais configuraram-se como um tópico, na qual se abordaram alguns pontos-chaves na pesquisa, como a problemática do processo de apropriação da natureza; a abordagem conceitual da análise espacial como uma ferramenta para análise da paisagem; e por fim o Zoneamento Ambiental apresentado como uma proposta para amenizar a problemática do processo de apropriação e superexploração da natureza.

2.1- A PROBLEMÁTICA DA APROPRIAÇÃO E SUPEREXPLORAÇÃO DA NATUREZA.

Para se iniciar a discussão que trata do processo de apropriação e superexploração da natureza, é necessário entender que os dois processos perpassam pelas intencionalidades de quem impõe seus anseios sobre a natureza, desse modo, a busca pelo progresso, pelo aumento gradativo da produção e pela acumulação de capital, está diretamente ligada ao caráter de apropriação da natureza e, este por sua vez assume as feições da racionalidade hegemônica denominada racionalidade econômica.

Para Casseti (1995), a utilização espontânea da natureza inicia-se nos primórdios da história das sociedades e, acentua-se no período feudal, contudo, seu auge é presenciado no curso da sociedade capitalista, cuja idéia de progresso e avanço econômico intensificou a atuação antrópica sobre a natureza.

Robert (2000) considerou que o homem ao assumir a natureza como artifício do progresso por meio da produção, deixa de ter o significado harmônico da relação de subsistência, no qual a natureza primeiramente seria uma fonte de subsistência para o homem, assim, natureza seria utilizar apenas o necessário para sobrevivência.

“A subsistência é implicitamente redefinida como sobrevivência sociobiológica do produtor individual em condições de acumulação de capital. As terras comuns – que antigamente contribuíam para a subsistência do povo – agora podiam ser destruídas em nome de um imperativo produtivo. Pois as terras comuns são um obstáculo à produção dado que permitem que as pessoas subsistam independentemente da produção de valor econômico.” (ROBERT, 2000, p.272).

No sentido moderno de produção o homem é o produtor e, o produto é uma nova entidade (nova forma da matéria), assim a produção da natureza

tornou-se um conceito econômico quando se transformou na fonte de valor, o que exigiu uma nova postura frente à natureza, pois, para alguns estudiosos toda riqueza originava-se das forças geradoras da natureza (ROBERT, 2000).

O anseio pelas riquezas proporcionadas pela apropriação da natureza e pela idéia de progresso demandou um aumento da intensidade das ações do homem sobre a natureza.

Assim, para Sbert (2000) o progresso seria a “*fé moderna*”, que daria sentido aos estilos de vida do mundo moderno, do qual originou o termo desenvolvimento, assim o progresso pode ser entendido como imperativo do poder.

Sbert (2000) atribui ainda ao progresso a habilidade de redefinir a realidade através da influência múltipla do poder, porque a busca pelo progresso resulta em manifestações sociais pela vontade de poder, desconsiderando qualquer outro fator que o impeça de alcançar o almejado progresso.

O autor ainda faz as seguintes considerações sobre o progresso:

“É um destino moderno. Para o homem moderno, e para os que querem partilhar a sua identidade, é inimaginável rejeitar a fé no progresso. O homem moderno é definido pelo progresso. A sua auto-estima tem nele as suas raízes e é a sua mais profunda justificação para a crueldade que mostra para com seus semelhantes e com a natureza.” (SBERT, 2000, p.288).

Drew (1994) define progresso em uma perspectiva, cujo controle da natureza e do mundo natural, visam os fatores de produção ou meios pelos quais o homem pode se beneficiar materialmente do processo de superexploração da natureza.

A palavra progresso segundo Reclus¹ (2010a) assume um caráter de conduzir o destino do homem, como uma potência quase que divina, mas lembra que essa busca pelo progresso pode levar ao retrocesso parcial.

“Sem dúvida, é verdade que, sob muitos aspectos, o homem progrediu: suas sensações tornaram-se mais refinadas, creio; seus pensamentos mais agudos e mais profundos, e a amplitude de sua humanidade, abraçando um mundo mais vasto, aumentou prodigiosamente. Mas nenhum progresso pode realizar-se sem retrocesso parcial.” (RECLUS, 2010a, p. 7).

Conforme Thomas (2001), nas últimas décadas do século XV, a preservação da natureza tinha um significado de oposição ao progresso humano, pois não haveria sentido em se preservar a natureza, se ela não tivesse a capacidade de produzir algo.

“As matas não cultivadas eram vistas, assim, como obstáculo ao progresso humano; e alguns moralistas que condenavam os *cercamentos* faziam uma exceção para derrubada de árvores. Atitude dos empreendedores agrícolas diante das árvores e matas geralmente era inflexível.” (THOMAS, 2001, p. 234).

O progresso assumindo as feições de desenvolvimento nos dias atuais se relaciona com a natureza na mesma perspectiva:

“O princípio organizador do desenvolvimento que tem por base a acumulação de capital e o crescimento econômico, menospreza e desvaloriza todas as propriedades e processos naturais e sociais que não sejam utilizáveis como matéria-prima para a produção de mercadorias, ou que tenham um preço no mercado.” (SHIVA, 2000, p. 314).

Desse modo, a natureza só teria significado se pudesse de algum jeito representar um artifício para o progresso das sociedades modernas, a concepção de modernidade significaria transformar tudo o que possuía caráter natural.

O termo progresso após a segunda guerra mundial perde prestígio por estar associado as “grandes conquistas da humanidade” e conseqüentemente por seus efeitos devastadores, assim, o termo desenvolvimento seria uma palavra dentro de uma séria para descrever um caminho indistinto para o progresso e muitas vezes inadequado (SBERT, 2000).

A busca pelo progresso forja as atividades antrópicas alterarem as dinâmicas naturais, mesmo que tenham caráter em sua maioria “benéfico”, do ponto de vista humano, as inter-relações dos elementos dispostos na relação sociedade e natureza, provocam transformações causadas pelo mínimo de acréscimo de tensão (DREW, 1994).

Para Reclus (2010b¹⁷) a ação do homem assume um caráter dúbio com relação à natureza, de um lado reconstrói do outro destrói a natureza, se comportando ao mesmo tempo como bárbaro e civilizado:

“(...) como um viajante de passagem, o bárbaro pilha a terra; ele a explora com violência sem lhe devolver em cultura e cuidados inteligentes as riquezas que lhe tomou, ele acaba, inclusive, por devastar a região que lhe serve de moradia e torná-la inabitável. O homem verdadeiramente civilizado, compreendendo que seu próprio interesse confunde-se com o interesse de todos e aquele da própria natureza, age completamente diferente.” (RECLUS 2010b, p.53)

Reclus (2010a) em texto publicado em 1866 já se atentava para a preocupação com o caráter de como o homem moderno se relacionava com a natureza, tratando-a como simples fonte inesgotável de recursos ou como uma mercadoria, “*preocupa-se muito pouco com o encanto do campo e com harmonia das paisagens, desde que o solo produza colheitas abundantes*”.

“(...) as paisagens são recortadas em quadrados e vendidas ao comprador mais abonado; cada curiosidade natural (...), pode tornar-se propriedade particular. Empreendedores apossam-se de cataratas, cercam-nas de tapumes para impedir os viajantes não-pagantes de contemplar o tumulto das águas, depois, à força de *publicidades*, transformam em belas moedas sonantes a luz que brinca nas gotículas rompidas e o sopro do vento que espalha no espaço echarpes de vapores.” (RECLUS, 2010a, p.86).

Reclus fez considerações importantes tratando-se da apropriação, numa perspectiva da natureza como mercadoria, assemelhando-se com a atividade que seria conhecida posteriormente como turismo.

Élisées Reclus ressaltava a preocupação com o processo de apropriação da natureza, que necessitaria que o homem ao apoderar-se da superfície da terra, soubesse utilizar suas forças, isso, por se conhecer a brutalidade do modo como ocorria essa apropriação.

Para Reclus (2010a) a decadência do homem seria resultado direto do erro de cálculos nas modificações introduzidas na natureza, oriundas da precariedade de ciência bem como da falta de afeição pela natureza.

¹⁷ **Nota:** Publicado originalmente em 1864 na *Revue des Deux Mondes* com o título: “*Man and nature, or Physical Geography as modified by human action*”.

Assim:

“Os desenvolvimentos da humanidade ligam-se da maneira mais íntima com a natureza circundante. Uma harmonia secreta estabelece-se entre a terra e o povo que ela nutre, e quando as sociedades imprudentes permitem-se ergue a mão contra o que faz a beleza de sua região, elas acabam sempre por arrepender-se. Lá onde o solo enfeou-se, lá onde toda a poesia desapareceu da paisagem, as imaginações desvanecem-se, os espíritos empobrecem-se, a rotina e o servilismo apoderam-se das almas (...)” (RECLUS, 2010a, p.90).

Observa-se que Reclus (2010a), ao tratar dos elementos da natureza assume uma influência estética da paisagem, oriunda da geografia alemã do século XIX, utilizando-se frequentemente termos como belo (*beleza*) e feio (*enfeou-se*).

Para o autor a sociedade moderna por subjugar a natureza acabaria por sofrer as consequências do descaso e falta de conhecimento sobre ela. Considerava ainda que o reconhecimento da importância real da natureza estaria diretamente ligado aos elementos primordiais da educação.

Do mesmo ponto de vista, Caseti (1995) apoiado no pensamento Marxista, enfatiza que a relação do homem com a natureza estaria diretamente ligada ao modo como os homens se relacionam. Assim, os estilos de vida e os modos de produção, estariam intrinsecamente atrelados às transformações da natureza pelo homem.

Para Morin (2001) toda atividade produtiva tem efeitos “múltiplos, diversos e complexos” sobre seu entorno, ou seja, todas as alterações provocadas pelo homem para desenvolvimento das atividades produtivas estão diretamente ligadas ao meio, onde essas atividades são desenvolvidas resultando em diversas transformações.

Caseti (1995) considerou ainda, que a forma de apropriação e transformação da natureza resulta na existência dos problemas ambientais, cuja origem encontra-se determinada pelas próprias relações sociais.

2.1.1 - O CICLO DE APROPRIAÇÃO DA NATUREZA: transformação da natureza em recurso.

A apropriação da natureza inicia-se por sua transformação, com emprego da técnica objetivando a produção, essa produção ocorre de acordo com as imposições socioeconômicas das sociedades.

Nesse sentido, a natureza sem dúvida passa a ter um significado além da esfera ambiental, assumindo uma conotação socioeconômica, por ser influenciado pelas ações sociais, e estas são impulsionadas por fatores econômicos (figura 11).

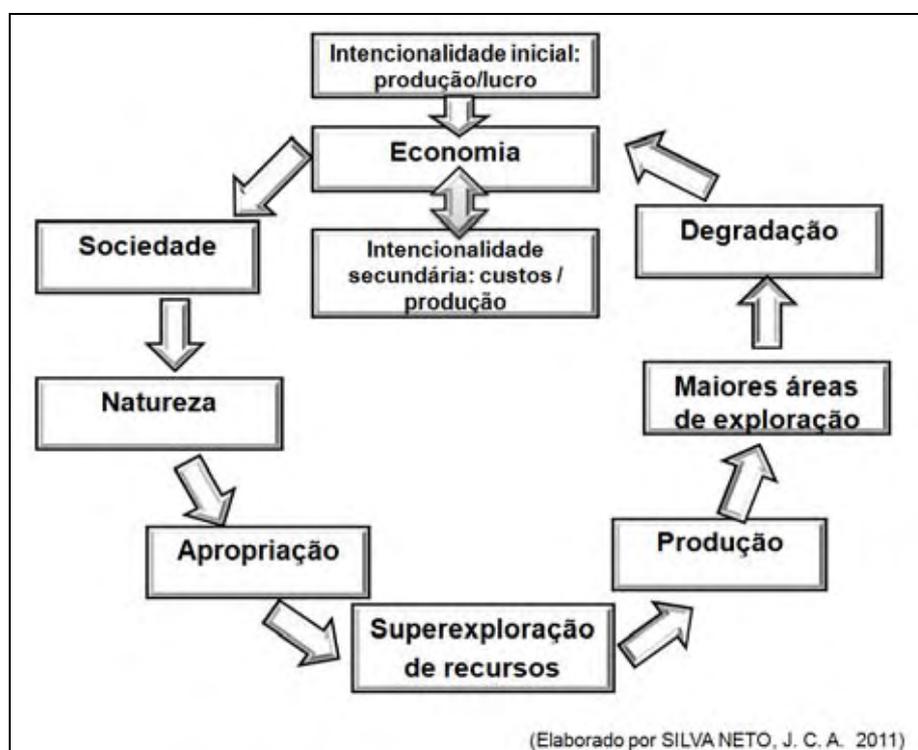


Figura 11- Organograma do ciclo de apropriação da natureza.

O ciclo de apropriação da natureza (figura 11) representa as influências que os fatores econômicos impõem às sociedades por meio de intencionalidades. Define-se então como intencionalidade inicial, as intencionalidades cujos objetivos principais são a produção e o lucro. Assim, a atuação direta na natureza por meio do processo de apropriação pode desencadear a superexploração dos recursos e dependerá da intensidade da atuação antrópica sobre a natureza.

À medida que se aumenta a produção exigem-se maiores áreas para serem exploradas e, muitas vezes pode ocorrer a degradação de ambientes

vulneráveis e conseqüentemente o abandono de áreas com problemas ambientais representativos.

A condição para que uma área seja de interesse econômico é torná-la produtiva e conseqüentemente lucrativa, assim, a partir do momento que é exigido recuperação dessas áreas, também são exigidos custos, o que muitas vezes na perspectiva da racionalidade econômica, torna inviável a recuperação das áreas degradadas.

Desse modo, o ciclo de apropriação da natureza retorna ao fator econômico, mas dessa vez com conseqüências e efeitos do processo de superexploração da natureza, que exigirá na melhor das hipóteses custos elevado por anos até que as áreas degradadas sejam recuperadas, evidentemente determina-se repouso dessas áreas no período de recuperação, o que pode ocasionar o problema de abandono dessas áreas, no qual a natureza por si não conseguiria recuperar o que foi degradado pelo homem, pois sua capacidade de resiliência¹⁸ estaria comprometida.

Todo modo de produção e toda formação econômica e social estabelecem conexões com a natureza por meio dos objetos e meios “naturais” de trabalho dos processos produtivos que daí se desenvolve (LEFF, 2002).

Segundo o autor citado a natureza aparece como os objetos de trabalho e os potenciais da natureza que se integram ao processo global de produção capitalista e, em geral, os processos produtivos de toda formação social, como um efeito do processo de reprodução/transformação social.

Shiva (2000) considerou que a relação com natureza é subordinada à maximização do lucro e da acumulação do capital:

“Na economia de mercado o princípio organizador do relacionamento com a natureza é a maximização do lucro e da acumulação do capital. A natureza e as necessidades humanas são gerenciadas através dos mecanismos do mercado. A ideologia do desenvolvimento é em grande parte baseada na idéia de trazer todos os produtos da natureza para a

¹⁸ Resiliência é definida como a capacidade de um sistema de retornar às suas condições originais após ser afetado por distúrbios externos. A resiliência é percebida quando sob o efeito das perturbações aleatórias, o sistema, reage por aumento da complexidade e continua a funcionar, elevando seus níveis de entropia buscando se auto-organizar (CAMARGO, 2008).

economia de mercado como matéria-prima para produção de mercadorias.” (SHIVA, 2000, p. 315).

O ciclo de apropriação da natureza ao retornar ao fator econômico desencadeará a denominada intencionalidade secundária, por necessitar de mudanças de objetivos para que o processo de apropriação da natureza continue seu ciclo, assim a recuperação das áreas degradadas para que o processo produtivo continue sua eficiência, seria a alternativa mais coerente para essa área.

Robert (2000) considerou que os efeitos negativos oriundos da produção são denominados contra-produtiva, não importando o quanto modernas sejam as técnicas utilizadas na apropriação, se não considerar os limitantes físicos naturais, os efeitos da produção tenderá a atingir metas opostas dos objetivos iniciais.

Assim:

“Na medida em que são danificados os limites que possibilitam à natureza renovar-se, e que lhe dão a capacidade de “ressurgir”, gera-se, então, a verdadeira escassez – as florestas desaparecem, os rios secam, os solos perdem sua fertilidade, água, a terra e o ar são poluídos.” (SHIVA, 2000, p.308).

Robert (2000) considerou que a produção econômica demanda como condição necessária, uma idéia de degradação irreversível, resultado de um processo historicamente identificável, desse modo, o *feedback* que torna possível a produção da natureza por meio da sua apropriação é também o ponto de origem dos problemas ambientais contemporâneos, como inundações, assoreamento, erosão, poluição.

Desse modo, a apropriação da natureza, não se considerando seus limitantes físico-naturais, pode desencadear processos irreversíveis, na qual a urgência da produção econômica em tornar qualquer área explorável e, aumentar os níveis de produção, exige da natureza uma capacidade além do que se entende por natural.

2.1.2- AS CONTRADIÇÕES DOS PROCESSOS DE APROPRIAÇÃO E SUPEREXPLORAÇÃO DA NATUREZA.

A apropriação e superexploração da natureza são processos distintos e devem ser explicitadas suas diferenças. Assim, a apropriação pode ser definida como tornar a natureza própria à sociedade, ressaltando que essa apropriação da natureza não está ligada apenas ao ato de tirar benefícios dela, mas, fazer com que a sociedade e a natureza tenham uma relação simbiótica e recíproca, no qual, os reflexos de uma, estarão se manifestando diretamente na outra (LEFF, 2006).

Superexploração da natureza remete-se ao processo de tirar proveito da natureza de forma muitas vezes inconsequente visando o consumo cada vez mais elevado dos recursos e objetivando a obtenção de lucros em patamares maiores, não se importando com as consequências, como a degradação e o esgotamento ambiental. Para Leff (2006) a superexploração da natureza caracteriza-se quando a demanda de uso ultrapassa a capacidade de regeneração da natureza.

A superexploração da natureza é um processo que pode ter como fase anterior a apropriação da natureza, e as consequências desses processos tem conexão direta com o esgotamento de recursos não-renováveis e a sua própria degradação.

Leff (2002) atribuiu à racionalidade econômica a delimitação, o reconhecimento e a valorização de certos recursos, enquanto outros são superexplorados, transformados ou destruídos como resultado das demandas do mercado.

O questionamento que envolve a racionalidade econômica impõe de modo hegemônico uma postura, que ao mesmo tempo, em que ela é criticada, acaba por aparecer como uma resposta axiomática, no qual a sociedade moderna parece incapaz de aceitar outra postura contrária à que se impõe.

A apropriação da natureza ocorre de acordo com as intencionalidades sociais, tanto no âmbito do uso sustentável dos recursos naturais das sociedades primitivas, quanto na superexploração da natureza, para fins de altas taxas de consumo e lucro das empresas capitalistas.

Estabelecer a diferenciação da apropriação da natureza torna-se importante, por que as formas como a sociedade se apropria da natureza, são distintas e, dependendo dos seus objetivos e finalidades, a apropriação pode ocorrer de modo intenso sem considerar os limites naturais (ROSS, 2006).

Tricart (1977) considerou que:

“A ação humana é exercida em uma Natureza mutante, que evolui segundo leis próprias, das quais percebemos, de mais a mais, a complexidade. Não podemos nos limitar à descrição fisiográfica (...). Estudar a organização do espaço é determinar como uma ação se insere na dinâmica natural, para corrigir certos aspectos desfavoráveis e para facilitar a exploração dos recursos ecológicos que o meio oferece” (Tricart, 1977, p.35).

O processo de apropriação da natureza pode manifestar-se de maneira espontânea ou planejada, muitas vezes essa derivação da apropriação não se relaciona diretamente com os artificios das tecnologias e nível de conhecimento sobre uma determinada área.

Pelo contrário, a tecnologia apresenta-se para orientar a apropriação da natureza de modo que esse processo seja normalmente acelerado e degradante, pois, muitas vezes os adventos das tecnologias modernas não respeitam os limitantes físicos e biológicos, tornando qualquer área explorável.

Nestes termos, o que resta para ser socializado são os prejuízos ambientais, que na melhor das hipóteses pode ocorrer a recuperação das áreas superexploradas/degradadas, após longos períodos de manejo com custos muito elevados, o que pode ser inviável, visto que para essa racionalidade produtiva a exploração de novas áreas sejam mais viáveis no sentido dos custos e do tempo.

Para Leff (2001) a compensação econômica, é impossível de contabilizar o valor econômico “real” das perdas naturais através do valor de mercado de seus produtos, ou de seu futuro potencial econômico.

Nessa perspectiva, a questão ambiental deve ser abordada como é uma problemática de caráter eminentemente social que foi determinada e está permeada por vários elementos de processos sociais. Todavia, as ciências sociais mantiveram inalterados seus conceitos e métodos para abordar as relações entre estes processos sociais e as mudanças ambientais emergentes (LEFF, 2001).

Assim a partir do momento que a natureza é afetada pelas relações sociais de produção, ou, é apropriada, estes processos físicos, biológicos são determinados pelos processos históricos em que o homem ou a natureza se inserem (LEFF, 2002).

“Desde que a natureza se transforme em objeto de processos de trabalho, o natural absorve-se no objeto do materialismo histórico. Isto não nega que operem as leis biológicas dos organismos que participam no processo, inclusive do homem e sua força de trabalho; (...) O recurso natural nem a força de trabalho não são entes naturais existentes independentemente do social, mas são já o biológico determinado pelas condições de produção e reprodução de uma dada estrutura social.” (LEFF, 2002, p. 49).

A manifestação dos processos de trabalho no natural pode ser visualizada no processo de uso e ocupação do solo de uma determinada área, neste instante a natureza é inserida no campo da produtividade como um objeto dos processos de trabalho. Na medida em que se objetiva a maximização do lucro em curto prazo, a natureza é induzida aos padrões de exploração e consumo em ritmo acelerado, sendo auxiliado pelas tecnologias de ponta.

Em contraposição a essa racionalidade inflexível e hegemônica, denominada racionalidade econômica, é apresentada por Leff (2006) a racionalidade ambiental que propõe novas perspectivas para as forças produtivas por meio do ordenamento ecológico, da distribuição territorial e da reorganização social das atividades produtivas. Este processo afeta necessariamente a quantidade e a distribuição da riqueza por meio da socialização da natureza, da descentralização das atividades econômicas, da gestão social da produtividade ecológica e dos meios tecnológicos, do respeito pela diversidade cultural dos povos e do estímulo à projetos alternativos.

As alterações dos ecossistemas complexos¹⁹, por pastagens e campos de monoculturas acarretam a exploração dos solos que tem como sustentação os insumos industriais e energéticos crescentes e cuja produtividade declina rapidamente.

As ações de desmatamento e erosão dos solos originam o esgotamento gradativo dos recursos bióticos, a destruição das estruturas dos solos e a

¹⁹ **Nota:** complexo aqui tem uma conotação de paisagens heterogêneas e altos níveis de biodiversidade caracterizada ainda pela baixa entropia no ecossistema.

desestabilização dos mecanismos ecossistêmicos que dão suporte à produção e regeneração sustentável dos recursos naturais (LEFF, 2002).

Ainda ressalta que:

“Os processos de destruição ecológicos mais devastadores, bem como a degradação socioambiental, têm sido resultado das práticas inadequadas do uso do solo, que dependem de padrões tecnológicos e de um modelo depredador de crescimento e que permitem maximizar lucros econômicos no curto prazo, revertendo seus custos sobre os sistemas naturais e sociais” (García *et al.*, 1988a, b *apud* Leff, 2002).

Segundo Ross (2001) as atividades agrárias apresentam-se gradativamente como intensas depredadoras dos recursos naturais e a utilização de tecnologias cada vez mais sofisticadas, buscando o aumento da produtividade por hectare alteram cada vez mais o ambiente natural, muitas vezes chegando ao estágio de degradação.

Na atividade agrícola, a produtividade e a dinâmica do sistema natural são totalmente modificadas, e os custos ecológicos são fatalmente altos e demorados para serem contabilizados (SÁNCHEZ, 1991).

Para Leff (2002) a capacidade de carga e a resiliência de um ecossistema, associadas com o potencial biótico e a taxa de crescimento natural do ecossistema, deveriam determinar a capacidade de exploração econômica dos recursos naturais dentro de diferentes racionalidades produtivas estabelecendo as condições do meio para a formação de valor, para a produção de lucros e para a regeneração dos recursos a longo prazo.

Nessa perspectiva o autor ainda considera que:

O potencial ambiental de uma região não está determinado tão somente por sua estrutura ecossistêmica, mas pelos processos produtivos que nela desenvolvem formações socioeconômicas. As práticas de uso dos recursos dependem do sistema de valores das comunidades, da significação cultural de seus recursos, da lógica social e ecológica de suas práticas produtivas e de sua capacidade de assimilar a estes conhecimentos científicos e técnicos modernos (LEFF, 2002, p. 78-9).

Desse modo a racionalidade econômica impõe discordâncias entre as formas e ritmos de extração, exploração e transformação dos recursos naturais e das condições ecológicas que findam por prejudicar sua conservação, regeneração, esta racionalidade hegemônica está diretamente ligada aos padrões tecnológicos que tendem a uniformização dos tipos de cultivos tornando as

paisagens cada vez mais homogêneas e com biodiversidade cada vez mais reduzida (LEFF, 2002).

As produções agrícolas mecanizadas, seguindo a lógica da racionalidade econômica, tornam-se mais vantajosas do ponto de vista econômico, quando são praticadas em grandes extensões de terras, e/ou, quando é praticada apenas uma cultura, denominando-se assim monoculturas.

Dessa forma, a monocultura mecanizada é proveitosa na perspectiva da racionalidade econômica, por aumentar significativamente a produção, mas, em contraponto provoca grandes danos no ambiente utilizado, tanto do ponto de vista ambiental, devido a superexploração da natureza, quanto do ponto de vista social, por causar a escassez de alguns recursos naturais como solos e água.

Para Leff (2002) a problemática ambiental que repousa sobre as junções dos processos naturais e sociais de diferentes ordens de materialidade não pode ser compreendida em sua complexidade e nem resolvida com eficácia sem a integração e articulação dos diversos campos do saber.

2.1.3- PROCESSOS EROSIVOS: um desencadeamento da superexploração da natureza.

O homem tem se preocupado com a erosão dos solos desde que passou a desenvolver a agricultura, quando adquiriu um modo de vida fixo intensificando o uso do solo, conseqüentemente levando a destruição da cobertura vegetal acarretando a exposição do solo aos processos erosivos (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

O solo constitui-se como o principal fator natural que se relaciona com a erosão e, esta influência pode ser atribuída as suas propriedades físicas, químicas, biológicas e mineralógicas (SALOMÃO, 2005).

A atuação antrópica em áreas potencialmente vulneráveis, onde são desenvolvidas atividades como os desmatamentos de encostas com declividade acentuada, para fins de uso agrícola ou pecuário, podem provocar aceleração das taxas de sedimentação, assoreamento, poluição dos cursos d'água e perda de fertilidade.

O problema da erosão dos solos resulta muitas vezes na perda de fertilidade e conseqüentemente da produtividade, assim além de atingir a esfera ambiental, implica em outros problemas de outras ordens específicas como, por exemplo, a econômica, por exigir custos altos na recuperação dos solos degradados.

Esse processo impõe uma lógica, em que a não reparação dos danos causados pelo uso indiscriminado do solo, resulta em outro problema de cunho social, no qual é destacado o abandono da terra, aumento de custos dos alimentos, e as doenças causadas pela poluição dos solos e dos rios.

A erosão pode ser vista nesta perspectiva como um dos principais problemas que afetam a ordem sócio-ambiental de uma região, e por sua vez os problemas relacionados aos processos erosivos, como a perda de solos, pode ser associado à diminuição da produtividade de alguns tipos de culturas.

A escassez de um recurso natural como o solo, passa a ser tratado na perspectiva do capital natural e, quanto mais abundante, menor é o seu valor, inversamente quanto mais escasso maior o seu valor.

As conseqüências da escassez atingirão as partes da sociedade que não estiverem “aptas” a pagar o preço exigido por estes recursos, fatalmente isso ocorrerá primeiramente com as populações mais pobres, e à medida que um recurso se torna mais escasso, a tendência é que esse problema alcance maior parcela da sociedade.

Leff (2002) considera a problemática do uso inadequado do solo, como um dos principais problemas socioambientais:

“Os processos de destruição ecológica mais devastadora, bem como a degradação socioambiental (perda de fertilidade dos solos, marginalização social, desnutrição, pobreza e miséria extrema) têm sido resultado das práticas inadequadas do uso do solo, que dependem de padrões tecnológicos e de um modelo depredador de crescimento e que permitem maximizar lucros econômicos no curto prazo, revertendo seus custos sobre os sistemas naturais sociais.” (GARCÍA *et al.*, 1988 apud LEFF, 2002, p.111).

Fatores atuantes na erosão hídrica dos solos

Conforme Silva *et al.* (2007), a erosão do solo é um processo complexo no qual vários fatores exercem influência, de forma e magnitude variável,

conforme o local de ocorrência. Dentre os principais fatores destacam-se o tipo de solo, o embasamento geológico, o clima, a topografia e a cobertura vegetal e manejo do solo (Figura 12).

Os processos erosivos dos solos ocorrem naturalmente, e podem ser mais intensos de acordo com alguns fatores como quantidade e distribuição de chuvas, declividade, comprimento e forma das encostas e tipo de cobertura vegetal, mas o principal modificador da paisagem é o homem, no qual sua ação entre outras é responsável pelo aceleração dos processos erosivos.

O processo de erosão do solo ocorre mesmo em ecossistemas naturais, mas seu aumento excessivo pode ser associado aos sistemas agrícolas, que ao desmatarem as áreas de floresta, deixam os solos em situação mais vulnerável aos processos erosivos.

Para Pruski (2006) a erosão origina-se no rompimento do equilíbrio natural no solo, em decorrência da ação de forças advindas de fatores climáticos como chuva e vento, que associado a outros fatores determinam a intensidade do processo erosivo.

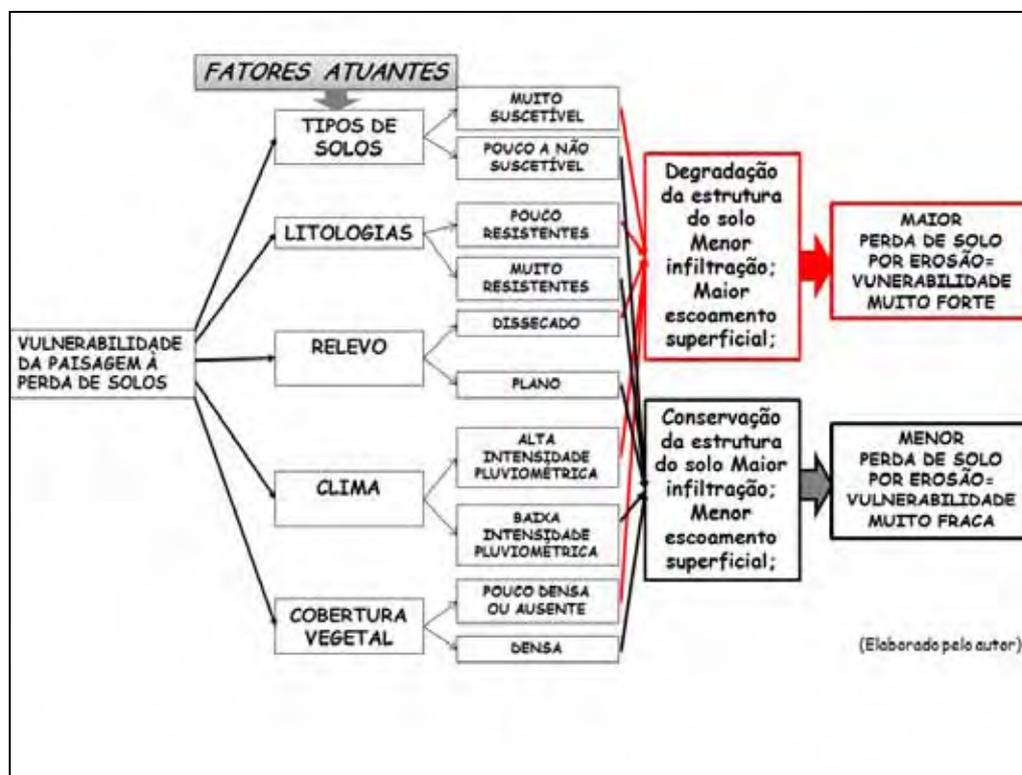


Figura 12- Organograma dos fatores atuantes nos processos de erosão laminar.

I - Intensidade pluviométrica:

Lepsch (2002) considerou que os fatores mais importantes do clima relacionados à erosão hídrica no Brasil, são: a distribuição, a quantidade e a intensidade das chuvas.

Para Lepsch (2002) a intensidade pluviométrica é um fator importante, por que quando a precipitação pluviométrica ocorre em grandes quantidades distribuídas em um período curto de tempo, os estragos relacionados à remoção das camadas superiores dos solos são maiores.

Assim segundo Pruski (2006):

“Os totais anuais precipitados têm pouca relevância no processo de ocorrência da erosão hídrica, sendo muito importante neste a consideração da distribuição do tamanho, a velocidade de queda, o número, momento e a energia cinética das gotas, bem como a intensidade, duração e frequência da chuva.” (PRUSKI, 2006, p.42).

Os totais anuais analisados de maneira isolada não podem oferecer respostas significativas tratando-se dos processos de erosão hídrica, pois, a esse processo dependerá da associação de fatores como a sazonalidade em que os totais pluviométricos ocorrem.

Conforme Bertoni e Lombardi Neto (1999) a intensidade das chuvas é o fator mais importante tratando-se de erosão hídrica, por que quanto maior a intensidade das chuvas, maior a perda de solos por erosão hídrica.

A chuva se constitui como um agente responsável pela energia que desencadeará a ocorrência da erosão hídrica, no qual se destaca o impacto direto das gotas sobre a superfície do solo como pelo a remoção das camadas superiores do solo ocasionado pelo escoamento superficial (PRUSKI, 2006).

Os fluxos d'água concentrados são os principais responsáveis pelo aceleração das taxas de sedimentação e transporte de material, que desencadeiam nos processos erosivos, no qual, ao não encontrar proteção da vegetação em terrenos com declividade acentuada, atuará com maior intensidade.

Guerra (2005) considera que os processos erosivos causados pelas águas das chuvas abrangem quase toda superfície terrestre, em especial nas

áreas com clima tropical, onde os totais pluviométricos são bem mais elevados do que em outras regiões do planeta, se observando que em áreas onde há concentração de chuvas durante algumas estações do ano, os processos erosivos são mais intensos.

II- Tipos de solos:

A vulnerabilidade do solo ao processo de erosão é consequência do tipo de solo e de suas características físicas, tais como, textura, estrutura, porosidade, permeabilidade, profundidade, pedregosidade e fertilidade (BECKER e EGLER, 1996).

Conforme Bertoni e Lombardi Neto (1999) os processos erosivos não se manifestam da mesma maneira em todos os solos, pois as propriedades físicas, principalmente estrutura, textura, permeabilidade e densidade, assim como as características químicas e biológicas do solo influenciam diferentemente no comportamento dos processos erosivos.

Assim, para Pruski (2006) o comportamento do solo diante do processo erosivo denomina-se na literatura como erodibilidade do solo, expressando a suscetibilidade que cada tipo de solo apresenta à erosão, esse fator dependerá das características intrínsecas dos solos como capacidade de infiltração, armazenamento de água, resistência aos fluxos de água.

Segundo Wischmeier & Smith (1978) alguns solos erodem mais facilmente do que outros, mesmo quando outros fatores são os mesmos. Esta diferença das propriedades dos diferentes tipos solos pode ser mencionada como erodibilidade do solo.

Beltrame (1994) considerou a erodibilidade dos solos como a suscetibilidade que apresentam de erodirem em diferentes taxas, devido às diferenças em suas propriedades e seus diversos usos, considerando ainda que para cada grupo de diferentes tipos rochas, podemos associar um índice referente ao grau de suscetibilidade à erosão.

Quanto a suscetibilidade à erosão dos solos, deve-se considerar que instabilidade dos agregados do solo e a baixa capacidade de infiltração estão diretamente ligadas à alta suscetibilidade que esse solo apresenta à erosão.

Da mesma maneira os solos ricos em silte e areia com pouco material cimentante, como matéria orgânica e óxido de ferro, são muito suscetíveis aos processos erosivos, devido a baixa resistência que oferecem ao desprendimento das partículas durante a precipitação (PRUSKI, 2006).

O teor de matéria orgânica presente nos solos, que na maioria de estudos sobre erodibilidade dos solos têm indicado que à medida que o teor de matéria orgânica diminui aumenta a instabilidade dos agregados (GUERRA, 2005).

O problema a ser enfrentado, é que os solos com alto teor de silte, quando usados agricolamente, sem cuidados de manejo tornam-se mais erodíveis à medida que perdem matéria orgânica (GUERRA, 2005).

III- Relevo

A influência do relevo no processo de erosão é consequência dos aspectos descritivos do terreno como a sua forma e feição dos aspectos quantitativos do relevo como altitude, amplitude altimétrica, declividade e intensidade de dissecação pela drenagem (BECKER e EGLER 1996).

Desse modo, Lepsch (2002) considerou:

“Nos terrenos planos, ou apenas levemente inclinados, a água escoar com pequena velocidade e, além de possuir menos energia, tem mais tempo para infiltrar-se, ao passo que, nos terrenos muito inclinados, a resistência ao escoamento das águas é menor e, por isso, elas atingem maiores velocidades. As regiões montanhosas são, portanto, mais suscetíveis à erosão hídrica.” (LEPSCH, 2002, p.158).

Vieira 1988 (apud Silva, et al. 2007), apresentou uma classificação com enfoque aos processos erosivos a partir da declividade do terreno, sendo apresentadas cinco classes, que buscam estabelecer os graus de limitações de uso por suscetibilidade à erosão:

Nulo: são solos não suscetíveis à erosão considerando-se a declividade das vertentes, apresenta declividade entre 0 e 3%. São normalmente de relevo plano ou quase plano, possibilitando pouca velocidade dos fluxos de água e boa permeabilidade.

Ligeiro: solos com baixa suscetibilidade à erosão apresentam declives suaves a pouco ondulado (3% a 8%).

Moderado: Trata-se de solos moderadamente suscetíveis à erosão. Para esta classe o relevo apresenta-se geralmente ondulado e a faixa limite para declividade é de 8% a 20%.

Forte: solos fortemente suscetíveis à erosão. São em geral de relevo forte ondulado e muito dissecado com declividade entre 20% a 45%. Quando utilizados para fins agrícolas, a erosão é reconhecida por fenômenos fortes, causadores de danos expressivos aos solos.

Muito forte: trata-se de solos fortemente suscetíveis à erosão. Compreende aqueles com declividades superiores a 45%. Quando usados para práticas agrícolas são erodidos em poucos anos, com aparecimento de sulcos e voçorocas. Se usados para pastoreio, os riscos de danos e degradação são grandes. É recomendável o uso para fins de conservação e manutenção da fauna e flora.

Nesse sentido, as vertentes representam a categoria de forma que se constitui no objeto primordial da geomorfologia, pois são componentes básicos de qualquer paisagem (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Para Bloom (1970) uma paisagem é normalmente composta de pequenos elementos de encosta, cada um deles reagindo de modo particular ao efeito local do intemperismo, escorregamento e erosão.

A análise da vertente justifica-se por entendê-la como elemento dominante do relevo e categoria central na sua dinâmica processual (CASSETI, 1995). O autor destaca ainda que nas vertentes se materializam as relações de apropriação da natureza pelo homem.

Análise de Vertente e Processos Morfogenéticos

A geometria das vertentes atua direta e indiretamente no escoamento superficial e nos desenvolvimento dos processos erosivos, apresentando uma relação importante das implicações do balanço de materiais e natureza dos processos morfogenéticos e pedogenéticos (IBGE, 2009).

Cassetti (1995) salientou a importância da geometria das vertentes, considerando que além do fator declividade, as formas geométricas das vertentes

devem ser abordadas como intensificadores dos processos morfogenéticos ou diferenciadores da intensidade de fluxo por terra.

Nessa perspectiva, se estabelece uma relação entre geometria de vertente e os processos de pedogênese e morfogênese, apontando para o conceito de balanço morfogenético, que pode ser entendido como a relação da vertente em propiciar o desenvolvimento dos solos (componente vertical ou perpendicular - pedogênese) ou desenvolvimento dos processos erosivos (componente paralelo - morfogênese) (Figura 13).

O balanço morfogenético apresenta ainda uma relação estrita com a geometria das vertentes por estar intrinsecamente ligada à dinâmica de fluxo do escoamento superficial e infiltração de água no solo.

O intemperismo e a pedogênese correspondem aos componentes verticais - perpendiculares, a ação combinada desses componentes tem o efeito de aumentar a espessura do regolito e da formação dos solos (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Os processos morfogenéticos correspondem aos componentes paralelos, tais processos se caracterizam pela remoção de detritos das vertentes, resultando na perda de solos e esculturação do relevo.

Avalia-se que, quando a pedogênese é superior à denudação, predomina um balanço morfogenético negativo. Ao contrário, quando o componente paralelo é superior ao perpendicular, predomina um balanço morfogenético positivo, a denudação predomina sobre a pedogênese (CASSETI, 1995).

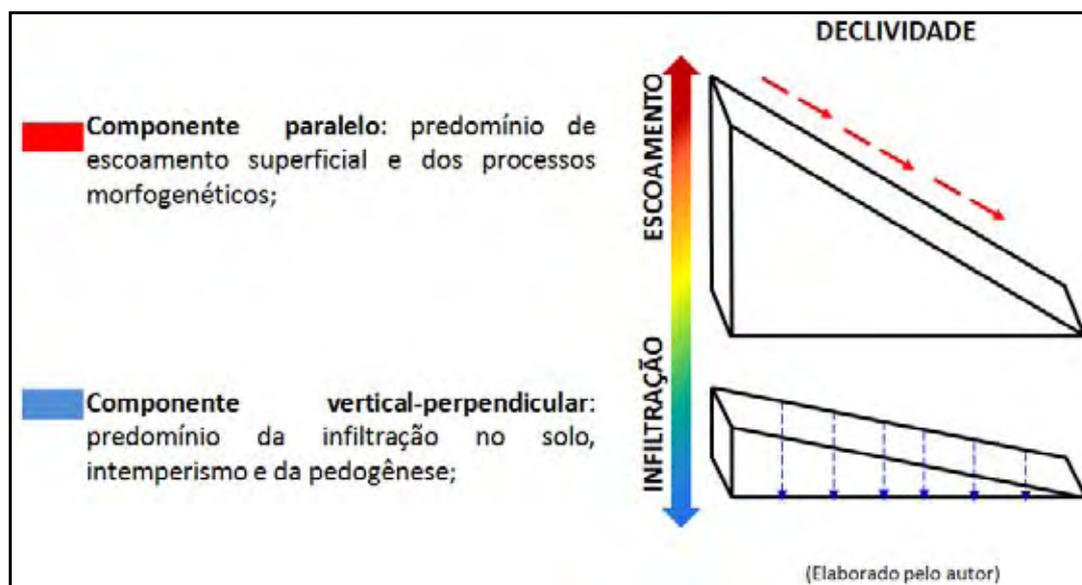


Figura 13: Exemplo de declividade da vertente e processos morfo genético e pedogenético.

Cassetti (1995) observou que com esse resultado, tem-se um balanço morfo genético positivo, com a retirada do material intemperizado, que implica a redução gradativa da camada pedogenizada, e conseqüentemente a intensificação dos processos erosivos.

Portanto, assume-se a postura conforme Guerra (1994) considerando que os fluxos de água concentram-se e aumenta, encosta abaixo, desenvolvendo-se o cisalhamento das partículas do solo, e finalmente a erosão intensifica-se a partir da distância crítica do topo da vertente.

Conforme Bloom (1970) na porção convexa do perfil da vertente verifica-se predominantemente o rastejamento, e nos trechos inferiores, côncavos, predomina o transporte pela água, caracterizado pelo escoamento por filetes.

Na mesma perspectiva Silva *et al.* (2007) considerou que na dinâmica das encostas, é destacada que as formas geométricas côncavas são zonas preferenciais para ocorrência de processos erosivos, em razão da convergência dos fluxos d'água, acelerando a ruptura entre materiais de diferentes características.

O início do escoamento superficial caracteriza-se de forma difusa, em perfil convexo da vertente, em seguida o fluxos adquire uma tipologia constituída de pequenos filetes, em perfil retilíneo, e na porção da vertente de perfil côncavo

os filetes aumentam capacitando o fluxo a transportar partículas maiores do que as removidas pelo escoamento inicial difuso (BIGARELLA, 2003) (Figura 14).

Nesses termos. Bigarella (2003) considerou que:

[...] A força erosiva do escoamento aumenta com a distância vertente abaixo e com a sua declividade. Numa vertente com perfil convexo - côncavo, a energia do fluxo aproxima-se do máximo na parte mais íngreme, geralmente na porção central do perfil. A maior parte da ação erosiva ocorre abaixo de zona, onde se inicia o fluxo em canais e onde se forma as ravinas. (BIGARELLA, 2003, p.923).

Bloom (1970) também atribui às partes inferiores das encostas, ou seja, aos segmentos côncavos, a maior capacidade de transporte de sedimentos:

Quando dois filetes de água se unem, o pequeno curso de água resultante adquire massa proporcionalmente maior do que o aumento da superfície umedecida. O atrito é reduzido em proporção à descarga, e o pequeno curso de água pode transportar as cargas combinadas dos dois filetes sem perda de velocidade, mas em declive mais suave. (BLOOM, 1970, p.68).

Bigarella (2003) considerou ainda que a saturação dos solos pela água é um fator fundamental nos processos erosivos, pois a partir da saturação solos, há o predomínio do escoamento superficial concentrado. O fluxo concentrado favorece a dissecação do terreno de maneira vertical e aos processos morfogenéticos como a erosão.

Nesse sentido, é feita uma relação intrínseca entre geometria das vertentes, ou seja, as formas que a configuram e o desencadeamento dos fluxos de água e do balanço morfogenético.

Remete-se à Casseti (1995) para sustentar a postura que os segmentos côncavo-convergentes das vertentes apresentam maior vulnerabilidade à perda de solos, devido à ocorrência dos fluxos convergentes e concentrados do escoamento superficial.

[...]a forma geométrica da vertente apresenta uma significativa participação no balanço morfogenético, o que foi evidenciado por Ruhe (1975). Como exemplo: a) as vertentes portadoras de comprimento reto e largura reta respondem pelo domínio do fluxo laminar; b) as representadas por comprimento reto e largura curva respondem por processos complexos (largura convexa: fluxo disperso; largura côncava: fluxo convergente com ocorrência de escoamento concentrado); c) as de comprimento curvo e largura também curva caracterizam processos mais complexos (ocorrência de fluxo concentrado em linhas de drenagem de primeira ordem). (CASSETI, 1995, p.68).

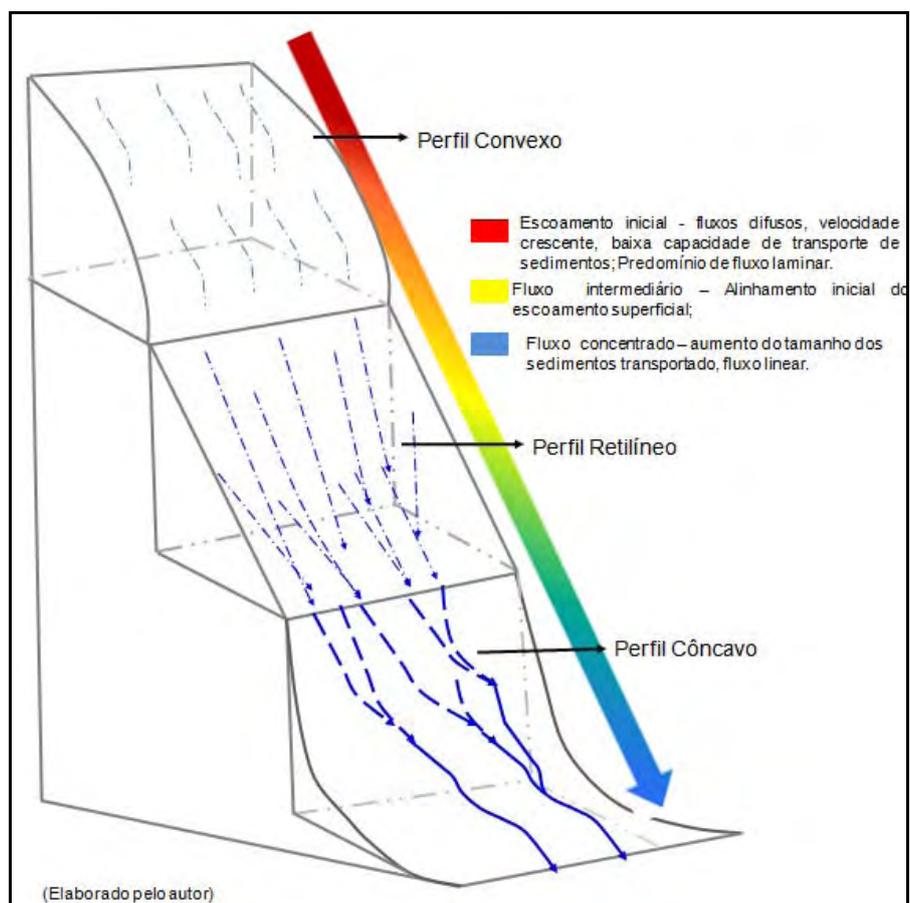


Figura 14 – Relação dos fluxos de água conforme as formas da vertente.

As porções côncavas das vertentes são áreas onde verificam-se as tendências à concentração do escoamento superficial, desse modo o aumento de massa aquosa potencializa o transporte de material detrítico de dimensões maiores, resultando assim, na remoção e deslocamento das partículas superficiais do solo, para um canal de drenagem á jusante.

Destaca-se que a análise das vertentes deve ser abordada como uma unidade, visto que cada segmento de uma vertente está diretamente ligado ao segmento á jusante, e esses segmentos são resultados direto e/ou indiretos dos processos desencadeados á montante.

Curvatura Vertical

Valeriano (2008b) considerou que a curvatura vertical é uma variável de alto poder de identificação de unidade homogêneas do relevo, por referir-se á forma convexo/côncavo do terreno.

A curvatura vertical relaciona-se com os processos de transporte e acumulação de água, minerais e matéria orgânica no solo. Assim, as formas das vertentes poderá ser um indicativo da dinâmica erosiva da área abordada (VALERIANO, 2008b).

Bloom (1970) definiu as encostas quanto ao eixo vertical em perfil convexo, dominadas por rastejamento e predomínio de escoamento superficial, de perfil côncavo como predomínio transporte e acumulação detrítica.

Silva *et al.* (2007) definiu os perfis das vertentes convexo por apresentarem em seus trechos baixos, próximos da base declividades acentuadas, enquanto que nos trechos médios apresentam declividades menores e nos topos apresentam declividades quase nulas (Figura 15).

Os perfis côncavos caracterizam-se, segundo Silva *et al.* (2007), como próximos da base com declividades baixas, nos trechos médios declividades moderadas e próximas aos topos com declividades acentuadas.

Os perfis retilíneos apresentam valores de declividade similares em todos os pontos da vertente.

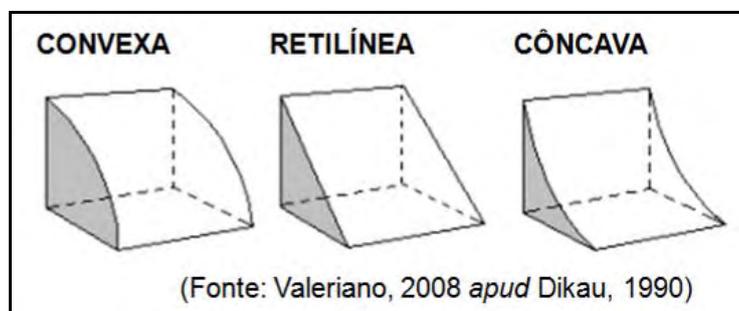


Figura 15: Geometria das vertentes considerando a curvatura vertical.

A percepção da curvatura vertical do terreno no campo, quando não ocorre visualmente (em perfil), se dá pela variação da declividade enquanto se percorre a vertente em sua orientação (direção do desnível) (VALERIANO, 2008a).

[...] Com relação a processos atuais, esta variável está relacionada aos processos de migração e acúmulo de matéria através da superfície (sobretudo água), proporcionados pela gravidade. Por este mecanismo, atua indiretamente no equilíbrio entre os processos de pedogênese/morfogênese, além de influenciar a distribuição local do regime hídrico e, conseqüentemente, o regime térmico (VALERIANO, 2008a, p.36).

Segundo Valeriano e Albuquerque (2010, p. 36), “a estimativa da curvatura vertical se baseia na observação de dois segmentos consecutivos de vertente ao longo de uma linha de fluxo” (Figura 16).

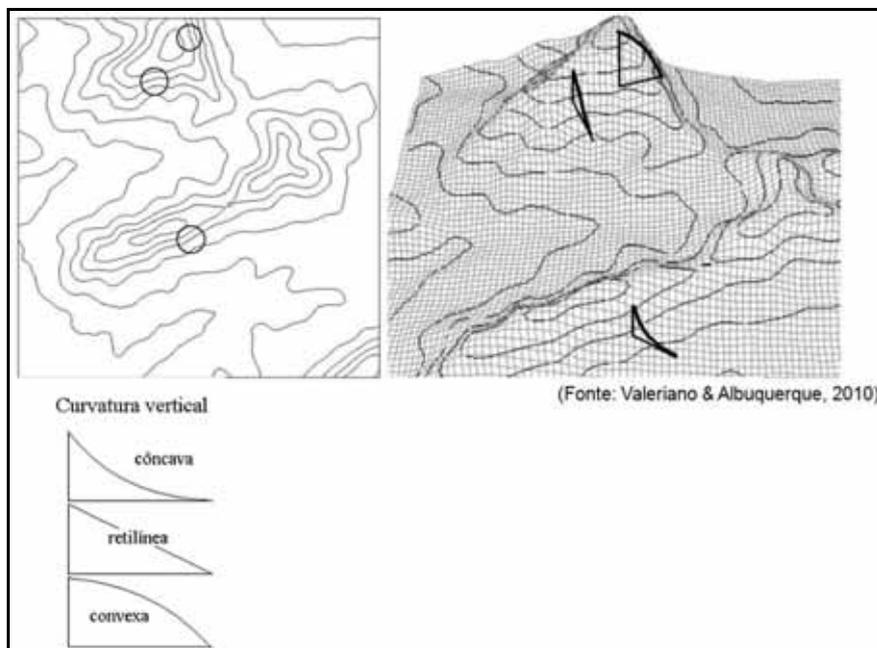


Figura 16: Representação da curvatura vertical.

Para Valeriano (2008a) a definição da curvatura vertical em cartas topográficas demanda da avaliação de no mínimo três curvas de nível próximas, que por meio da progressiva aproximação ou afastamento das curvas de nível ao longo das vertentes, serão definidas as configurações das classes de curvatura vertical.

Valeriano & Albuquerque (2010) considerou que o valor (classe) da curvatura vertical é definido pela diferença de ângulo de declividade em relação à respectiva distância horizontal, assim se não houver diferença desse ângulo, o resultado é nulo, portanto, com curvatura vertical retilínea. Os perfis de vertente convexo apresentam os valores positivos e os perfis côncavos apresentam os valores negativos (Figura 17).

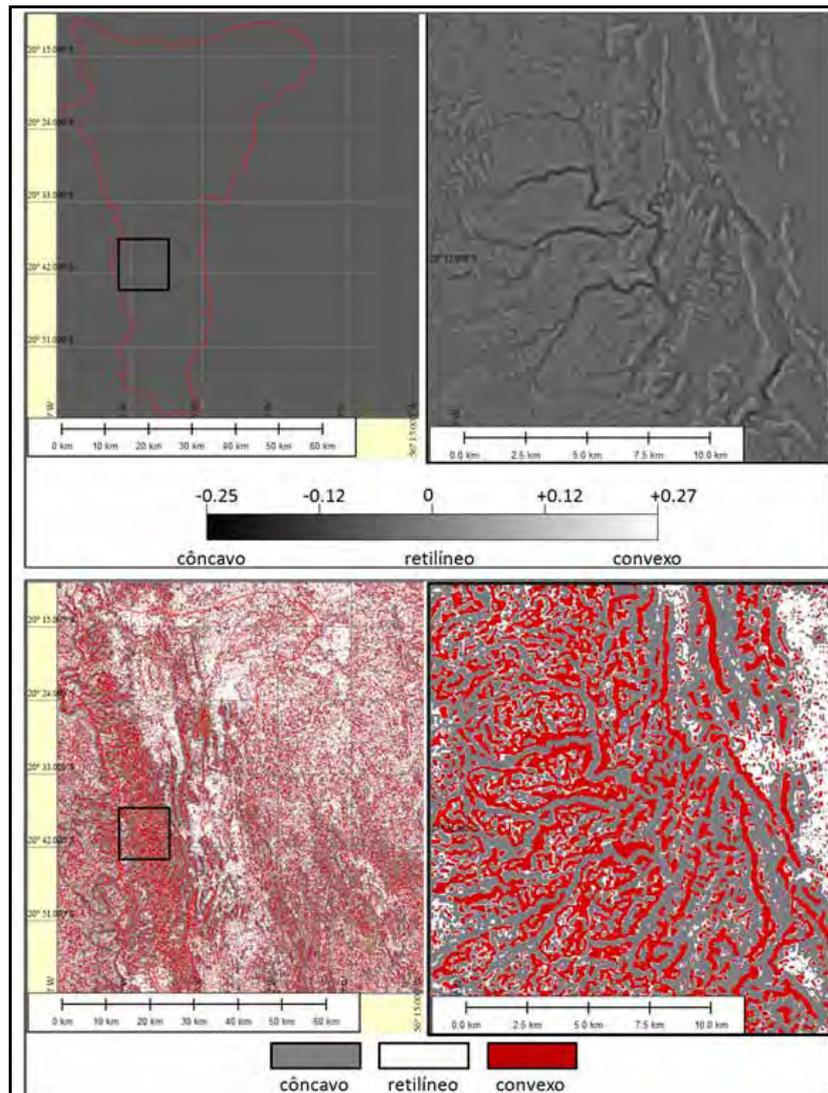


Figura 17: Curvatura vertical em MNT (acima) e fatiado/classificado (abaixo).

Curvatura Horizontal

Segundo Valeriano & Albuquerque (2010, p. 38) “a medida da curvatura horizontal se baseia na mudança da orientação de vertentes em relação à distância horizontal, ao longo das curvas de nível”.

A curvatura horizontal é expressa em ângulo pela distância ($^{\circ}/m$), e representa o formato geométrico horizontal de como as curvas de nível se configuram, ou seja, refere-se à própria curvatura das isolinhas (Figura 18).

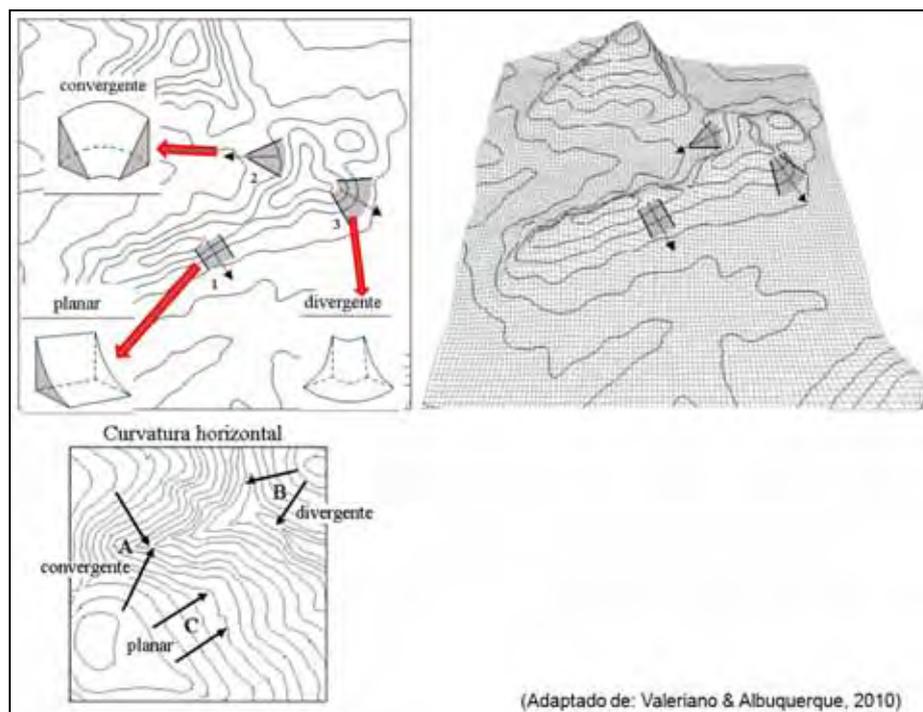


Figura 18 – Representação da curvatura horizontal das vertentes.

A curvatura horizontal das vertentes indicam as áreas de escoamento superficial divergente e convergente, de modo que as vertentes de fluxos concentrados (convergente) tende ao transporte de partículas maiores, que aquelas movidas pelo escoamento laminar difuso (divergente) (BIGARELLA, 2003).

A curvatura horizontal das vertentes refere-se ao direcionamento dos fluxos de água orientados pela forma da vertente. Bloom (1970) definiu as encostas, com relação à curvatura horizontal em “coletoras de água” (vertentes convergentes) e “distribuidoras de água” (vertentes divergentes).

Assim, quanto mais concentrados os fluxos d’água, maior seu potencial de erosão pluvial. A erosão torna-se mais efetiva, pois o material colocado em suspensão nas águas passa a ser transportado vertente abaixo com uma energia capaz de desagregar maiores porções de solo e produzir sulcos de erosão (BIGARELLA, 2003) (Figura 19).

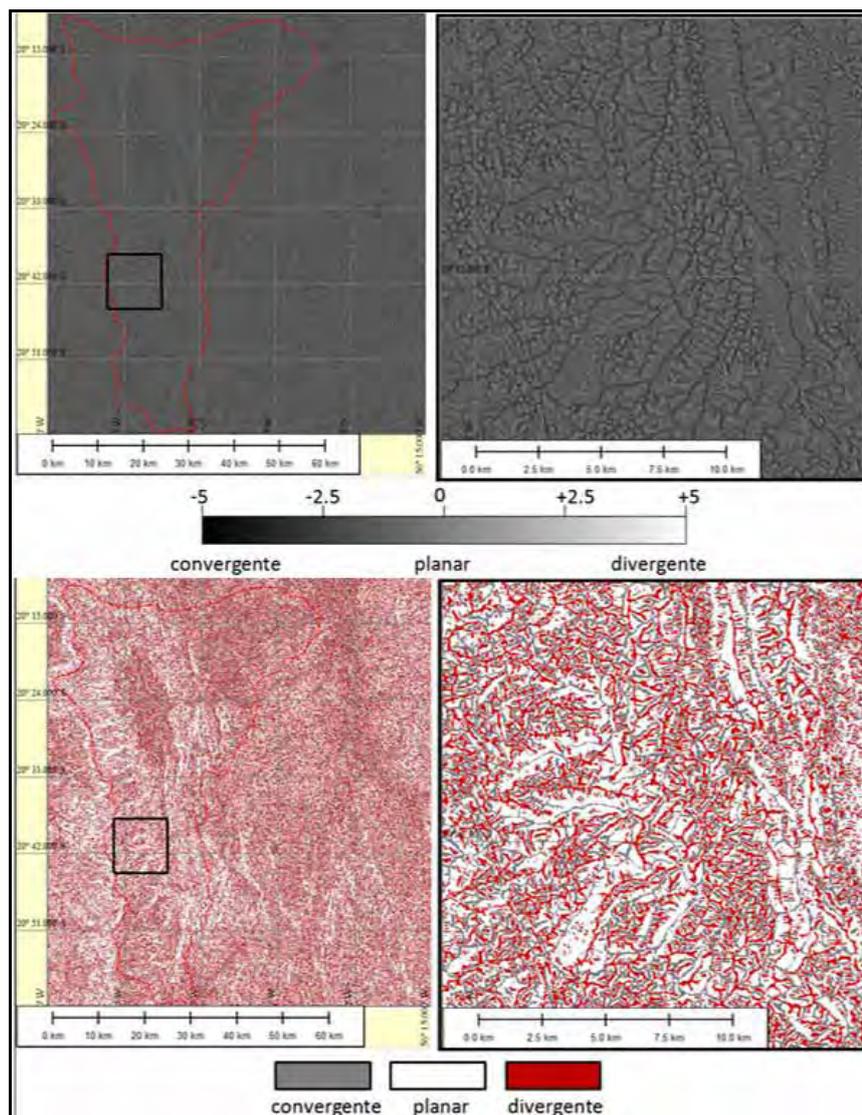


Figura 19: Curvatura horizontal em MNT (acima) e fatiado/classificado (abaixo).

Formas do terreno

As formas do terreno resultam da combinação entre as curvaturas vertical e horizontal. Como produto final da associação da curvatura vertical (côncavo, retilíneo e convexo) e curvatura horizontal (convergente, planar e divergente), estabelecendo-se nove classes distintas para as formas do terreno (VALERIANO, 2008a) (Figura 20).

Desse modo, apoiado na literatura referida no presente estudo, considerou-se a forma do terreno, Côncava - convergente como a classe de maior concentração e acúmulo de escoamento superficial, que corresponderia também à classe com maior vulnerabilidade aos processos erosivos mais intensos.

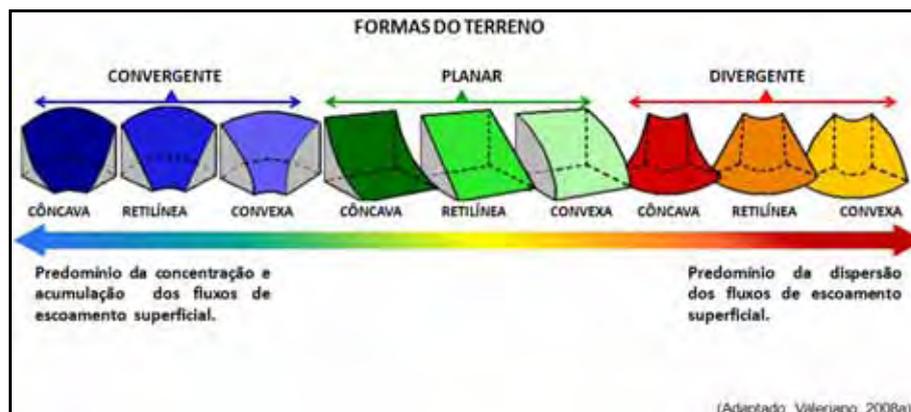


Figura 20 – Classes das formas do terreno.

As formas do terreno Convexas - divergentes caracterizam-se como a classe de maior dispersão do escoamento superficial e menor concentração e acúmulo.

Essas classes apresentam formas do terreno onde o escoamento superficial apresenta baixa capacidade de transporte e de remoção das partículas do solo, portanto, apresentam baixa vulnerabilidade à perda de solos.

IV- Cobertura vegetal

Segundo Silva et al. (2007) a cobertura do solo é um fator que está fortemente ligado, além da dimensão ambiental, às dimensões econômicas, sociais e culturais de uma região, esses fatores em conjunto podem explicar o modo pelo qual o solo de uma região vem sendo manejado de uma determinada forma.

A cobertura vegetal tem um papel importante na proteção da superfície dos solos, desse modo, quanto mais protegida por essa cobertura estiver a superfície do solo contra a ação da chuva, menor será nele a disposição para a ocorrência da erosão (PRUSKI, 2006).

Pruski (2006) enfatizou ainda como a cobertura vegetal se relaciona nos processos erosivos:

Além de aumentar a quantidade de água interceptada, a vegetação amortece a energia de impacto das gotas de chuva, reduzindo a destruição dos agregados, a obstrução dos poros e o selamento superficial do solo. A cobertura vegetal na superfície também reduz a velocidade do escoamento superficial, pelo aumento da rugosidade hidráulica do seu percurso. (PRUSKI, 2006, p.50).

Conseqüentemente, a retirada da cobertura vegetal, que funciona como uma proteção natural dos solos influenciará na intensificação da erosão, proporcionando ainda a incidência da radiação solar na superfície do solo, o que pode implicar na destruição da matéria orgânica do solo.

Para Botelho (2005) a identificação dos diferentes tipos de cobertura vegetal atual, pode indicar além do nível de proteção, uma maior resistência à ação dos processos erosivos.

De acordo com a cobertura vegetal de uma área, a desagregação e o transporte das partículas podem variar conforme o sistema de cultivo, o qual torna o solo mais suscetível à erosão que outro (LEPSCH, 2002).

Assim, os processos erosivos variam sua intensidade dependendo dos tipos de cultivos, por exemplo, os solos onde são desenvolvidas culturas anuais como milho, soja e arroz, apresentam-se mais expostos que culturas perenes. Portanto, para cada tipo de cultivo necessita-se de um tipo de práticas conservacionistas específicas, visando à conservação dos solos.

V- Litologias

Cada tipo de rocha associada à outros fatores, como o clima, vegetação, relevo, são responsáveis pela formação dos distintos tipos de solos, assim, a composição dos solos é associado ao seu material de origem, ou seja, à sua formação geológica.

Conforme Silva *et al.* (2007) a rocha sofre o processo de intemperismo quando aflora na superfície e passa a sofrer diretamente o impacto das águas das chuvas e de outros agentes intempéricos.

As taxas de erosão das rochas são muito variáveis dependendo da composição química dos minerais que a formam e da consistência desses materiais, dependendo ainda do grau de alteração intempérica das rochas (quanto mais alteradas, mais suscetíveis à erosão).

A resistência da rocha à erosão é consequência da sua natureza litológica, da sua estrutura, e da história da evolução do ambiente geológico em que se encontra (BECKER e EGLER, 1996).

2.2- ANÁLISE ESPACIAL COMO UMA FERRAMENTA PARA ANÁLISE DA PAISAGEM.

O presente tópico da tese é dedicado à reflexão do conceito de análise espacial e sua aplicabilidade como aporte para análise da paisagem, tendo objetivo central situar a análise espacial como suporte técnico-operacional na reflexão teórica, numa perspectiva da análise integrada da paisagem.

Nesse sentido, remete-se a alguns dos conceitos base dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), no qual busca-se compreender sua arquitetura, para enfim abordar a análise espacial no contexto do sistema de informação.

Ressalta-se que a análise espacial não está limitada ao diagnóstico e/ou avaliação do espaço, portanto, assume-se a postura na presente proposta, que a análise espacial no contexto do SIG, pode ser definida como a análise das configurações e formas expressas no resultado direto das relações entre sociedade e natureza, portanto, na análise de atributos, fenômenos e dinâmicas, passíveis de serem correlacionadas, numa determinada área.

Observa-se que análise espacial em SIG está intrinsecamente ligada à análise de dados geográficos, não restringindo-se ao conceito de espaço geográfico, pois, o espaço não corresponde apenas às formas resultantes das relações entre homem e natureza, e sim, "O espaço são essas formas mais a vida que as anima" (SANTOS, 1997, p.66).

Segundo Santos (1997) o espaço geográfico é definido como a interação dos sistemas de ação com os sistemas de objetos, porém, análise espacial em SIG se aproxima apenas das formas resultantes dessa interação, ou seja, do espaço absoluto, definido como o lugar de ocorrência do fenômeno geográfico.

Desse modo, Suertegaray (2001) considerou:

Inicialmente, assim como o tempo, o espaço foi concebido à maneira de Kant, como espaço absoluto, espaço receptáculo, espaço continente, lugar de ocorrência do fenômeno geográfico. Adquiriu dimensões específicas, tornou-se demarcável, passível de delimitação, de localização, de forma absoluta. A cartografia de base e a localização absoluta (coordenadas geográficas) foi em parte o suporte desta concepção. (SUERTEGARAY, 2001, s/p).

Nessa perspectiva, salienta-se ainda que, o termo “espacial” em SIG, adota uma conotação de estrutura topológica²⁰, relacionada à localidade e dimensionamento dos elementos, fenômenos e atributos estudados.

Câmara & Monteiro (2001, s. p.) enfatizam a distinção entre o espaço topológico/absoluto, abordado em SIG, e o conceito de espaço geográfico: “estamos nos referindo ao espaço computacionalmente representado e não aos conceitos abstratos de espaço geográfico”.

Portanto, é importante distinguir as dimensões e limitações da análise espacial em SIG, diferenciando o espaço geográfico (conceito), e o espaço absoluto (categoria), para que não haja confusão conceitual que prejudique a abordagem metodológica da pesquisa.

Desse modo, Câmara & Monteiro (2001, s.p.), observam que “para utilizar um SIG, é preciso que cada especialista transforme conceitos de sua disciplina em representações computacionais”.

Essa preocupação de cunho teórico é fundamental na utilização dos SIG's, pois o que irá distinguir uma abordagem meramente técnica, da análise geográfica com SIG, serão os fundamentos teórico-conceituais da ciência geográfica.

Nesse sentido, Câmara et al. (2001a) expõe as dificuldades ao se tratar de alguns conceitos e fenômenos geográficos:

No caso de fenômenos socioeconômicos, os processos tem uma complexidade muito maior, por envolver, além de fenômenos físicos, componentes de construção da realidade social. Neste sentido, vale a pena destacar o exposto em (Searle, 1995): a realidade social envolve um componente físico (externo à nossa percepção) e um componente mental, que resulta de consenso estabelecido em procedimentos jurídicos e culturais de cada sociedade. Deste modo, a aplicação do conceito de sistemas de ações à modelagem computacional de fenômenos socioeconômicos não pode ser reduzida à premissa funcionalista de que é possível derivar modelos matemáticos que descrevam o comportamento dos agentes sociais. (Câmara et al. 2001, p.134).

²⁰ A estruturação topológica constitui-se como relações espaciais entre elementos gráficos vetoriais, em termos de *conectividade* (se os elementos estão ligados ou não), *contiguidade* (identificação do contato de elementos) e *proximidade* (distância entre dois elementos).

Para Câmara et al. (2001a) a importância da utilização de modelos em SIG's, para representação dos fenômenos geográficos, mesmo apresentando o problema de cunho metodológico para representar os fenômenos e elementos socioeconômicos.

Apesar disto, considerou-se útil e válido a proposição de modelos que, com crescente sofisticação e inevitável reducionismo, possam simular parte do comportamento dos diferentes processos socioeconômico-ambientais. (Câmara et al. 2001a, p.135).

Nessa perspectiva a análise espacial em SIG, permite assim uma aproximação de outras categorias na Geografia além do espaço, como, por exemplo: paisagem, território, região e lugar.

Porque as categorias geográficas apresentam como ponto de convergência os dados geográficos, observados no espaço e no tempo, cuja análise específica de cada categoria abordada dependerá primordialmente das bases teóricas utilizadas pelo usuário dos SIG's.

Assim, Konecny (2003) enfatiza a importância dos SIG's no levantamento, processamento e análise de dados como um suporte nas tomadas de decisões:

In the narrow sense, a GIS consists of a system for data input in vector form, in raster form and in alphanumeric form, a CPU containing programs for data processing, data storage and data analysis and of facilities for data processing, data analysis and of facilities for visualization and hard copy output of the data. In a broad sense, a GIS includes the data, which are managed by an administration or a unit conducting a project for the purposes of data inventory, data analysis and data presentation for administrative support or for decision support²¹ (KONECNY, 2003 p.184).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), na condição de uma importante ferramenta técnico-operacional para mapeamento das unidades da paisagem, permitem a integração, manuseio e relação entre Planos de Informações (PI's), possibilitando ainda a transformação de dados brutos em

²¹ **Tradução nossa:** "No sentido estrito, um SIG consiste em um sistema de entrada de dados no formato vetorial, no formato raster (matriz) e em formato alfanumérico, um computador contendo programas para processamento, armazenamento e análise de dados, além de facilidades para processamento, análise de dados, e para visualização e uma cópia impressa dos dados. Em um sentido amplo, um SIG inclui dados, que são gerenciados por um administrador ou uma unidade para realizar um projeto de inventário de dados, análise de dados e apresentação de dados como suporte administrativo ou de suporte à decisão."

informações úteis, politicamente relevantes no contexto ambiental e socioeconômico (LANG & BLASCHKE, 2009).

2.2.1- ESTRUTURA E FUNÇÕES DE PROCESSAMENTO DOS SIGs

Os SIGs possibilitam a integração, na mesma base de dados, de informações geográficas oriundas de fontes distintas tais como dados cartográficos, dados de censo e de cadastro urbano e rural, imagens de satélite e modelos numéricos de terreno, e oferecem ainda “mecanismos para recuperar, manipular e visualizar estes dados, através de algoritmos de manipulação e análise” (CÂMARA et al. 1996, p. 22).

Destaca-se que o termo Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é utilizado para sistemas que efetivam “o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial” (DAVIS e CÂMARA, 2001, p.42).

Desse modo, os SIG's permitem a inter-relação de dados a partir do fundamento comum da localização geográfica, cujo princípio básico é que todo dado inserido na interface de um SIG, deve estar georreferenciados, ou seja, tem uma localização na superfície terrestre baseado em projeções cartográficas (CÂMARA e MONTEIRO, 2001).

Segundo Fitz (2008) os componentes constituintes para funcionamento de SIGs que é composta por:

Hardware: é a plataforma computacional;

Software: os programas, módulos e programas vinculados;

Dados: pode ser definido como as informações resultantes de uma investigação, normalmente são estruturadas em Planos de Informações (P.I).

Usuário: Profissional que manuseia o *software*.

Davis e Câmara (2001) apresentam uma visão mais abrangente, para indicar a estrutura geral de um SIG (Figura 21):

- Interface com usuário;

- Entrada e integração de dados;
- Funções de consulta e análise espacial;
- Visualização e plotagem;
- Armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos).

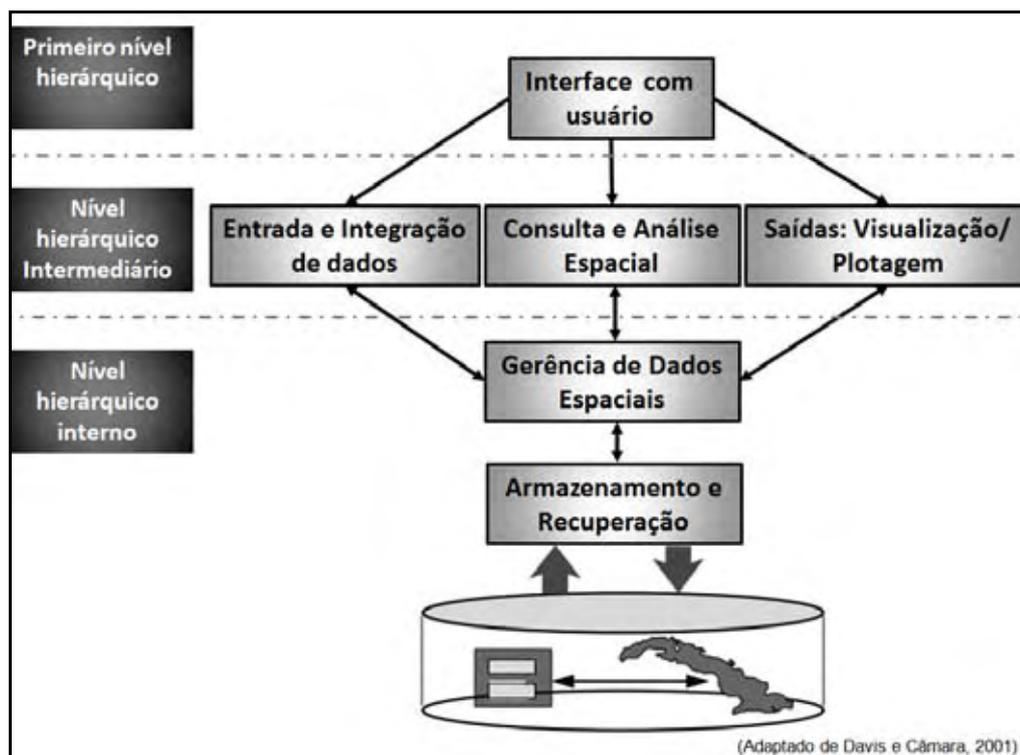


Figura 21: Estrutura geral de SIG.

Observa-se que a interface com usuário definirá como o sistema será operado e controlado, portanto, a partir dos objetivos definidos pelo usuário, serão obtidos resultados no SIG, essa interface corresponde ao primeiro nível na hierarquia do SIG.

As entradas e integrações de dados, as funções de consulta e análise espacial, visualização e saídas como plotagens, são destacadas como um nível intermediário do SIG, que correspondem aos mecanismos de processamentos de dados espaciais.

O sistema de gerência de bancos dados permite que os dados geográficos e seus atributos sejam armazenados e recuperados, em um nível mais interno do sistema, que corresponderia ao hardware utilizado pelo usuário.

Konecny (2003) destaca uma distinção importante na estrutura dos SIGs, enfatizando que num sentido restrito corresponderia ao nível hierárquico interno do SIG, e num sentido amplo, corresponderia ao primeiro e ao nível hierárquico intermediário.

A geographic information system (GIS), in a narrow definition, is a computer system for the input, manipulation, storage and output of digital spatial data. In a more broad definition it is a digital system for the acquisition, management, analysis and visualization of spatial data for the purposes of planning, administering and monitoring the natural and social-economic environment. It represents a digital model of geography in its widest sense²² (KONECNY, 2003 p.183).

Lang & Blaschke (2009) enfatizam que o auxílio dos SIGs, permite “explicar e visualizar relações espaciais”, possibilitando ainda representar e apresentar essas relações em formato de mapas, além de desenvolver cenários espaciais e avaliar as intervenções humanas inseridas em paisagens naturais.

Segundo Câmara (1993) a característica fundamental de um sistema de geoprocessamento é sua faculdade de armazenar, recuperar e analisar mapas num ambiente computacional. No ambiente de SIG o mapa pode ser considerado uma representação gráfica de fenômenos geográficos, geralmente em uma superfície plana.

Nesse sentido, Fitz (2008) considerou que é possível interpretar que as funções de um SIG estão vinculadas à própria estrutura do sistema, a qual se relaciona com os imperativos do usuário.

Observa-se ainda que as principais funções de processamentos de dados geográficos como as entradas e integrações de dados, as funções de consulta e análise espacial, visualização e saídas estão situados no nível hierárquico intermediário da estrutura do SIG.

Para Fitz (2008) as principais funções do SIG são a aquisição e edição de dados (entrada de dados, *input*), gerenciamento do banco de dados (manuseio e

²² **Tradução nossa:** "Um Sistema de Informação Geográfica (SIG), em uma definição mais restrita, é um sistema de computador para a entrada, manipulação, armazenamento e saída de dados digitais espaciais. Em uma definição mais ampla é um sistema digital de aquisição, gestão, análise e visualização de dados espaciais para fins de planejamento, gestão e monitoramento do ambiente natural e socioeconômico. Ele representa um modelo digital da Geografia em seu sentido mais amplo".

escolha de variáveis), análise geográfica de dados (correlações e sobreposição de variáveis) e representação de dados (mapas, gráficos, tabelas, relatórios).

É importantes ressaltar que os SIGs abrangem diferentes tipos de dados geográficos, como imagens de satélites, modelos numéricos de terreno, vetores, *raster*. Desse modo, possibilitam a integração em uma única base de dados dos diferentes tipos de dados geográficos.

Uma característica básica e geral de um SIG é a sua capacidade de tratar as relações espaciais entre objetos geográficos. Denota-se por topologia a estrutura de relacionamentos espaciais (vizinhas, proximidade, pertinência) que podem se estabelecer entre objetos geográficos. (CÂMARA, 1993, p. 15).

O autor considera que o armazenamento da topologia de um mapa é uma das características básicas que diferenciam os SIG's de outros sistemas computacionais, outra diferença marcante é a capacidade de tratar as diversas projeções cartográficas.

Os SIGs possibilitam as aplicações de funções como a análise geográfica, que pode ser definida como a combinação de informações temáticas, que consistem em funções como a superposição, ponderação, medidas e consulta de banco de dados.

Conforme Felgueiras & Câmara, (1993) a análise espacial geográfica permite ao usuário obter novas informações a partir da análise e da integração dos dados espaciais disponíveis em vários PI's na base dados.

A análise espacial é composta por um conjunto de procedimentos encadeados cuja finalidade é a escolha de um modelo inferencial que considere explicitamente o relacionamento espacial presente no fenômeno. Os procedimentos iniciais da análise incluem o conjunto de métodos genéricos de análise exploratória e a visualização dos dados, em geral através de mapas. Essas técnicas permitem descrever a distribuição das variáveis de estudo, identificar observações atípicas (*outliers*) não só em relação ao tipo de distribuição, mas também em relação aos vizinhos, e buscar a existência de padrões na distribuição espacial. Através desses procedimentos é possível estabelecer hipóteses sobre as observações, de forma a selecionar o modelo inferencial melhor suportado pelos dados. (CÂMARA *et al.* 2003. s.p.).

Nesse sentido, a presente pesquisa destaca a análise espacial de dados geográficos como principal aporte para a obtenção de resultados, no qual é destacada a sobreposição de camadas, modelagem de mapas sínteses, a partir da utilização de álgebra de mapas.

A análise espacial tem por objetivo primordial responder questões levantadas a partir de uma problemática, cujos resultados alcançados por meio da análise espacial como mapas, gráficos, tabelas e textos, permitirão observar na medida do possível uma análise de determinada realidade (Quadro 2).

Quadro 2: Exemplos de Análise Espacial.

| ANÁLISE | PERGUNTA GERAL | EXEMPLO |
|-------------|-----------------------------|--|
| Condição | O que está...? E como está? | O que ocupa uma área e, como essa ocupação ocorre? |
| Localização | Onde está...? | Áreas mais vulneráveis à perda de solos |
| Tendência | O que mudou...? | Houve diminuição das áreas de floresta nas últimas décadas? |
| Padrões | Qual o padrão...? | Como se distribui as principais áreas de vulnerabilidade à perda de solos, e por quê? |
| Modelos | O que acontece se...? | Com o impacto do aumento do desmatamento nas áreas de vulnerabilidade natural das paisagens. |

(Adaptado de CÂMARA, 1996)

Lang & Blaschke (2009) fizeram as seguintes considerações sobre a análise espacial:

Métodos de análise espacial servem para a pesquisa de relações espaciais entre entidades dentro de uma ou mais camadas de dados. (...) A análise espacial apoiada em SIG objetiva fundamentalmente gerar novas informações, o que se dá por meio da manipulação e integração com camadas de dados já existentes. Essa nova geração de informações serve para apoiar decisões referentes a áreas. (LANG e BLASCHKE, 2009, p.63).

Os autores citados acima consideram que a análise espacial seria a relação de camadas (**layers**), que pode diferenciar-se em análise horizontal ou vertical, no qual a análise horizontal corresponderia a uma relação de adjacência/vizinhança, ou seja, uma análise comparativa entre áreas distintas (Figura 22).

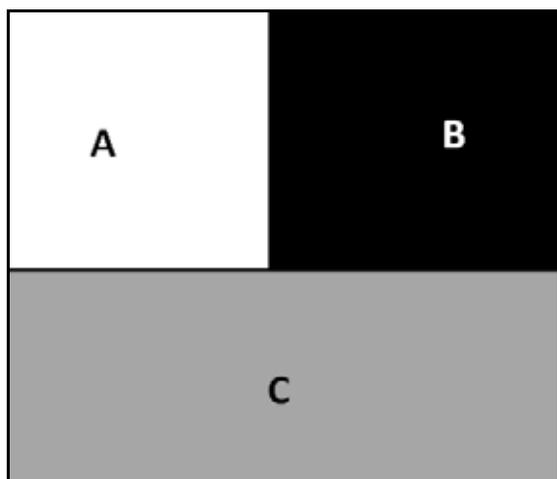


Figura 22: Relação espacial de adjacência.

Na análise espacial “horizontal” verificam-se os diferentes padrões e formas das áreas analisadas, observam-se também as relações de distâncias entre uma área e outra. Esse tipo de análise permite constatar, os atributos separadamente de áreas circunvizinhas distintas, por exemplo, na figura 22 observa-se que a área “A” tem como atributo a cor branca e forma quadrada, diferente da área “B” que apresenta como atributo a cor preta e forma quadrada e também diferente da área “C” que apresenta uma configuração distinta das outras duas, pois se caracteriza pelo atributo da cor cinza e forma de retângulo.

Segundo Lang & Blaschke (2009) outro tipo de análise espacial é a análise “vertical”, que é definida como uma antítese à análise “horizontal”, porque designa todos os métodos de análise, nos quais várias camadas//*layers* de dados são analisadas de forma integrada, ou seja, são sobrepostas, combinadas e entrecortadas.

A figura 23 mostra um exemplo de uma área, na qual são analisadas variáveis diferentes, e por meio da análise espacial “vertical” as variáveis são correlacionadas resultando em uma nova informação contendo os atributos dos *layers* base.

Na figura 23, observa-se que são correlacionados quatro Planos de Informações com diferentes atributos (conteúdo). Os atributos aqui caracterizam-se pelas cores e pelas hachuras, assim a inter-relação dessas variáveis resultaram em um Plano de Informação síntese (A-B-C-D) contendo os atributos de todas as variáveis correlacionadas.

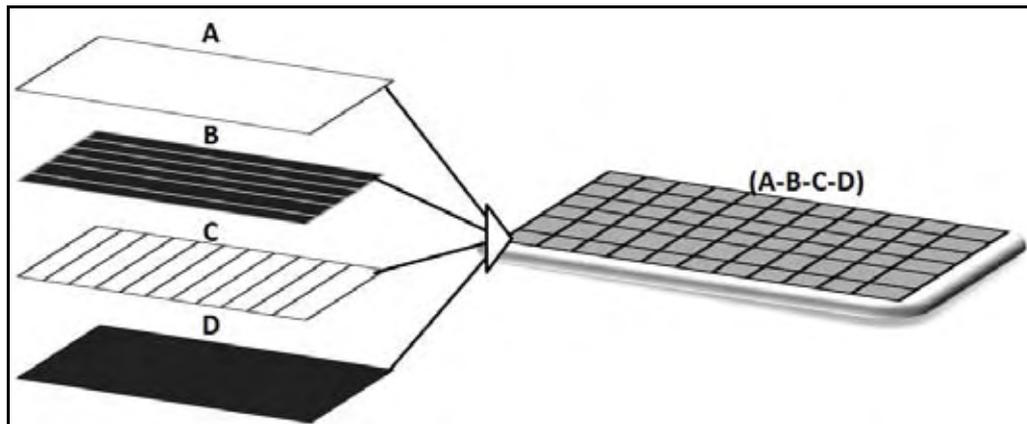


Figura 23: Exemplo de análise espacial “vertical”.

Esse tipo de abordagem normalmente é utilizado na análise integrada da paisagem, que é caracterizada pela correlação dos elementos da paisagem, inclusive considerando o fator antrópico que se caracteriza pelos tipos de usos da terra, resultando na definição das unidades da paisagem.

Assim, o banco de dados do SIG deve estar organizado de acordo com a estrutura dos elementos da paisagem que serão avaliados a partir da análise espacial para definição das unidades da paisagem (Figura 24).

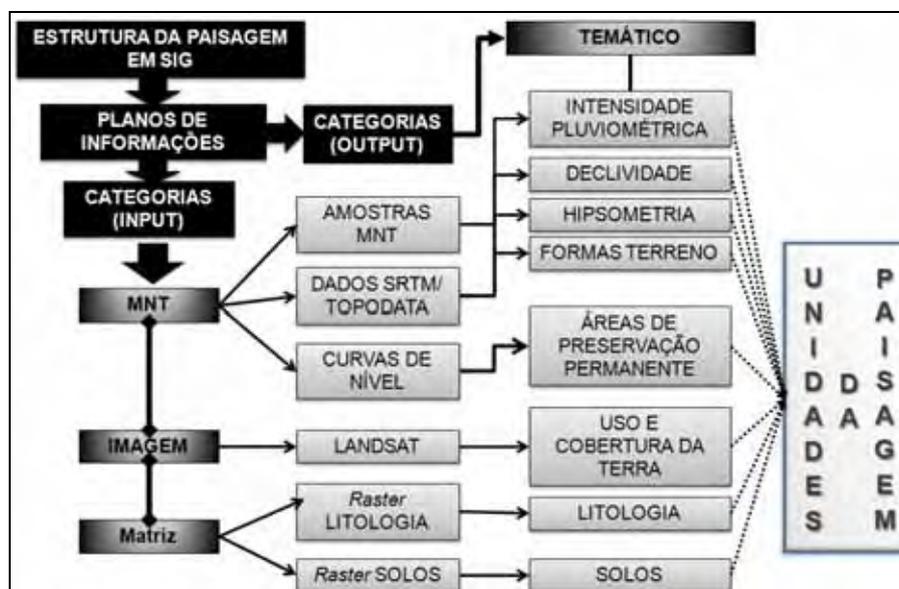


Figura 24: Estrutura da paisagem em SIG.

Os procedimentos para análise espacial de dados geográficos em SIG podem ser resumidamente definidos nas seguintes etapas principais:

➤ **Definição dos dados de entrada.**

A escolha das variáveis dependerá primordialmente do tipo de análise realizada, ou seja, as variáveis deverão ser escolhidas, a partir dos objetivos da pesquisa. Por exemplo, análise da vulnerabilidade à perda de solos, no qual serão analisadas as variáveis como litologia, uso da terra e cobertura vegetal, relevo, intensidade pluviométrica e tipos de solos, conforme visualizou-se na figura 24.

➤ **Operações em Geo-campo e álgebra de mapas.**

Antes de abordar a álgebra de mapas é necessário destacar o conceito de geo-campo, que segundo Câmara e Monteiro (2001) corresponde à distribuição espacial de uma variável que possui valores em todos os pontos de uma superfície qualquer, os geo-campos podem ser apresentados em diferentes modelos de dados como temático, numérico (MNT) e imagens.

Nesse sentido, a presente pesquisa adotou principalmente as operações pontuais em geo-campos, como principal ferramenta de análise dos dados geográficos.

Segundo Câmara et al. (2001b):

As operações pontuais geram como saída um geo-campo cujos valores são função apenas dos valores dos geo-campos de entrada em cada localização correspondente. Podem operar apenas sobre um campo (e.g, fatiar um modelo numérico de terreno, classificar uma imagem) ou realizar intersecções entre conjuntos espaciais (e.g. operações booleanas entre mapas temáticos). (CÂMARA, et al. 2001b, p.212).

Desse modo, as operações pontuais determinarão a partir dos dados de entrada os resultados dos dados de saída, baseado em um único P.I de origem, ou na combinação de dois ou mais P.Is.

As operações em geo-campos, permitem distintas possibilidades de análise, destacando-se as **Operações de Transformações/Unitárias, Operações Booleanas e Operações Matemáticas.**

Operações de Transformações/Unitárias

Assim, após a escolha dos Planos de Informações, contendo as variáveis selecionadas, elabora-se no módulo de “Análise Espacial” do SPRING, um Programa em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), onde serão correlacionados, ponderados, fatiados ou reclassificados, de acordo

com os objetivos do usuário e dos Planos de Informações disponíveis em banco de dados.

Conforme Câmara et al. (2001b) as operações de transformações/unitárias caracterizam-se por realizar mapeamentos entre diferentes tipos de geo-campos, nessa operação é necessária definição do mapeamento entre os domínios de entrada e de saída sob a forma de uma tabela (Figura 25), que permitirá a transformação de um tipo modelo de dado em outro, por meio de operações como ponderação, reclassificação, ou fatiamento (Quadro 3).

Quadro 3- Operação de Transformação

| Nome da Operação | Modelo de dados do P.I. de Entrada | Modelo de dados do P.I. de Saída |
|------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Ponderação | Temático | MNT |
| Fatiamento | Imagem/MNT | Temático |
| Reclassificação | Temático | Temático |

O quadro 4 mostra a tabela utilizada na operação de transformação, no qual um Plano de Informação temático “solos_salobra” é convertido em um Plano de Informação Numérico/MNT “pond_salobra”, por meio da operação de ponderação, esse mesmo procedimento, pode ser utilizado em operações de reclassificação e fatiamento.

Quadro 4: Exemplo de ponderação utilizando programação em LEGAL.

```

1
//declaracoes
Tematico solos ("solos_salobra");
MNT pond ("pond_solos");
Tabela tabsolos (Ponderacao);

//instanciacoess
solos = Recuperar( Nome = "solos_salobra" );
pond = Novo( Nome = "solos_ponderado" , ResX = 30 , ResY = 30 , Escala = 60000);
tabsolos = Novo( CategoriaIni = "solos_salobra",
  "nitossolos" : 0.66,
  "cherno_rendz" : 1.00,
  "plano_natrico" : 0.66,
  "luvissolos" : 0.66,
  "plano_hidromor" : 0.66,
  "cherno_argiluvico" : 0.66,
  "vertissolos" : 0.66,
  "gleissolos" : 1.00,
  "neo_litolico" : 1.00,
  "neo_regolitico" : 1.00 );

//operacoes
pond = Pondere ( solos , tabsolos );
3

```

Tabela de ponderação

Nesse sentido, a ponderação é definida como a atribuição dos valores para cada Plano de Informação selecionado, que resultará em uma grade de

valores, derivando assim, em uma imagem MNT ponderada, com valor estabelecido pelo usuário.

Desse modo, são atribuído pesos (valores) correspondente às característica de cada P.I selecionado, e de acordo com os objetivos e metodologia da investigação (Figura 25).

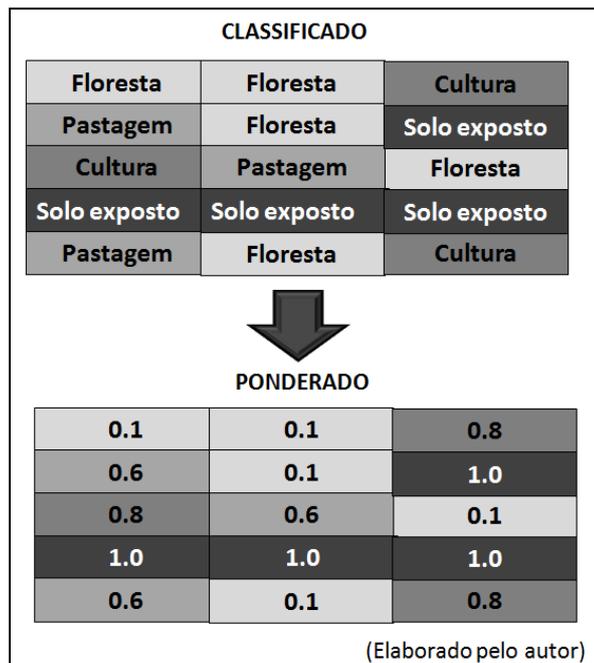


Figura 25: Exemplo do processo de ponderação.

A ponderação pode ser antecedida pelo procedimento de reclassificação que constitui-se na substituição de valores de entidades gráficas por outros, conforme a necessidade do usuário (FITZ, 2008).

Conforme Fitz (2008) o processo de reclassificação consiste na alteração da imagem original, resultando na criação de novas categorias a partir dela (Figura 26).

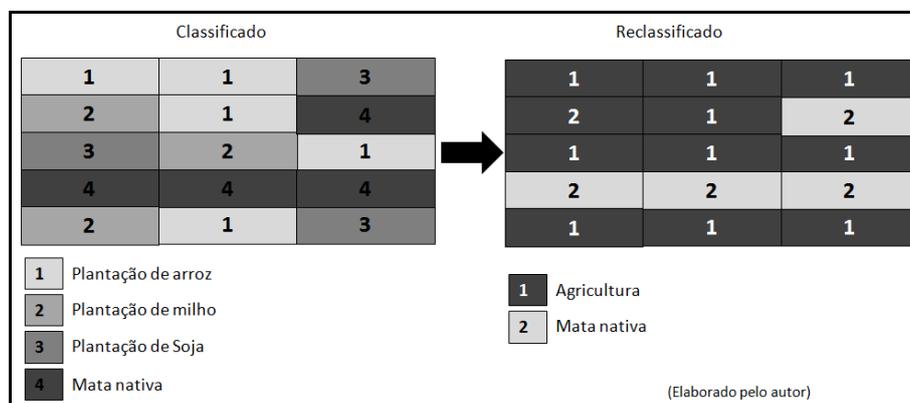


Figura 26 – Exemplo do processo de reclassificação.

Outra operação de Transformação comumente utilizada na análise de dados geográficos é o Fatiamento, que permite o estabelecimento de classes temáticas a partir de MNT ou Imagem, que pode ser determinado por meio de Programação em LEGAL (Figura 27) ou via *MENU* (quadro 5).

Quadro 5: Exemplo de programação em LEGAL para Fatiamento.

```

{
//Declaracoes
MNT decl ("declividade_mnt");
Tematico tema ("declividade");
Tabela tab (Fatiamento);

//Instanciacoes
decl = Recuperar( Nome = "declive" );
tema = Novo( Nome = "declividade_tema", ResX = 30 , ResY = 30 , Escala = 60000 );
tab = Novo( CategoriaFim = "declividade",
[0 , 3] : "plana",
[3 , 8] : "suave_ondulado",
[8 , 20] : "ondulado",
[20 , 45] : "fortemente_ondulado",
[> 45 ] : "extre_dissecado" );

//Operacoes
tema= Fatie ( decl , tab );
}

```

O exemplo do quadro 5 corresponde ao fatiamento de um modelo em MNT de declividade, que apresenta as classes de declividade em %, para um modelo temático de declividade, no qual são atribuídas as nomenclaturas correspondentes à cada faixa de declividade.

O Fatiamento em SIG pode ser definido como um procedimento para conversão de modelos de dados MNT ou Imagem, em modelos dados temáticos.

Por meio do fatiamento é possível definir e associar os intervalos de classes, de MNT ou Imagem, com as classes temáticas estabelecidas pelo usuário.

Conforme Felgueiras e Câmara (1993) o fatiamento permite classificar a imagem de saída MNT, segundo valores de cota associados aos pontos da imagem MNT.

Os intervalos das classes dependerão da metodologia utilizada na pesquisa, por exemplo, na análise das unidades morfodinâmicas da paisagem são correlacionadas Planos de Informações, no qual os valores próximos de 0 associam-se as classes mais estáveis e os valores próximos à 1 são associados às classes instáveis (Figura 27).



Figura 27- Exemplo da definição de fatias para estabelecimento das classes temáticas via *MENU*.

Operações Booleanas

As correlações dos Planos de Informações correspondem à um dos principais artifícios da análise espacial de dados geográficos, podendo ser executadas de duas maneiras distintas, definidas como Sobreposição Lógica e Aritmética/Matemática.

A sobreposição Lógica caracteriza-se por utilizar operadores lógicos, ou seja, por utilizar a Lógica Booleana. Esse tipo de sobreposição trabalha com arquivos normalmente matriciais, a partir da sobreposição de diferentes camadas de dados (FITZ, 2008).

Assim, pode-se atribuir às operações lógicas- booleanas que:

Estas funções utilizam operadores lógicos (booleanos) e permitem realizar cruzamentos entre dois ou mais planos de informação. A operação lógica do tipo $A \text{ AND } B$ retorna todos os elementos contidos na intersecção entre A e B; $A \text{ NOT } B$ retorna somente os elementos contidos exclusivamente em A; $A \text{ OR } B$ retorna todos elementos contidos tanto em A como em B; $A \text{ XOR } B$ retorna todos os elementos contido em A e B não incluídos na intersecção de A e B. (CÂMARA et al. 2001b, p. 216).

Cordeiro *et. al.* (2007) considerou que:

Resultados de operações Booleanas são os campos obtidos a partir da comparação entre valores locais de outros campos quantitativos ou qualitativos, baseada em relações de ordem ou igualdade. Além de comparações toda a riqueza da álgebra Booleana baseada em operações primitivas como E, OU e NÃO também pode ser utilizada a fim de caracterizar as mais diversas situações que podem ocorrer em locais de uma área de estudo, com base em grades, imagens e mapas temáticos disponíveis em certa base de dados. (CORDEIRO *et al.* 2007, p.11).

Entretanto, as operações booleanas apresentam limitações quanto à algumas aplicações, devido à sua característica simplista de se atribuir o mesmo peso para todas as variáveis analisadas, pois dependendo da análise é necessário que se estabeleça uma hierarquia quanto à relativa importância de cada variável.

Ressalta-se que os operadores booleanos possibilitam uma delimitação precisa, no qual outros métodos gerariam certa imprecisão, como por exemplo, a delimitação de áreas de incompatibilidade de uso da terra e Áreas de Preservação Permanente, cujo princípio básico da análise é se há ou não áreas de incompatibilidade.

Nessa perspectiva Fitz (2008) considerou que as análises booleanas podem ser sinteticamente expressas pelos seguintes operadores:

- ❖ **<and> ou: “e”** operador que significa intersecção, é expresso nos programas em LEGAL por “&&” (Figura 28).

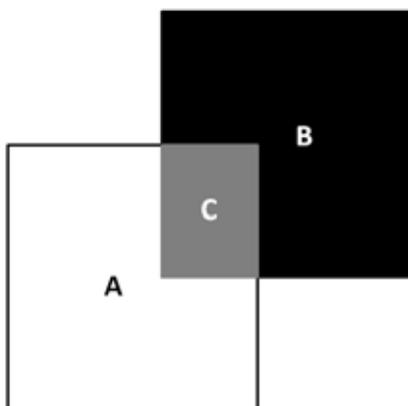


Figura 28: Exemplo do operador booleano <and> “e”.

O operador <and> significa que a categoria denominada “C” será resultado da intersecção de “A” e “B”.

- ❖ **<or>**: “ou” operador que significa união ou similaridade, é expresso nos programas em LEGAL por “|” (Figura 29).

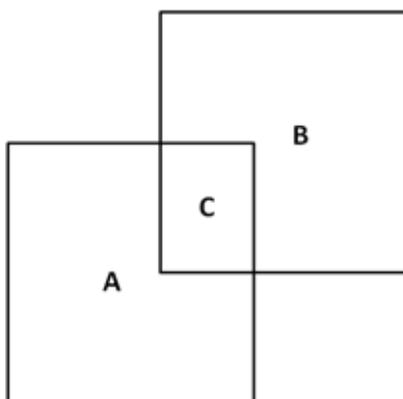


Figura 29: Exemplo do operador booleano <or> “ou”.

O operador <or> significa que a categoria denominada “C” é resultado de “A” ou “B”.

- ❖ <xor>: **exclusão**, esse operador que significa desunião ou diferença, representa em programação por “|” (Figura 30).

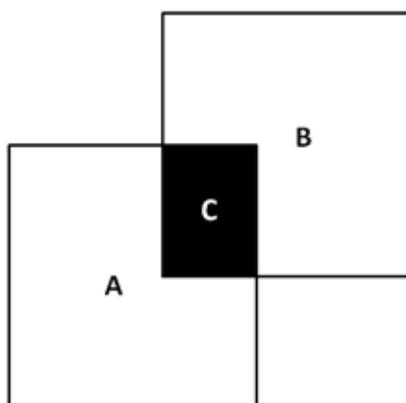


Figura 30: Exemplo do operador booleano <xor> exclusão do “ou”.

O operador <xor> significa que a categoria denominada “C” não pertence as categoria “A” e nem “B”.

- ❖ <not>: “não”, esse operador que significa negação, representado em LEGAL por “!=” (Figura 31).

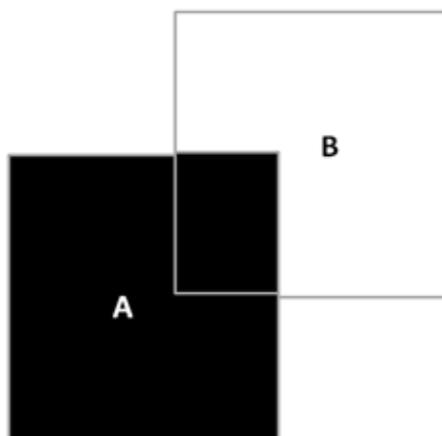


Figura 31: Exemplo do operador booleano <not> “não”.

O operador <não> significa que a categoria denominada “A” não pertence as categoria “B”.

Operações Matemáticas

São operações que se utiliza de funções aritméticas como soma, subtração, divisão e multiplicação; operações matemáticas como seno (*sin*), cosseno (*cos*), tangente (*tan*), arco tangente (*atan*), logaritmo (*log*), exponencial (*exp*), raiz quadrada (*sqrt*); e operações de relação comparativas tais como menor que (<), maior que (>), menor ou igual (<=), maior ou igual (>=), igual (==), diferente (!=).

As operações matemáticas permitem também a realização de estimativas por interpolação, utilizadas no caso de ausência de dados amostrados, para o estabelecimento de uma superfície homogênea, no qual os valores das cotas são estabelecidos de diferentes maneiras com base nos valores dos pontos circunvizinhos (Figura 32).

O procedimento de espacialização consiste em inferir valores do atributo, em posições não amostradas, a partir dos valores observados. Dessa forma, pode-se obter o valor do atributo em qualquer posição do espaço, ainda que a representação por campo seja discreta. É muito comum, no ambiente de um SIG, a criação de estruturas de representação por grades regulares retangulares onde os valores do atributo nos vértices da grade são obtidos por procedimentos de interpolação local a partir do conjunto de amostras. (FELGUERAS, 1999, p. 17).

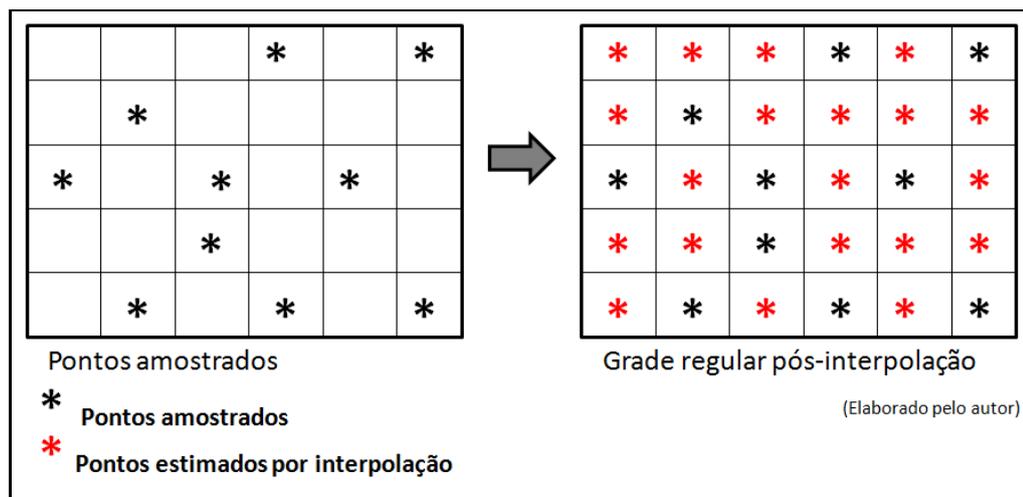


Figura 32: Exemplo do processo de interpolação.

O procedimento de interpolação pode ser implementado com dois tipos básicos de algoritmos: os Determinísticos de média móvel ponderada, mais comumente usado, e os Estocásticos, “utilizam as ferramentas da geoestatística para inferências de valores de atributos com estimativas de incertezas” (FELGUEIRAS, 1999, p. 18).

Nesse sentido, as operações matemáticas possibilitam implementação de ferramentas de suporte à decisão para combinação e correlação de diferentes P.Is, resultando em modelos e cenários a partir da relação das variáveis analisadas.

Dentre os modelos de suporte à tomada de decisão são destacados os métodos AHP (Processo Analítico Hierárquico) e de Lógica *Fuzzy*, na presente proposta será enfatizado o método AHP, como principal ferramenta de suporte à decisão.

Esses métodos são de primordial importância, por que comportam uma grande gama de artifícios e operações para análise de combinação de mapas, quando comparados com o método Booleano (CÂMARA, 2001c).

O método AHP permite um ajuste para cada par critério analisado, comparando a importância de cada par de variáveis, no qual exige-se um conhecimento teórico e metodológico do usuário/especialista que utilizar esse método.

Assim, o método AHP a partir das operações matemáticas utiliza interpoladores de Média Ponderada, onde cada Plano de Informação poderá receber um peso diferenciado, dependendo da metodologia utilizada e dos objetivos que deverão ser alcançados.

A aplicação do método inicia-se com a ponderação das classes de cada plano de informação, obedecendo aos pesos determinados empiricamente, posteriormente, os P.Is ponderados são somado obedecendo as operação aritméticas (Figura 33).

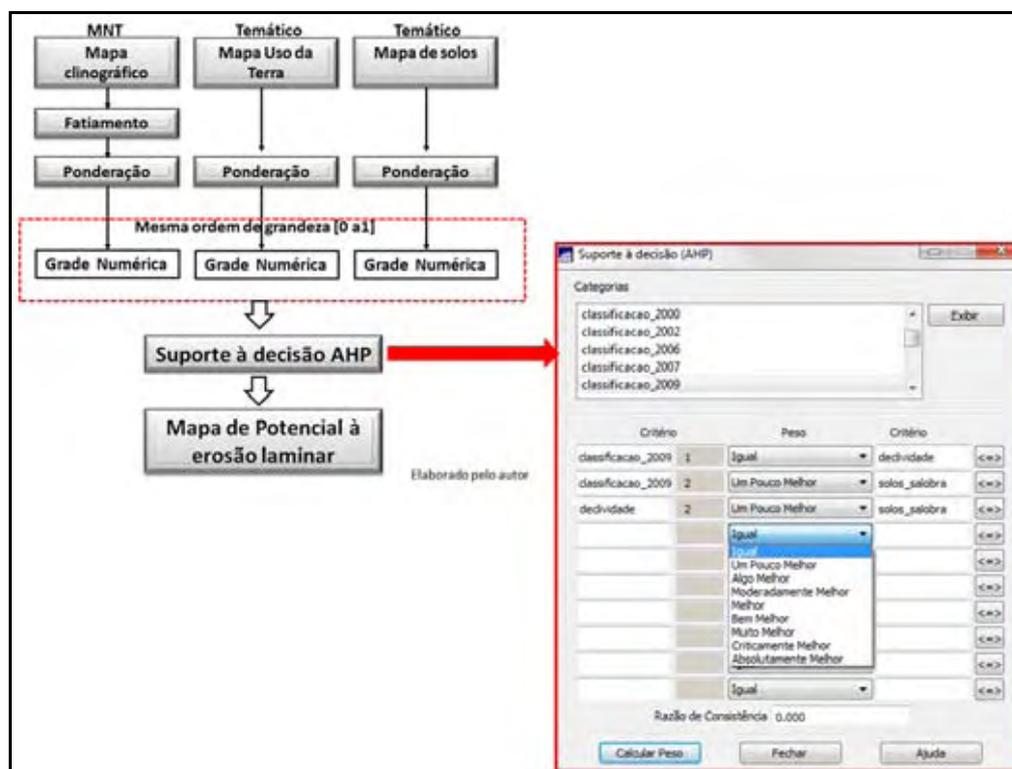


Figura 33: Procedimento para implementação do método AHP.

O método AHP possibilita abordar os mapas como dados e não como um desenho, e seus resultados expressam um modelo numérico, em que são atribuídos valores ao espaço representado nos mapas.

Álgebra de mapas

A álgebra de mapas é um recurso imprescindível na análise de dados geográficos utilizando SIG, é caracterizada por associar a cada local de uma dada área de estudo um valor quantitativo (escalar, ordinal, cardinal ou intervalar) ou qualitativo (nominal) (CORDEIRO, et al. 2007).

Desse modo, o procedimento de implementação da álgebra de mapas é instaurado no *software* Spring por meio de programação de Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), que pode ser definida como:

Um programa em LEGAL consiste de uma sequência de operações descritas por sentenças construídas segundo regras gramaticais envolvendo operadores, funções e dados representados em planos de informação e mapas cadastrais de um mesmo projeto existente de um banco de dados Spring. (...) A maioria dos operadores sobre planos do modelo Temático também faz uso de representações matriciais. (CÂMARA, *et. al.* 1996).

Um programa em LEGAL é estruturado em três partes:

Declarações: Caracteriza-se como a definição de variáveis utilizadas na programação em LEGAL, nessa parte do programa são explicitadas as Categorias selecionadas do Banco de Dados do SPRING para inferência da álgebra de mapas;

Instanciações: é a parte da programação, em que são recuperados os P.Is já existentes do banco de dados e os P.Is novos, que serão criados a partir da álgebra de mapas.

Operações: nessa parte da programação em LEGAL são realizadas operações de álgebra de mapas, por exemplo, ponderação, reclassificação, fatiamento e atribuição.

Após a execução da programação em LEGAL, é gerada uma categoria de saída, que irá receber as informações da álgebra de mapas, resultando assim numa informação nova gerada a partir das operações realizadas.

De maneira geral a programação em LEGAL realizará operações entre os Planos de Informações, essa operação pode ser definida como uma operação lógica ou aritmética entre as classes de um ou mais P.Is.

Á título de exemplificação, o quadro 6 mostra uma programação em LEGAL com destaque das três partes que estruturam o programa, Declaração, Instanciação e Operação.

Quadro 6: Exemplo de programa em LEGAL.

```

{
//Declaracoes
Tematico vert ("topodata_Curv_vert");
Tematico horiz ("topodata_Curv_horiz");
Tematico forma ("topodata_form_relevo");

//Instancias
vert = Recuperar( Nome = "curv_vert_1" );
horiz = Recuperar( Nome = "curv_hor_1" );
forma = Novo( Nome = "forma_relevo", ResX = 30 , ResY = 30 , Escala = 60000 );

//Operacoes
forma = Atribua ( CategoriaFim = "topodata_form_relevo"){
  "cc_cg" : ((vert == "concavo_1" || vert == "concavo_2") && horiz ==
"convergente_1" || horiz == "convergente_2"),
  "rt_cg" : (vert == "retilinea" && (horiz == "convergente_1" || horiz ==
"convergente_2")),
  "cv_cg" : ((vert == "convexo_1" || vert == "convexo_2") && horiz ==
"convergente_1" || horiz == "convergente_2"),
  "cc_pl" : ((vert == "concavo_1" || vert == "concavo_2") && horiz ==
"planar"),
  "rt_pl" : (vert == "retilinea" && horiz == "planar"),
  "cv_pl" : ((vert == "convexo_1" || vert == "convexo_2") && horiz ==
"planar"),
  "cc_dg" : ((vert == "concavo_1" || vert == "concavo_2") && horiz ==
"divergente_1" || horiz == "divergente_2"),
  "rt_dg" : (vert == "retilinea" && (horiz == "divergente_1" || horiz ==
"divergente_2")),
  "cv_dg" : ((vert == "convexo_1" || vert == "convexo_2") && horiz ==
"divergente_1" || horiz == "divergente_2")
};
}

```

➤ **Medida e análise das classes temáticas:**

Corresponde à etapa final da análise dos dados geográficos, no qual são mensurados e quantificados os dados gerados a partir das operações de geocampos.

Assim, o cálculo das áreas das classes temáticas consiste na análise do PI temático de saída, computando o número de *pixels* de cada classe presente no PI temático. Este número é multiplicado pela área de cada *pixel* e o Sistema emite um relatório da área total das classes presentes no plano de informação escolhido (FELGUEIRAS & CÂMARA, 1993).

2.3- A PROPOSTA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL COMO SUBSÍDIO AO ORDENAMENTO TERRITORIAL.

O zoneamento ambiental enfatiza a dimensão do Zoneamento Ecológico – Econômico (ZEE), que compreende a dimensão ambiental da área estudada, visto que as esferas do ZEE, que abarcam os aspectos socioeconômicos do território não serão abordadas.

Segundo o IBGE (2004) o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) é definido como instrumento de racionalização da ocupação dos espaços e de redirecionamento das atividades econômicas, que pode subsidiar as estratégias e ações para a elaboração e execução de planos regionais.

Desse modo define-se:

o conceito de zona ecológico-econômica sintetiza duas dimensões básicas: a ecológica, que reflete as limitações e potencialidades de uso sustentado dos recursos naturais e a econômica, que manifesta as aspirações de desenvolvimento humano das comunidades que habitam e retiram seu sustento do território.” (Becker e Egler 1996, p.13).

A proposta do zoneamento ambiental corresponde a um instrumento que se opõe ao ideal do modelo desenvolvimentista, caracterizado por intensa atuação das políticas governamentais centralizadas e progressistas que não reconhecer as diferenciações e vulnerabilidades observadas em cada paisagem.

Nesse sentido, define-se o Zoneamento Ambiental, a partir da ideia de “integração sistemática e interdisciplinar da análise ambiental ao planejamento dos usos do solo, com o objetivo de definir a melhor gestão dos recursos ambientais identificados.” (IBGE, 2004, p.322).

Na mesma perspectiva Ross (2006) expôs que:

As proposições de zoneamento ambiental devem refletir a integração das disciplinas técnico-científicas na medida em que consideram as potencialidades do meio natural, adequando os programas de desenvolvimento e os meios institucionais a uma relação harmônica entre sociedade e natureza, cujo princípio básico é o ordenamento do território calcado nos pressupostos do desenvolvimento com política conservacionista. (ROSS, 2006, p.149).

De acordo com o Becker e Egler (1996) o ZEE é um instrumento político e técnico do planejamento cuja finalidade é otimizar o uso do espaço e as políticas

públicas, e não deve ser entendido como um instrumento apenas corretivo, mas também ativo no processo de apropriação da natureza.

O zoneamento ambiental é uma proposta para amenizar as rupturas desencadeadas pela atuação do homem na natureza, enfatizando uma nova organização das formas espaciais que se materializa na paisagem.

Esse processo de re-organização das formas criadas pelo homem a partir da relação da apropriação da natureza estabelece outro processo, que segundo Leff (2006) seria a reapropriação social da natureza.

Sánches (1991) expõe que em grande parte os ecossistemas das regiões intertropicais apresentam particularidades ambientais, que se caracterizam pela vulnerabilidade das paisagens frente às intervenções antrópicas. Essas intervenções transformam os sistemas naturais em agroecossistemas, resultando em ambientes de pouca flexibilidade incapazes de reproduzirem suas antigas qualidades ambientais.

A falta de flexibilidade desses ambientes alterados é oriunda da inserção de tecnologias dimensionadas às transformações das ofertas ecológicas em recursos naturais.

Segundo Sánchez (1991) esse processo de apropriação desconsidera os valores ecológicos, econômicos, estéticos da paisagem natural. Assim, a ideia do zoneamento ambiental (ecológico-paisagístico do meio rural), está fundamentada na ideia de evitar essas desvalorizações, fazendo uso integrado e sustentado de todos os recursos naturais renováveis, os quais coexistem interligados na paisagem.

Para Becker e Egler (1996) o zoneamento ambiental representa um novo modelo de produzir baseado no conhecimento e na informação, que atribui outro significado à natureza que passa ser vista como um bem escasso, por isso, se valoriza como capital.

Becker e Egler (1996) consideraram o ZEE como um instrumento capaz de romper as posições polarizadas, oferecendo oportunidades de crescimento econômico e uso dos recursos naturais através da qualidade ambiental.

O zoneamento ambiental é entendido como um pilar essencial nas bases de ordenamento do território, no qual a partir das propostas elaboradas pelo zoneamento da paisagem, objetiva-se alcançar as diretrizes que subsidiem o ordenamento do território.

Para Camargo (2009) ordenar apresenta o seguinte significado:

“(...) ordenar significa pôr em ordem, dispor, determinar por ordem mandar – controlar. Ordem no sentido cartesiano-newtoniano e respaldando o sistema de poder, remete assim a disposição metódica, arranjo das coisas segundo certas relações, boa disposição, bom arranjo.” (CAMARGO, 2009, p.23).

Nesse sentido ordenar o território constitui o processo de re-apropriação das bases do território, cujo objetivo essencial é buscar a melhor disposição dos elementos contidos no território.

Assim, o ordenamento do território é um instrumento fundamental ao tratar-se das diferenças de cada lugar, cujo objetivo principal constitui-se na definição de transformações, técnicas e ritmos que se adequam a cada lugar segundo suas condições específicas. (Becker e Egler 1996).

Para Costa (2008) a eficiência técnico-científica utilizada no ordenamento do território tem um papel primordial em sua concepção e desenvolvimento:

... deve estar baseada numa concepção teórica e metodológica que lhe permitam identificar e representar os principais movimentos, forças e vetores que impactam as regiões e os lugares, derivando daí um conjunto de diagnósticos temáticos de síntese. (COSTA, 2008, p.245).

No mesmo sentido Ross (2006) enfatiza que os procedimentos metodológicos aplicados tem por objetivo uma integração sistematizada das análises setoriais a serem realizadas.

Desse modo os pressupostos teórico-metodológicos devem conduzir o desenvolvimento dos trabalhos que objetivem a proposta de estruturação de medidas capaz de nortear “as atividades econômicas e as ações de ordenamento do territorial, envolvendo a articulação institucional dos diferentes agentes promotores e modificadores do meio ambiente.” (ROSS, 2006, p.151).

Nessa perspectiva Sánchez (1991) considerou que o zoneamento ambiental constitui um estágio científico de ordenamento, que precede ao ordenamento territorial, para depois alimentá-lo.

“Zonar é um conceito geográfico que significa desagregar um espaço em zonas ou áreas específicas. O modelo de todo zoneamento que interpreta qualidades ecológicas de um território depende de objetivos e da natureza dos indicadores e utilizadas durante a análise”. (SÁNCHEZ, 1992, p.19).

Para Vallejo (2009) o zoneamento é um instrumento de ordenamento territorial utilizado para se conseguirem determinados resultados no manejo de uma unidade da paisagem, estabelecendo usos diferenciados para cada zona, conforme seus objetivos (Figura 34).

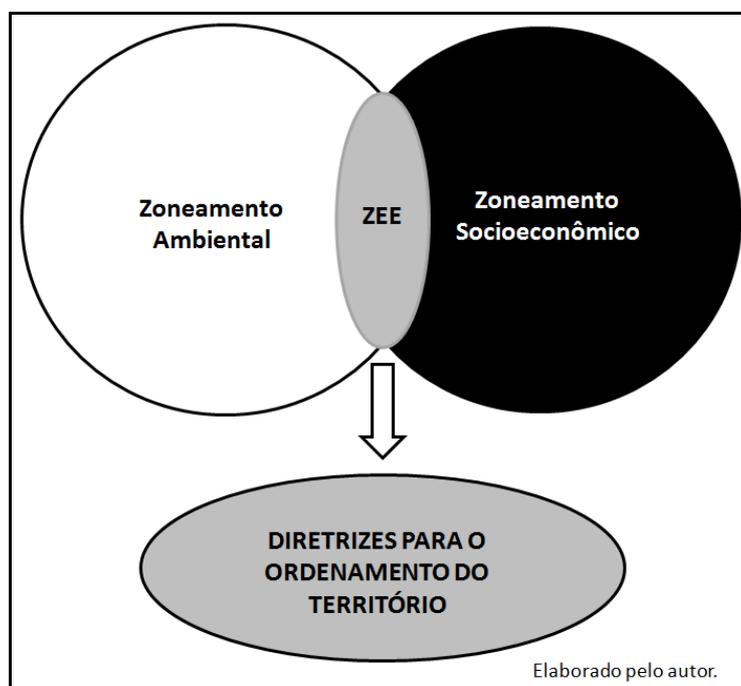


Figura 34- Organograma de diretrizes para Ordenamento do Território.

O zoneamento ambiental do meio rural e florestal define apenas uma parte dos sistemas de ocupação espacial, que se insere funcional e integralmente à uma esfera mais complexa de sistemas de apropriação definida como ordenamento territorial.

O zoneamento ambiental é composto por um conjunto de diretrizes, atividades, e medidas que visam propor a organização de uma determinada região, tendo em vista o uso adequado dos recursos ambientais, de modo a

atender as demandas socioeconômicas das populações locais, bem como as demandas de conservação ambiental.

Nesse contexto o zoneamento deve propor diretrizes, no qual as potencialidades e a taxa de resiliência do ecossistema deveriam determinar a capacidade de exploração econômica dos recursos naturais dentro de diferentes racionalidades produtivas estabelecendo, assim, as condições do meio para a regeneração dos ecossistemas explorados.

O zoneamento ambiental é definido como um modelo de organização espacial das atividades agrárias, florestais e de conservação dos sistemas ecológicos, que visa o melhoramento da relação do homem com a natureza e, a eficiência no uso das paisagens produtivas (SÁNCHEZ, 1991).

Nessa perspectiva, apresenta como propósito determinar as qualidades dos elementos da paisagem, e os processos que dinamizam o seu funcionamento de modo que sejam analisados e interpretados de forma integrada.

O objetivo do zoneamento ambiental é definido para ponderar e projetar o uso do solo, diretrizes considerando primordialmente as características que englobam a vulnerabilidade natural da paisagem, a aptidão agrícola dos solos, as áreas de preservação permanente (APP), considerando-se ainda as atividades econômicas e sociais que se manifestam nos tipos de usos da terra de uma determinada região.

Assim, Sánches (1991) destacou que os principais objetivos do zoneamento ambiental são:

- ❖ Inserir o arranjo da dinâmica ambiental na caracterização e avaliação dos sistemas naturais e alterados pelo homem, e facilitar a incorporação dessa dimensão no processo de planejamento e gestão do território;
- ❖ Oferecer novos critérios para (re)-organização espacial do meio rural e florestal, por meio de usos do solo que visem amenizar a devastação de ambientes frágeis, ocasionados pela substituição das coberturas vegetais por agrossistemas, e assim minimizar o

esgotamento e degradação constante dos recursos naturais renováveis;

- ❖ Indicar as áreas propostas como unidades de conservação, e reforçar a importância das unidades existentes;
- ❖ Contribuir para o ordenamento territorial.

Leff (2006) destacou a importância do zoneamento ambiental como um instrumento a serviço da racionalidade ambiental, confrontando a hegemonia da racionalidade econômica. Considerando ainda que a racionalidade ambiental propõe novas perspectivas para as forças produtivas por meio do ordenamento ecológico, da distribuição territorial e da reorganização social das atividades produtivas.

CAPÍTULO 3

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1- PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA ELABORAÇÃO DE BANCO DE DADOS EM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.

Elaborou-se um banco de dados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), divididos em modelo Temáticos, Imagem e Modelo Numérico do Terreno, com estrutura de dados Matricial (*Raster*) e Vetorial.

Para caracterização dos Planos de Informações, foram consultados materiais como projeto RADAMBRASIL, Mapa geológico do Estado do Mato Grosso do Sul, PCBAP (Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai) e realizadas verificações a campo, onde foram averiguadas as unidades litológicas, as formas e características do relevo, dos tipos de solos e dos usos da terra.

O primeiro passo consistiu na organização e edição das bases cartográficas das unidades litológicas e tipos de solos. Essas informações foram compiladas em ambiente de SIG, no *software* SPRING.

Foram produzidos mapas de intensidade pluviométrica a partir de dados das estações pluviométricas, com tratamento estatístico e processamento em SIG.

Elaborou-se o mapa de vulnerabilidade do relevo, tendo como base os dados das imagens SRTM/ Topodata, no qual foram combinados PI's de Formas do Terreno, hipsometria e declividade.

Para elaboração dos mapas de uso da terra e cobertura vegetal utilizou-se imagens de satélite Landsat 2 MSS e Landsat 5 TM, processadas utilizando o classificador supervisionado *Bhattacharya*.

Após preparação do banco de dados elaborou-se os mapas sínteses, cuja análise espacial foi utilizada como principal ferramenta, para construção dos mapas de vulnerabilidade à perda de solos e de zoneamento ambiental.

A metodologia utilizada na presente pesquisa está baseada na Ecodinâmica proposta por Tricart (1977) e na metodologia de Zoneamento Ecológico Econômico, proposta por Becker e Egler (1996) e Crepani *et al.* (2008).

A Ecodinâmica propõe uma relação de variáveis da paisagem objetivando definir unidades morfodinâmicas em Meios Estáveis, Meios Intergrades e Meios Instáveis.

Desse modo foram abordadas as seguintes variáveis da bacia hidrográfica para elaboração do mapa de vulnerabilidade das paisagens à perda de solos (Figura 35):

- Vulnerabilidade dos Solos (Níveis de erodibilidade dos solos, Fonte: Projeto RadamBrasil, na escala 1: 1.000.000);
- Vulnerabilidade da Intensidade Pluviométrica (dados de intensidade pluviométrica mm/ mês; Fonte: hidroweb, dez estações na região);
- Vulnerabilidade do relevo (cruzamento dos P.I. Declividade + Hipsometria + Formas do Terreno; Fonte: dados SRTM/ Topodata, resolução espacial de 30 metros);
- Vulnerabilidade Litológica (Resistência das rochas que compõem cada unidade litológica; Fonte: Projeto RadamBrasil, na escala 1:1.000.000, apoiado no Mapa Geológico do Mato Grosso do Sul de 2006 na escala 1:1.000.000);
- Vulnerabilidade da Cobertura Vegetal e Uso da terra (Fonte: Imagens Landsat 2 MSS e 5 TM, resolução espacial de 30 metros).

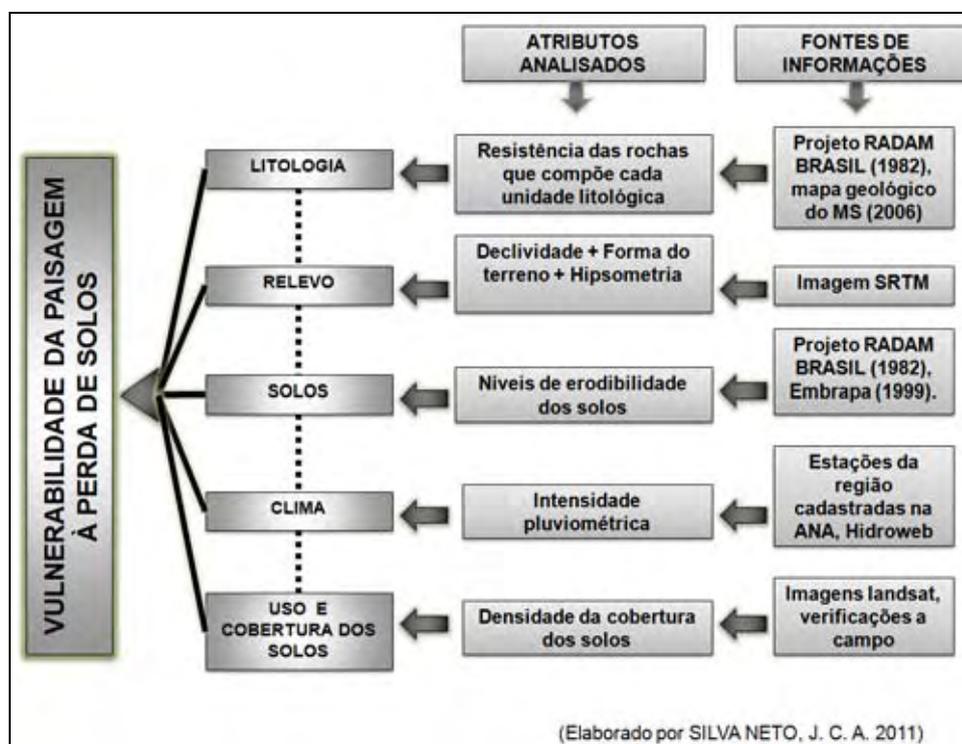


Figura 35: Organograma para elaboração da vulnerabilidade da paisagem à perda de solos.

O Zoneamento Ecológico-econômico proposto por Crepani et al. (2008) apoia-se na correlação de variáveis da Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos, Áreas de Preservação Permanente, Uso e cobertura da terra. Essas correlações de variáveis sustentaram as propostas de zoneamento ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra (Figura 36).



Figura 36: Organograma das correlações de variáveis para elaboração do mapa de zoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra.

3.2 - ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE INFORMAÇÕES DE TIPOS DE SOLOS E UNIDADES LITOLÓGICAS.

Os Planos de Informações dos tipos de solos e unidades litológicas foram elaborados a partir da organização, compilação e edição das bases cartográficas do Mapa Geológico do Mato Grosso do Sul de 2006, para as unidades litológicas, e do Projeto RadamBrasil, para os tipos de solos.

Essas informações foram inseridas no *Software* SPRING, como modelo de dados “Imagem” como estrutura matricial, esse procedimento consiste na importação de imagens registradas (Figura 37), na qual são armazenadas as três bandas (RGB) da imagem num Plano de Informações previamente criado como categoria “Imagem”.

A compilação das informações das bases cartográficas ocorre por meio da edição matricial ou vetorial, esse processo permite que as informações

contidas na Categoria “Imagem” sejam compiladas num P.I. Temático, criado para armazenar as informações compiladas.

A edição matricial nesse caso consiste na operação de criação de polígonos, na qual deve ser selecionada a classe que será compilada (Figura 38).

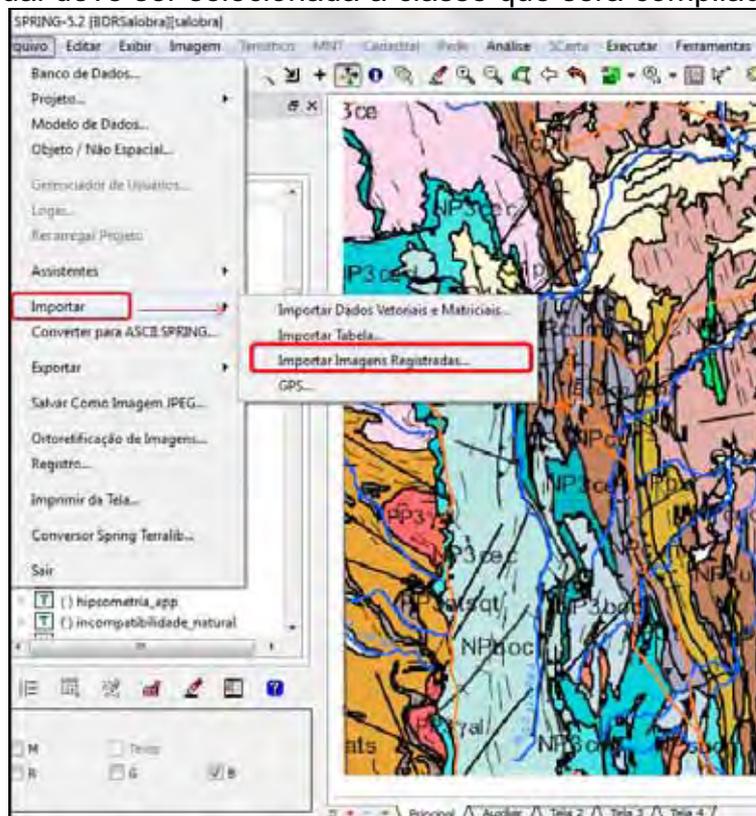


Figura 37: Exemplo do procedimento para importação de bases cartográficas.

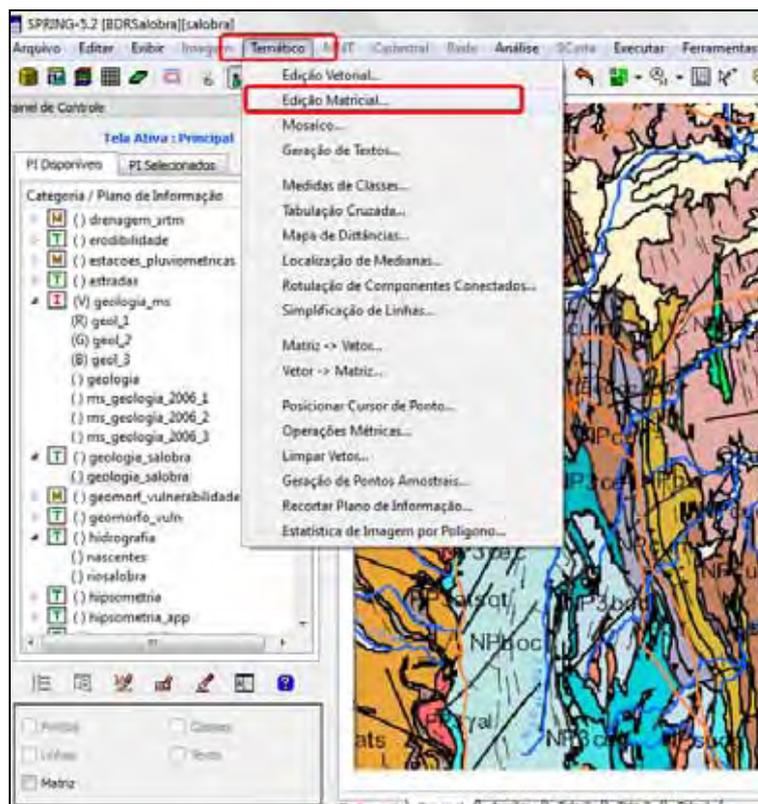


Figura 38: Exemplo do procedimento para edição e compilação de bases cartográficas.

3.3 - ELABORAÇÃO DO PLANO DE INFORMAÇÃO DE VULNERABILIDADE DO RELEVO.

O mapa de vulnerabilidade do relevo resultou da combinação dos P.I.'s de Hipsometria, Declividade e Formas do Terreno que é resultado da combinação dos P.I.'s das Curvaturas Vertical e Horizontal, oriundos do processamento de dados SRTM/Topodata (Figura 39).

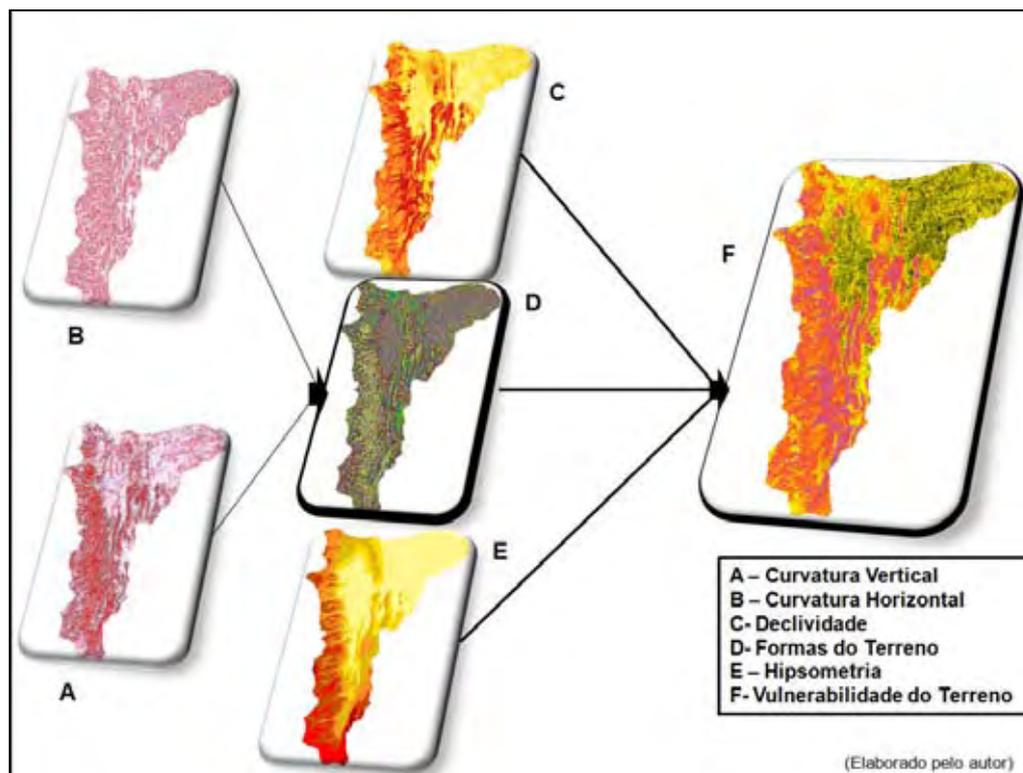
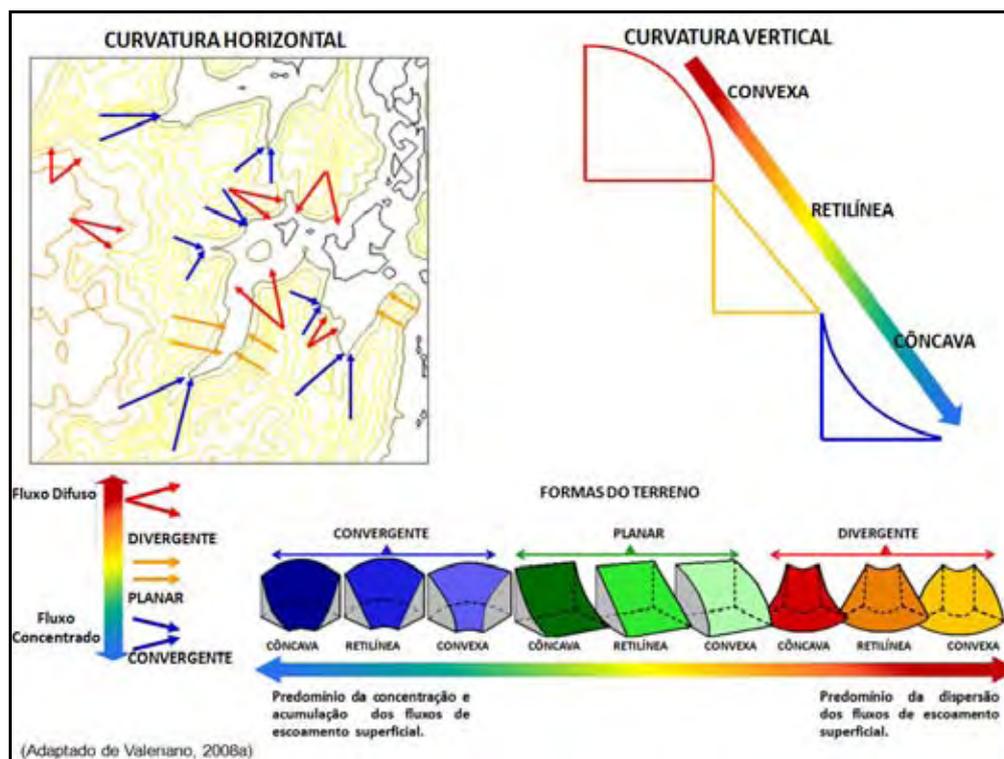


Figura 39- Esquema para elaboração do mapa de Vulnerabilidade do relevo.

Utilizou-se dados geomorfométricos, derivados de processamentos efetuados em imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) do Projeto TOPODATA - INPE (VALERIANO, 2008a), como curvatura horizontal, curvatura vertical e formas do terreno (Figura 40).



Figuras 40 – Variáveis geomorfométricas locais, derivadas da altimetria.

Desse modo, objetivou-se definir a vulnerabilidade das Formas do Terreno à perda de solos, avaliando-se as características morfológicas das curvaturas vertical e horizontal das vertentes e, das formas do terreno. Assim, a partir da análise das vertentes, estabelecer uma relação direta com os processos erosivos.

O projeto TOPODATA caracteriza-se por disponibilizar variáveis geomorfométricas locais de todo o território nacional. Essas variáveis correspondem aos elementos básicos sobre os quais se fundamentam as técnicas de interpretação e análise do relevo (VALERIANO, 2008a).

Além de fornecer dados geomorfométricos de todo Brasil, o Projeto TOPODATA, aumenta a resolução espacial dos dados SRTM, de 90 m para 30 m pixel, utilizando métodos de interpolação por Krigagem (Figura 41).

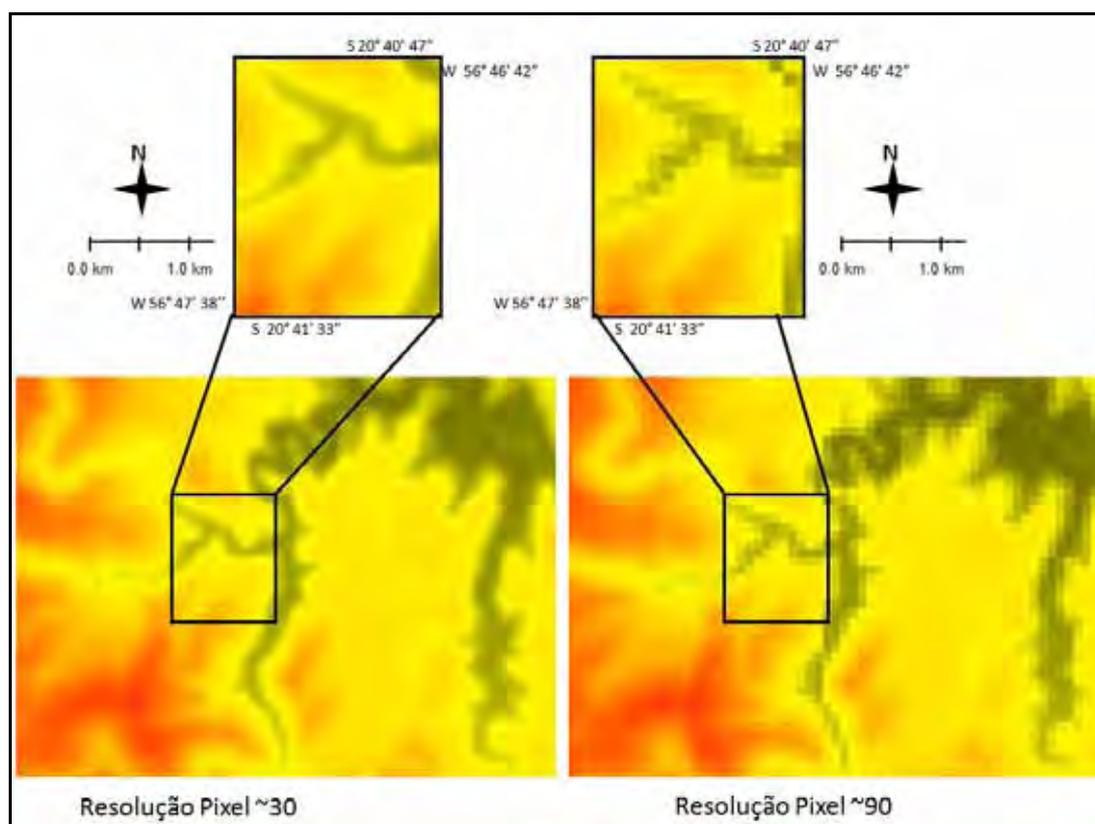


Figura 41: Comparação dos dados SRTM-TOPODATA 30m e SRTM 90m de resolução (Fonte: dados SRTM/Topodata).

3.3.1 - PROCESSAMENTO DOS DADOS

O processamento dos dados SRTM-TOPODATA, que resultaram nos mapas temáticos, efetivou-se com a utilização o Sistema de Informações Geográficas (SIG) implementada no aplicativo SPRING.

Os dados do projeto TOPODATA, de curvatura vertical e horizontal, foram inseridos no ambiente de SIG, como Modelo Numérico do Terreno (MNT) e fatiado em classes temáticas. A operação “Fatiamento” consiste na conversão de um Modelo Numérico em um Modelo Temático (Figura 42).

Após o fatiamento, geraram-se os mapas temáticos de curvatura vertical e horizontal, classificados em três classes cada um, ou seja, para curvatura vertical as classes côncavas, retilíneas e convexas, e para curvatura horizontal, as classes convergente, planar e divergente.

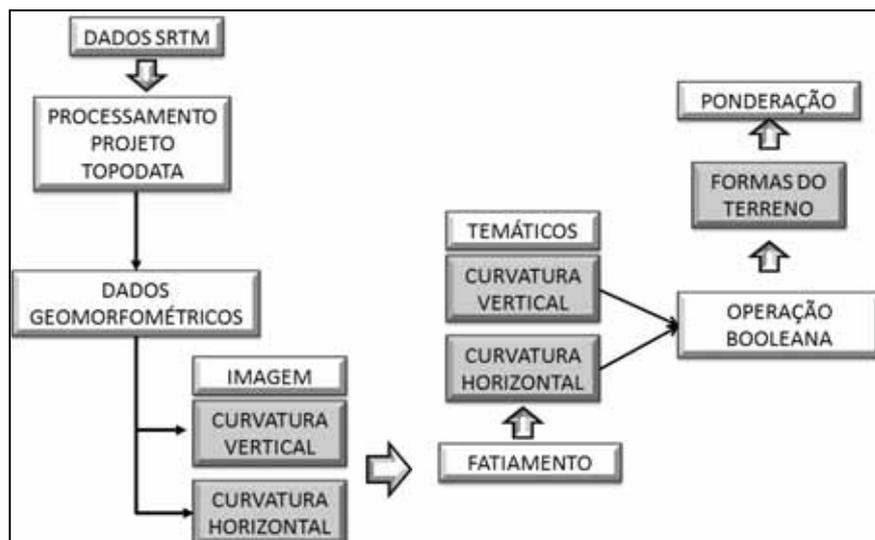


Figura 42- Fluxograma dos procedimentos metodológicos.

O Plano de Informações de Forma do Terreno resultou da combinação dos P.I.s das Curvaturas Vertical e Horizontal, que por meio da implementação de Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) no SPRING, permitiu a implementação da operação Booleana (Quadro 7).

Resultados de operações Booleanas são os campos obtidos a partir da comparação entre valores locais de outros campos quantitativos ou qualitativos, baseada em relações de ordem ou igualdade. (CORDEIRO, et al. 2003).

Quadro 7- Programação em LEGAL em Lógica Booleana para definição do P. I. de Formas do Terreno.

```

{
//Declaracoes
Tematico vert ("topodata_Curv_vert");
Tematico horiz ("topodata_Curv_horiz");
Tematico forma ("topodata_form_relevo");

//Instanciacoes
vert = Recuperar( Nome = "curv_vert_imag_1" );
horiz = Recuperar( Nome = "curv_hor_imag_1" );
forma = Novo( Nome = "forma_relevo_imag", ResX = 30 , ResY = 30 , Escala = 60000 );

//Operacoes

forma = Atribua ( CategoriaFim = "topodata_form_relevo"){
  "1- cc_cg" : ((vert == "2- concavo" || vert == "1- muito_concavo") &&
  "2- rt_cg" : (vert == "3- retilinea" &&
  (horiz == "convergente" || horiz == "muito_convergente")),
  "3- cv_cg" : ((vert == "4- convexo" || vert == "5- muito_convexo") &&
  "4- cc_pl" : ((vert == "2- concavo" || vert == "1- muito_concavo") &&
  horiz == "planar"),
  "5- rt_pl" : (vert == "3- retilinea" && horiz == "planar"),
  "6- cv_pl" : ((vert == "4- convexo" || vert == "5- muito_convexo") &&
  horiz == "planar"),
  "7- cc_dg" : ((vert == "2- concavo" || vert == "1- muito_concavo") &&
  "8- rt_dg" : (vert == "3- retilinea" &&
  (horiz == "divergente" || horiz == "muito_divergente")),
  "9- cv_dg" : ((vert == "4- convexo" || vert == "5- muito_convexo") &&
  "10- cc_dg" : ((vert == "2- concavo" || vert == "1- muito_concavo") &&
  horiz == "divergente" || horiz == "muito_divergente")
};
}
  
```

O passo seguinte consistiu na ponderação do P.I. das formas do terreno, no qual, foram atribuídos por meio de implementação do Programa em LEGAL, valores para cada uma das nove classes de formas do terreno (Quadro 8)

Quadro 8- Programação em LEGAL para Ponderação do P I. de Formas do Terreno.

```
//declaracoes
Tematico form ("topodata_form_relevo");
Tabela tabform (Ponderacao);
MNT formpond ("pond_forma_terreno");

//instanciacoas
form = Recuperar( Nome = "forma_relevo" );
tabform = Novo( CategoriaIni = "topodata_form_relevo",
  "cc_cg" : 1.00,
  "rt_cg" : 0.89,
  "cv_cg" : 0.78,
  "cc_pl" : 0.67,
  "rt_pl" : 0.56,
  "cv_pl" : 0.45,
  "cc_dg" : 0.34,
  "rt_dg" : 0.23,
  "cv_dg" : 0.12 );
formpond = Novo( Nome = "forma_terreno" , ResX = 30 , ResY = 30 , Escala = 60000);

//operacoes
formpond = Pondere ( form , tabform );
}
```

Para ponderação do P.I. Formas do Terreno estabeleceu-se valores variando de 0.0 à 1.0, sendo que os valores próximos a 1.0 correspondem às classes de alta vulnerabilidade aos processos erosivos intensos, correspondendo também as formas do terreno côncavas - convergentes (Quadro 9).

Para formas do terreno, convexo - divergentes foram atribuídos os valores de baixa vulnerabilidade à perda de solos, portanto próximos à 0.0.

Quadro 9- Classes de formas do terreno e vulnerabilidade à perda dos solos.

| Curvatura Horizontal | Curvatura Vertical | Forma Terreno | Sigla | Canais | | | Valor ponderado p/ Vulnerabilidade |
|----------------------|--------------------|-----------------------|-------|--------|-----|-----|------------------------------------|
| | | | | R | G | B | |
| convergente | concavo | Côncavo-Convergente | cc-cg | 0 | 0 | 155 | 1,00 |
| | retilíneo | Retilíneo-Convergente | rt-cg | 58 | 58 | 220 | 0,89 |
| | convexo | Convexo-Convergente | cv-cg | 161 | 181 | 255 | 0,78 |
| planar | concavo | Côncavo-Planar | cc-pl | 0 | 124 | 0 | 0,67 |
| | retilíneo | Retilíneo-Planar | rt-pl | 0 | 205 | 0 | 0,56 |
| | convexo | Convexo-Planar | cv-pl | 205 | 255 | 209 | 0,45 |
| divergente | concavo | Côncavo-Divergente | cc-dg | 213 | 0 | 0 | 0,34 |
| | retilíneo | Retilíneo-Divergente | rt-dg | 233 | 142 | 0 | 0,23 |
| | convexo | Convexo-Divergente | cv-dg | 255 | 240 | 0 | 0,12 |

Declividade e Hipsometria

Os Planos de Informações de declividade e hipsometria também foram elaborados a partir do processamento dos dados SRTM/ Topodata.

O procedimento para elaboração do P.I. de hipsometria consiste na entrada de dados como Modelo Numérico do Terreno (MNT) de altimetria, seguido do fatiamento para definição das classes hipsométricas, em seguida conversão do dado de entrada (MNT) para o modelo temático (Figura 43).

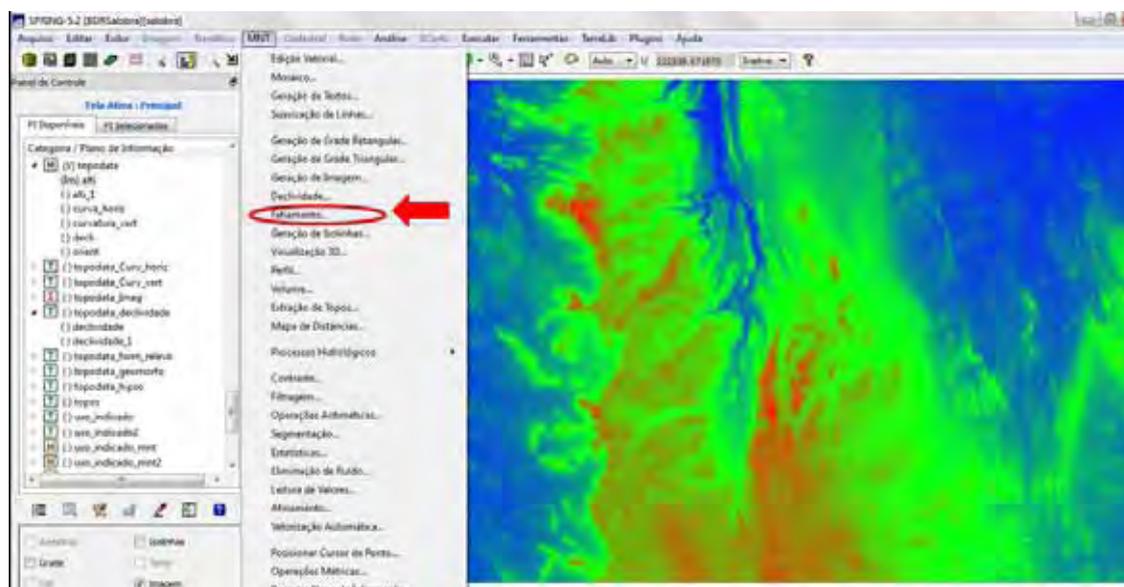


Figura 43 – Exemplo de procedimento para elaboração do P.I. de hipsometria.

A elaboração do Plano de Informação de declividade, o dado de entrada de altimetria em MNT, necessita de um procedimento para estabelecimento do dado de saída como exposição ou declividade, ou ainda a unidade de medida das faixas de declividade como porcentagem ou graus (figura 44), após a efetivação do procedimento deve-se fazer o fatiamento, assim como no caso do P.I. de hipsometria.

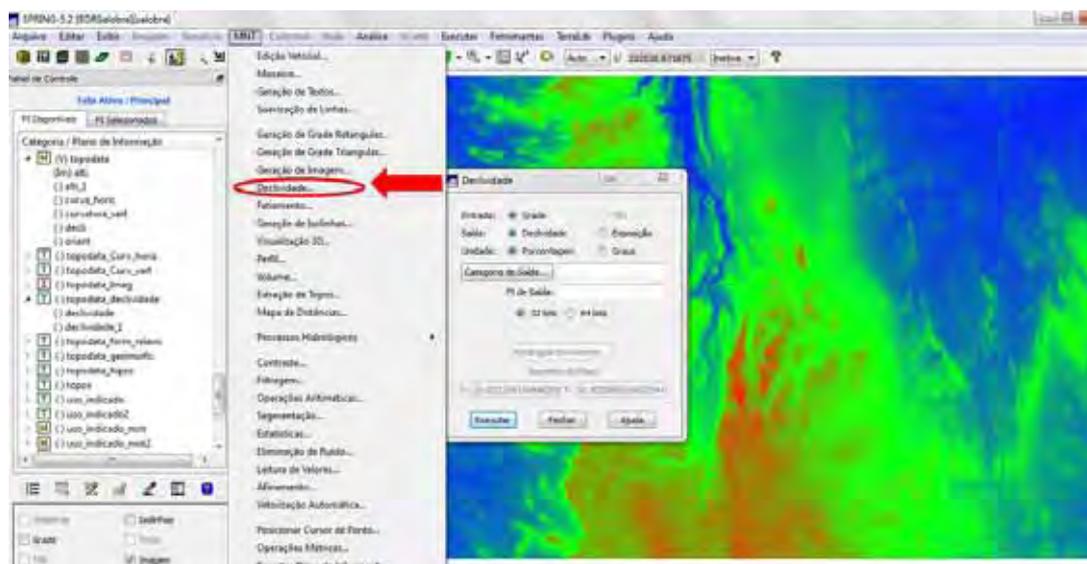


Figura 44 – Exemplo de procedimento para elaboração do P.I. de hipsometria.

Vulnerabilidade do relevo.

Para elaboração do mapa de vulnerabilidade do relevo utilizou-se o método AHP (Processo Analítico Hierárquico), implementado no módulo de análise espacial do SPRING, no qual atribuindo-se os pesos conforme a importância de cada variável na análise da vulnerabilidade do relevo para perda de solos.

Desse modo, após elaboração de vários modelos associados ao conhecimento de campo, considerou-se a declividade como fator mais importante na vulnerabilidade do relevo, por influenciar diretamente na dinâmica do escoamento superficial.

Considerou-se a declividade como “Moderadamente Melhor”, segundo nomenclatura atribuída pelo aplicativo Spring, ou seja, atribuiu-se o peso 4 em relação a hipsometria.

Com relação à forma do terreno, considerou-se a declividade como “Algo Melhor”, ou seja, com peso 3 quando comparado com a forma do terreno.

Na relação entre forma do terreno e hipsometria, atribuiu-se o peso 2 para forma do terreno, ou seja, “Pouco melhor” em relação à hipsometria (figura 45).

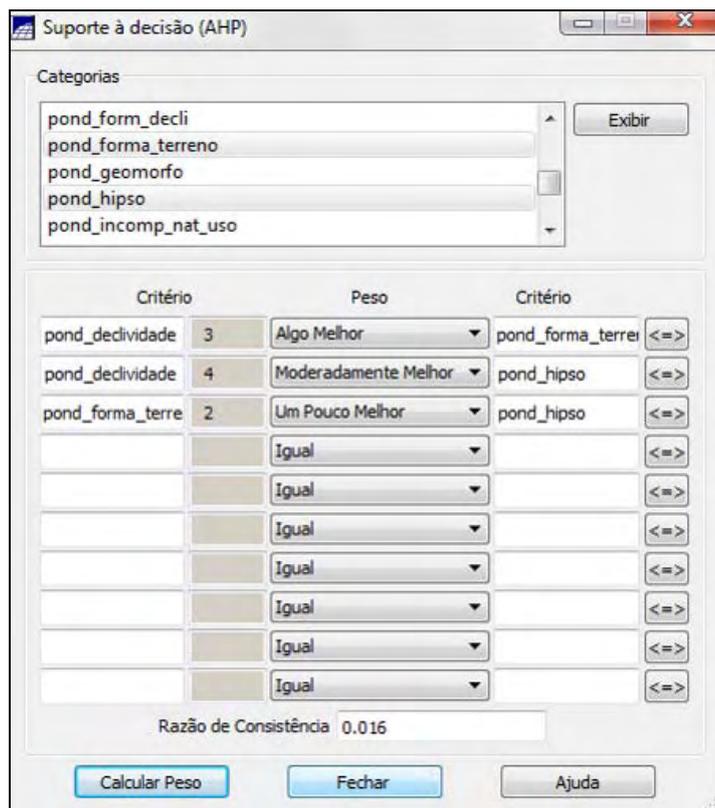


Figura 45: Exemplo de comparação pareada utilizando método AHP.

Os dados SRTM-TOPODATA, dispõe de uma considerável gama de informações geomorfométricas, importantes na classificação das vertentes e das formas do terreno, possibilitando a caracterização de alguns elementos geomorfológicos da paisagem.

Em termos gerais, os resultados obtidos no processamento dos dados SRTM –TOPODATA, utilizando-se Sistema de Informação Geográfica, permitiram considerar o papel desempenhado pelas Curvaturas Vertical e Horizontal no escoamento dos fluxos de águas e sua relação com a intensidade da erosão pluvial.

As formas do terreno apesar de serem atributos qualitativos são passíveis de ponderação, considerando-se que as dinâmicas e intensidades dos processos erosivos estão diretamente ligadas às formas do terreno e aos formatos das vertentes, tanto na análise do formato do seu perfil, côncavo, retilíneo e convexo, quanto na análise do direcionamento dos fluxos de escoamento da água, convergente, planar e divergente.

Nesse sentido, considerou-se possível definir a partir das formas das vertentes e do terreno, uma ponderação coerente que possa ser utilizada como uma variável na análise da vulnerabilidade da paisagem à perda de solos.

Ressalta-se, que as Formas do Terreno quando analisada utilizando-se qualquer método multi-critério hierárquico, como por exemplo, o método AHP (Processo Analítico Hierárquico), deve-se considerar que outras variáveis, como declividade, uso da terra e cobertura vegetal, assumem um papel de maior importância na dinâmica dos processos erosivos, quando comparadas as Forma do Terreno.

Desse modo, variáveis como declividade, tipos de solos e cobertura vegetal, devem ser consideradas como um fator/variável, ligeiramente mais importante que as Formas do Terreno, por se tratar de uma variável qualitativa, na dinâmica dos processos erosivos.

Para melhor compreensão da correlação entre os processos erosivos e as formas das vertentes e terreno, deve-se identificar a ocorrência e tipologias dos fenômenos de erosão, tais como erosão laminar, sulcos ou voçorocas, relacionando-os com os tipos de solos e usos da terra na área estudada.

3.4 - ELABORAÇÃO DO PLANO DE INFORMAÇÃO DE INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA.

A aplicação dos procedimentos metodológicos para se calcular a intensidade pluviométrica da área estudada, iniciou-se com a coleta de dados pluviométricos no site hidroweb, e tratamento estatístico dos dados.

Na região onde se localiza a área estudada há grande carência de dados pluviométricos e informações hidrológicas, por exemplo, no município de Bodoquena onde está inserida maior extensão da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Salobra, não há nenhuma estação pluviométrica cadastrada na ANA (Agência Nacional de Águas), ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), ou no Hidroweb (Figura 46).



Figura 46: Localização das estações de coleta de dados pluviométricos nas proximidades da bacia hidrográfica do rio Salobra.

Desse modo foram selecionadas dez estações distribuídas ao longo das proximidades da bacia hidrográfica do rio Salobra, em seguida os dados foram copiados da planilha Microsoft ACCESS® para serem trabalhados no Microsoft EXCEL®, onde foi criada uma planilha contendo os seguintes dados: totais

mensais e os números dos dias de chuvas, para cada ano analisado, 1979, 2009 (Tabelas 1 e 2).

O passo seguinte foi o preenchimento da lacuna de dados, utilizando-se de dados das estações próximas ou com média de valores do período coletado.

Após o preenchimento de dados, foram calculados os valores da precipitação total anual e o número de dias com chuvas para os anos de 1979 e 2009. Com os valores de precipitação total anual e o número de dias com chuvas foram calculados os valores de Intensidade pluviométrica em cada estação, utilizando a seguinte fórmula:

$$I.P. = \frac{P.T.A.}{N.D.C./30}$$

I.P. = Intensidade Pluviométrica; *P.T.A.* = Precipitação Total Anual; *N.D.C./30* = Número de Dias com Chuva, dividido por 30;

Tabela 1 - Valores de Precipitação Mensal, Precipitação Anual, Número dos dias de Chuvas, Intensidade Pluviométrica e Índice de Vulnerabilidade à perda de solos no ano de 1979.

| ESTAÇÕES | MUNICÍPIO | ALT. | Jan | Fev | Mar | abr | mai | Jun | Jul | Ago | set | out | Nov | Dez | *P.T.A. | **N.D.C. | ***I.P. | ****V.P.S. |
|-------------------------|--------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|-----------|------------|
| 02157003 SANTA OTÍLIA | P. MURTINHO | 208 | 209,00 | 143,90 | 130,50 | 85,50 | 134,10 | 46,40 | 27,10 | 26,90 | 162,40 | 107,60 | 407,40 | 392,80 | 1873,6 | 2,37 | 790,54852 | 1,00 |
| 02156001 JARDIM | G. L. LAGUNA | 281 | 321,60 | 154,10 | 43,00 | 54,20 | 111,10 | 0,00 | 23,00 | 32,00 | 62,00 | 220,00 | 71,00 | 129,30 | 1221,3 | 1,43 | 854,05594 | 1,00 |
| 02056003 ESTRADA MT-738 | BONITO | 139 | 285,90 | 186,30 | 45,10 | 58,20 | 22,50 | 0,00 | 84,50 | 73,90 | 79,80 | 109,00 | 235,20 | 208,90 | 1389,3 | 2,50 | 555,72000 | 1,00 |
| 02156000 BONITO | BONITO | 310 | 204,50 | 165,90 | 74,40 | 28,30 | 217,50 | 17,20 | 50,10 | 28,20 | 103,50 | 162,50 | 197,30 | 287,70 | 1537,1 | 2,80 | 548,96429 | 1,00 |
| 02155001 NIOAQUE | NIOAQUE | 210 | 233,00 | 108,30 | 29,10 | 232,00 | 16,20 | 2,10 | 20,00 | 0,60 | 99,00 | 21,00 | 211,40 | 149,00 | 1121,7 | 1,80 | 623,16667 | 1,00 |
| 01956008 SÃO SEBASTIÃO | AQUIDAUANA | 105 | 279,40 | 86,30 | 119,50 | 41,40 | 36,80 | 0,10 | 84,60 | 39,40 | 42,00 | 95,20 | 152,20 | 322,50 | 1299,4 | 2,40 | 541,41667 | 1,00 |
| 01956005 BODOQUENA | MIRANDA | 237 | 287,00 | 231,00 | 199,00 | 21,00 | 32,00 | 29,75 | 59,00 | 33,00 | 63,00 | 93,00 | 183,00 | 289,50 | 1520,3 | 2,07 | 734,42029 | 1,00 |
| 02056001 MIRANDA | MIRANDA | 141 | 323,90 | 196,50 | 98,34 | 31,20 | 82,04 | 29,80 | 25,66 | 42,70 | 83,20 | 100,60 | 159,80 | 283,90 | 1457,6 | 3,20 | 455,51250 | 0,90 |
| 02056005 GUAICURUS | MIRANDA | 140 | 32,00 | 159,00 | 136,00 | 76,00 | 79,00 | 38,00 | 23,50 | 19,10 | 59,00 | 78,50 | 84,00 | 196,50 | 980,6 | 2,40 | 408,58333 | 0,83 |
| 01956004 CAMPO ALTO | CORUMBÁ | 123 | 181,80 | 138,70 | 126,30 | 43,90 | 131,80 | 0,00 | 25,10 | 24,40 | 70,30 | 203,40 | 119,30 | 159,60 | 1224,6 | 8,77 | 139,63512 | 0,46 |

Tabela 2 - Valores de Precipitação Mensal, Precipitação Anual, Número dos dias de Chuvas, Intensidade Pluviométrica e Índice de Vulnerabilidade à perda de solos no ano de 2009.

| ESTAÇÕES | MUNICÍPIO | ALT. | Jan | Fev | Mar | abr | mai | jun | Jul | Ago | set | out | Nov | Dez | *P.T.A. | **N.D.C. | ***I.P. | ****V.P.S. |
|-------------------------|--------------|------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|---------|----------|-----------|------------|
| 02157003 SANTA OTÍLIA | P. MURTINHO | 208 | 182,70 | 190,20 | 71,40 | 49,40 | 136,50 | 55,90 | 80,10 | 100,20 | 12,70 | 263,40 | 110,30 | 257,90 | 1510,70 | 2,70 | 559,51852 | 1,00 |
| 02156001 JARDIM | G. L. LAGUNA | 281 | 62,30 | 137,00 | 149,70 | 4,40 | 67,40 | 50,60 | 120,60 | 40,99 | 23,90 | 213,40 | 93,20 | 296,30 | 1259,79 | 2,36 | 533,80932 | 1,00 |
| 02056003 ESTRADA MT-738 | BONITO | 139 | 177,40 | 98,10 | 90,30 | 0,00 | 58,10 | 63,60 | 49,10 | 106,80 | 30,80 | 201,60 | 43,00 | 270,80 | 1189,60 | 2,13 | 558,49765 | 1,00 |
| 02156000 BONITO | BONITO | 310 | 261,80 | 113,10 | 66,80 | 0,00 | 71,30 | 50,80 | 107,70 | 102,90 | 9,40 | 210,40 | 89,40 | 327,50 | 1411,10 | 2,56 | 551,21094 | 1,00 |
| 02155001 NIOAQUE | NIOAQUE | 210 | 177,50 | 105,90 | 139,50 | 1,50 | 34,70 | 50,60 | 116,50 | 157,00 | 50,40 | 195,80 | 165,30 | 310,60 | 1505,30 | 2,53 | 594,98024 | 1,00 |
| 01956008 SÃO SEBASTIÃO | AQUIDAUANA | 105 | 104,60 | 105,30 | 69,50 | 0,00 | 77,30 | 0,00 | 0,00 | 60,30 | 16,10 | 106,40 | 22,10 | 335,60 | 897,20 | 0,90 | 996,88889 | 1,00 |
| 01956005 BODOQUENA | MIRANDA | 237 | 304,60 | 131,10 | 0,00 | 90,60 | 60,70 | 76,30 | 43,10 | 22,40 | 45,45 | 101,12 | 147,43 | 188,46 | 1211,26 | 1,96 | 617,98980 | 1,00 |
| 02056001 MIRANDA | MIRANDA | 141 | 273,00 | 85,70 | 64,20 | 0,00 | 84,20 | 30,40 | 101,30 | 121,50 | 39,20 | 340,10 | 65,60 | 343,00 | 1548,20 | 2,90 | 533,86207 | 1,00 |
| 02056005 GUAICURUS | MIRANDA | 140 | 289,90 | 166,30 | 251,10 | 0,00 | 217,90 | 14,60 | 63,10 | 99,20 | 58,90 | 111,04 | 174,10 | 222,20 | 1668,34 | 2,70 | 617,90370 | 1,00 |
| 01956004 CAMPO ALTO | CORUMBÁ | 123 | 178,10 | 173,70 | 286,20 | 0,00 | 12,50 | 11,10 | 9,00 | 80,70 | 15,00 | 81,60 | 39,60 | 259,10 | 1148,60 | 7,30 | 157,06849 | 0,50 |

*P.T.A.=Precipitação total anual**N.D.C.= Número de dias com chuvas ***I.P.= Intensidade Pluviométrica ****V.P.S.= Vulnerabilidade à perda de solos.

Elaborou-se um arquivo de texto contendo os valores calculados da intensidade pluviométrica, além de informações necessárias para geração dos mapas de intensidade pluviométrica, como as coordenadas X Y de cada estação, após esse procedimento o arquivo de texto com os valores da intensidade pluviométrica foram importados para o *Software* SPRING.

No banco de dados ativo do SPRING, foi criado um modelo de dados MNT (modelo numérico de terreno) nomeado como “**estacoes_pluviometricas**”, com esse P.I. (Plano de Informação) ativo, a operação seguinte consistiu na edição topológica para criar pontos e exportá-los como *ASCII*. (Quadro 10).

Quadro 10: Exemplo do arquivo *ASCII*.

```

SAMPLE
INFO
// Amostras de Modelagem Numérica
// Arquivo ASCII gerado pelo Sistema SPRING
// Projeto: salobra - Plano de informação: teste
// Categoria: mnt - Modelo: DIGITALMODEL
PROJECTION UTM/WGS84, HEMIS -1, ORIG.LAT n 0 0 0.00, ORIG.LONG o 57 0 0.00, LAT1 n 0 0 0.00, LAT2 n 0 0 0.00
DATUM WGS84, Prd 6378137.000000, Pflr 0.003353, Pdx 66.870003, Pdy -4.370000, PdZ 38.520000
OFFSETX 500000.000000 OFFSETY 10000000.000000 SCALEFACTOR 0.999600
BOX 500049.238889, 7677988.024674, 558028.145764, 7771960.236937
UNITS Metros
SCALE 185532.000000
INFO_END
POINT3D
495844.5844 7656750.3824 790.54852
594013.2803 7628861.3685 854.05594
594362.4352 7703753.9989 555.72000
553860.4702 7665001.4169 548.96428
621945.6700 7661082.6165 623.16666
561891.0373 7859635.1844 541.41666
501487.2392 7803901.1289 734.42028
565731.7412 7761665.1649 455.51250
521389.0686 7777340.3680 408.58333
595759.0472 7898823.1873 139.63511
END
END

```

Após a edição, o arquivo de texto foi importado para o SPRING como dado externo no formato *ASCII-SPRING* e como entidade “*Amostras - MNT*”, as amostras foram associadas à Categoria “*estacoes_pluviometricas*” e ao P.I. “*int_pluv_1979*” (Figura 47).

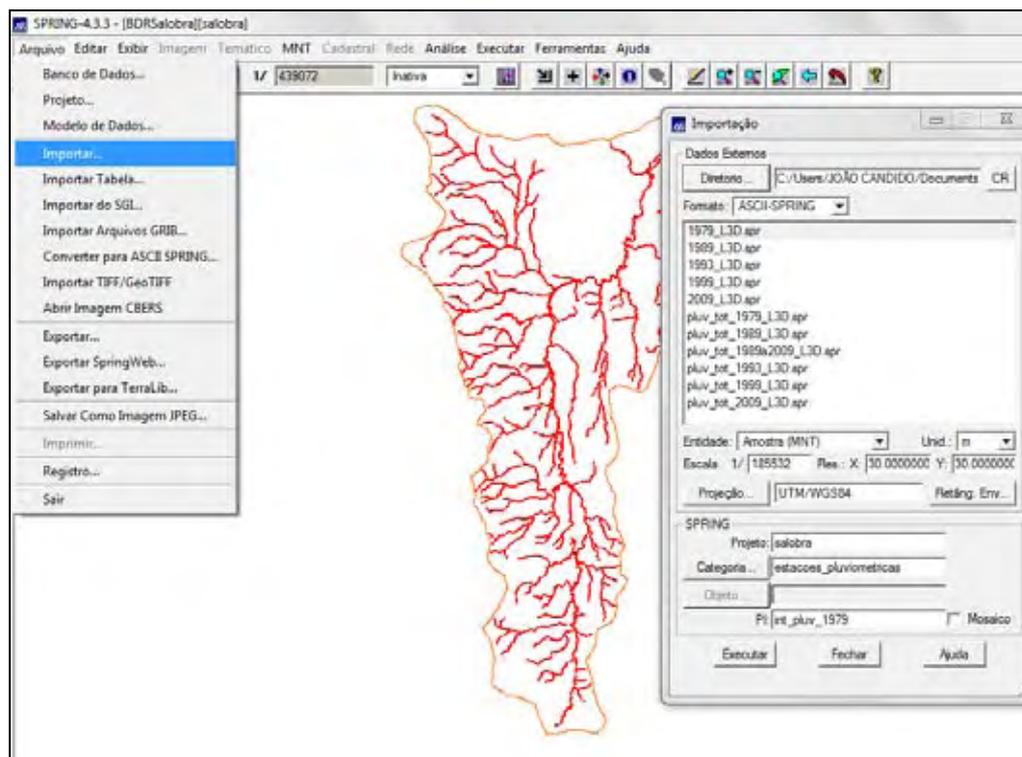


Figura 47: Procedimento para importação dos dados de Intensidade Pluviométrica

As amostras MNT com valores (Z) de intensidade pluviométrica serviram de base para a geração da grade retangular, essa grade normalmente é utilizada quando os dados amostrais não são distribuídos regularmente na superfície, como no caso das estações pluviométricas abordadas.

Os valores iniciais a serem determinados na malha da grade retangular, são os espaçamentos nas direções X e Y de forma que possam representar os valores próximos aos pontos da grade em regiões com grande variação.

Aplicou-se o método de interpolação por média ponderada para calcular o valor aproximado dos pontos da superfície sem dados cotados, conforme indicado por Crepani *et al.* (2004). A interpolação por média ponderada permite a distribuição dos dados pontuais, com formas mais suaves e gradativas sem quebras abruptas de valores.

A geração da grade retangular é acompanhada de uma imagem MNT em tons de cinza, devendo ser transformada em uma imagem temática, assim o procedimento seguinte consiste em gerar uma imagem temática a partir de uma grade retangular por meio do fatiamento do P.I. em MNT. O fatiamento permite

definir e associar os intervalos de valores de cotas com as classes temáticas (figura 48).

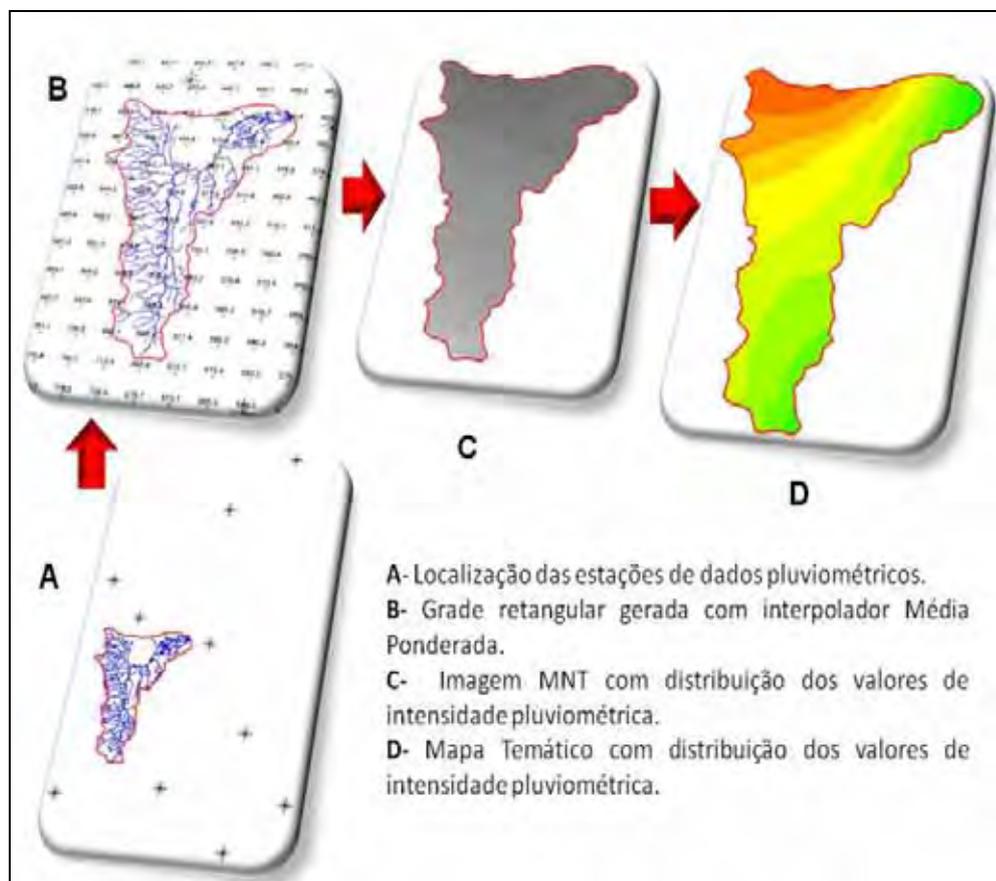


Figura 48: Procedimentos para elaboração de mapa de intensidade pluviométrica.

3.5 - ELABORAÇÃO DO MAPA DE USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL

Para a elaboração do mapa de uso da terra foram utilizadas as imagens de satélite Landsat 2 MSS, de 21/08/1979, e Landsat 5 TM de 07/09/2009, obtidas gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A elaboração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal iniciou-se com a conversão das imagens de formato “TIFF” para “GRIB”, seguida da inserção das imagens de satélite, no Banco de Dados corrente, por meio de registro de imagens, criando no banco de dados um Plano de Informação com modelo de “Imagem”.

Ressalta-se que o *software* SPRING utiliza internamente o formato “GRIB” para o armazenamento de imagens, assim, como as imagens dos satélites

Landsat são disponibilizadas no formato “TIFF”, torna-se necessário sua conversão para o formato “GRIB”.

O processo de conversão do formato “TIFF” para formato “GRIB” é feito no módulo IMPIMA do SPRING. A conversão é um processo no qual é necessário atribuir sua respectiva resolução após a seleção da imagem, que nesse caso é 30 metros e, selecionar as três bandas para composição da imagem, o passo seguinte é visualizar a imagem utilizando o botão de “desenhar”. Após gerar a visualização da imagem finaliza-se o processo clicando no botão “salvar” (Figura 49).

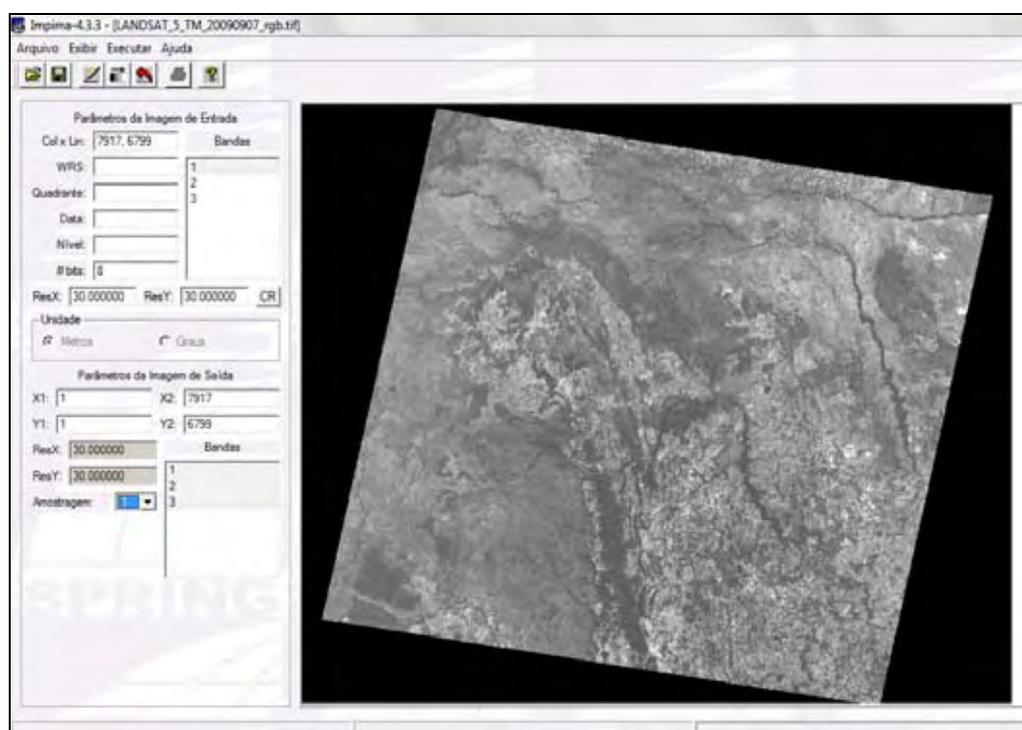


Figura 49- Procedimento de conversão do formato TIFF para formato GRIB.

O procedimento seguinte é o registro da imagem, que pode ser definido como uma operação necessária para se integrar uma imagem à base de dados existente num SIG.

O registro também é importante para se combinar imagens de sensores diferentes sobre uma mesma área ou para se realizar estudos multitemporais, caso em que se usam imagens tomadas em épocas distintas (SAMPAIO LOPES, 2012). O registro de imagens é usado para o georreferenciamento e posterior inserção na base de dados de imagens no formato “GRIB”.

Como há um banco de dados ativo com referências de localidades, utilizou-se o procedimento de registro por TELA, neste modo pode ser utilizado um Plano de Informação (P.I.) em um projeto ativo. Este P.I. pode ser uma imagem que já foi georreferenciada ou um PI temático (por exemplo, mapa de estradas ou rios) que tenha feições reconhecidas na imagem (SAMPAIO LOPES, 2012).

Foram coletados pontos de controle distribuídos ao longo da área da bacia hidrográfica estudada. Recomenda-se trabalhar com o máximo de pontos coletados, pois quanto mais pontos, desde que bem distribuídos e precisos, melhor o registro.

O erro admitido para os pontos de controle é de 3 “pixels”, tratando-se de imagem Landsat com resolução de 30 metros, como o caso dessa aplicação. Após a aferição do erro, os pontos de controle foram salvos (Figura 50).

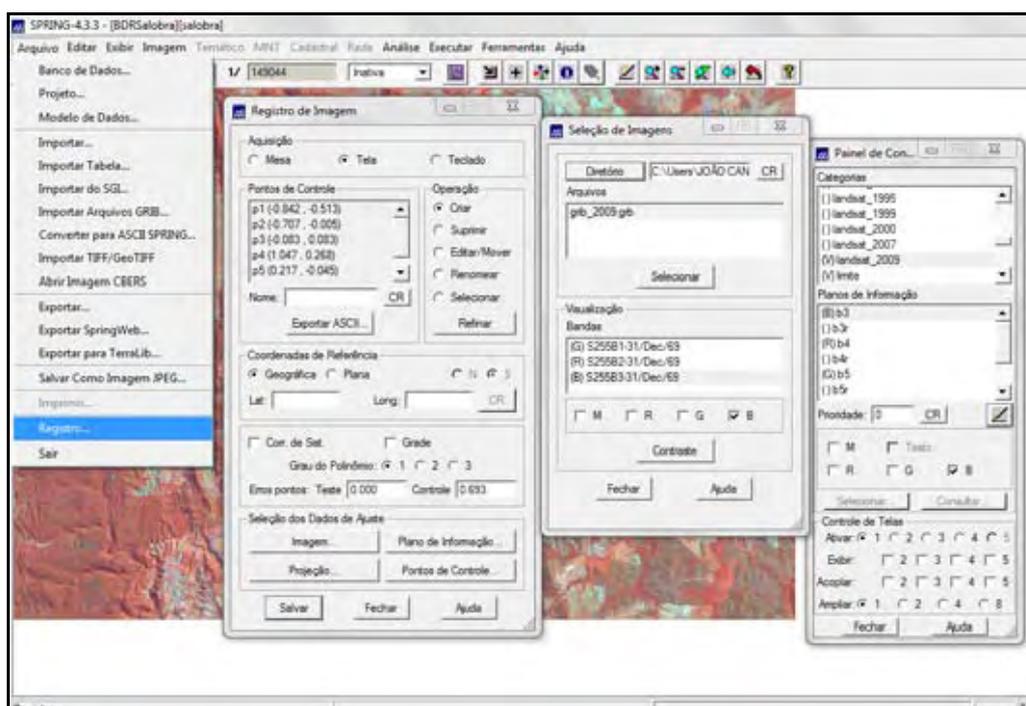


Figura 50: Procedimento para registro de imagem.

A imagem registrada foi importada para o banco de dados na opção “Importar Arquivos GRIB”, onde é associada uma categoria “Imagem” nomeada “landsat_2009”, criada anteriormente no modelo de dados, nesse processo é importada uma banda por vez no Plano de Informação (Figura 51).

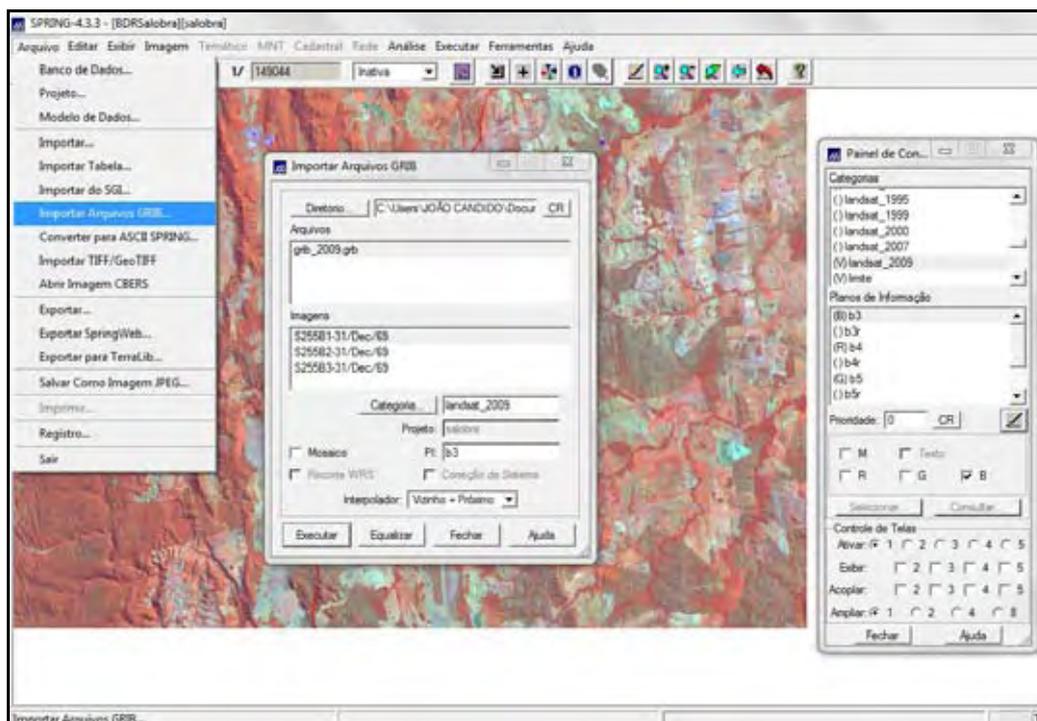


Figura 51: Procedimento para importação de arquivo GRIB.

O mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal finalizou-se com o processo de classificação das imagens de satélite, definido como processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. Anterior à classificação da imagem é necessário adotar o procedimento de segmentação (figura 52), dividindo a imagem em regiões que devem corresponder às áreas de interesse da aplicação. As regiões são entendidas como um conjunto de "pixels" contíguos, que apresentam uniformidade (SAMPAIO LOPES, 2012).

O método de segmentação utilizado foi “crescimento por região” que se define como:

“(...) uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões adjacentes, espacialmente, podem ser agrupadas. Inicialmente, este processo de segmentação rotula cada "pixel" como uma região distinta. Calcula-se um critério de similaridade para cada par de regiões adjacentes espacialmente. O critério de similaridade baseia-se em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões. A seguir, divide-se a imagem em um conjunto de sub-imagens e então se realiza a união entre elas, segundo um limiar de agregação definido.” (SAMPAIO LOPES, 2012 p.04).

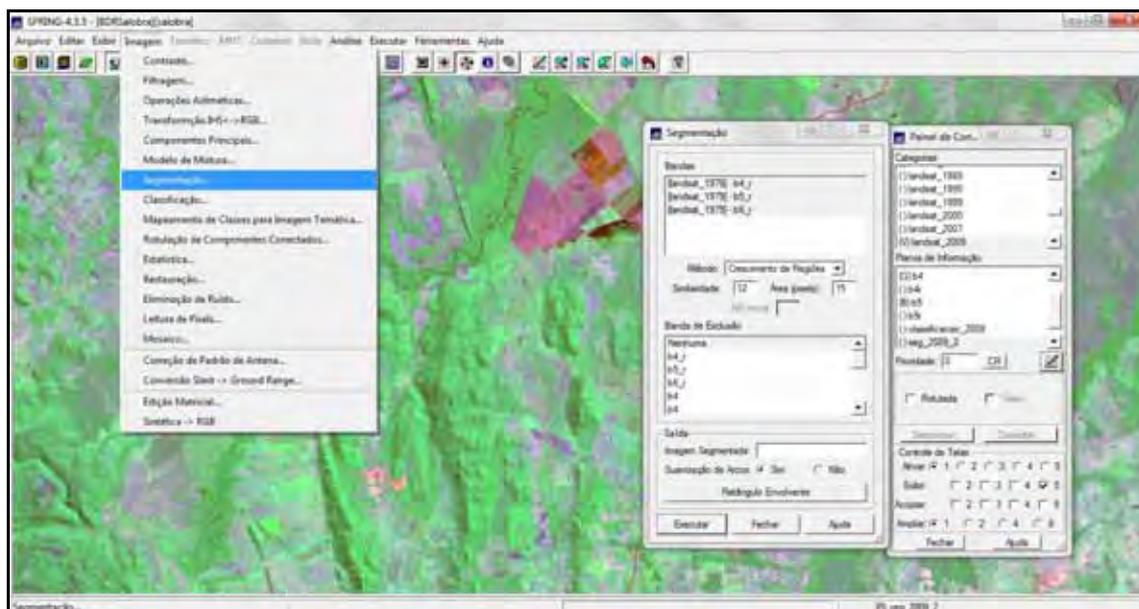


Figura 52- Procedimento para segmentação por crescimento de regiões.

Após a segmentação gerou-se uma imagem, separada em regiões com base na análise dos níveis de cinza (Figura 53).

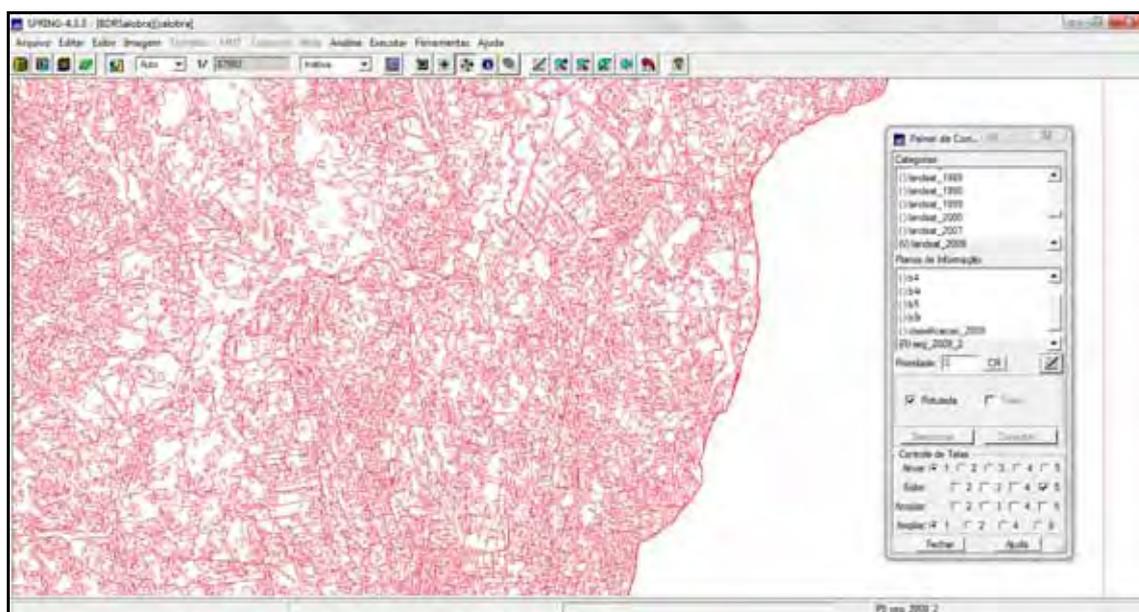


Figura 53- Imagem separada em regiões.

Posterior a segmentação da imagem, realiza-se o processo de treinamento, que corresponde à aquisição de amostras na imagem dividida por regiões, onde é atribuída uma determinada classe para a amostra coletada. Por exemplo, é identificada na imagem segmentada, uma área de floresta, essa área será selecionada de acordo com o tema de treinamento, nesse caso mata (Figura 54).

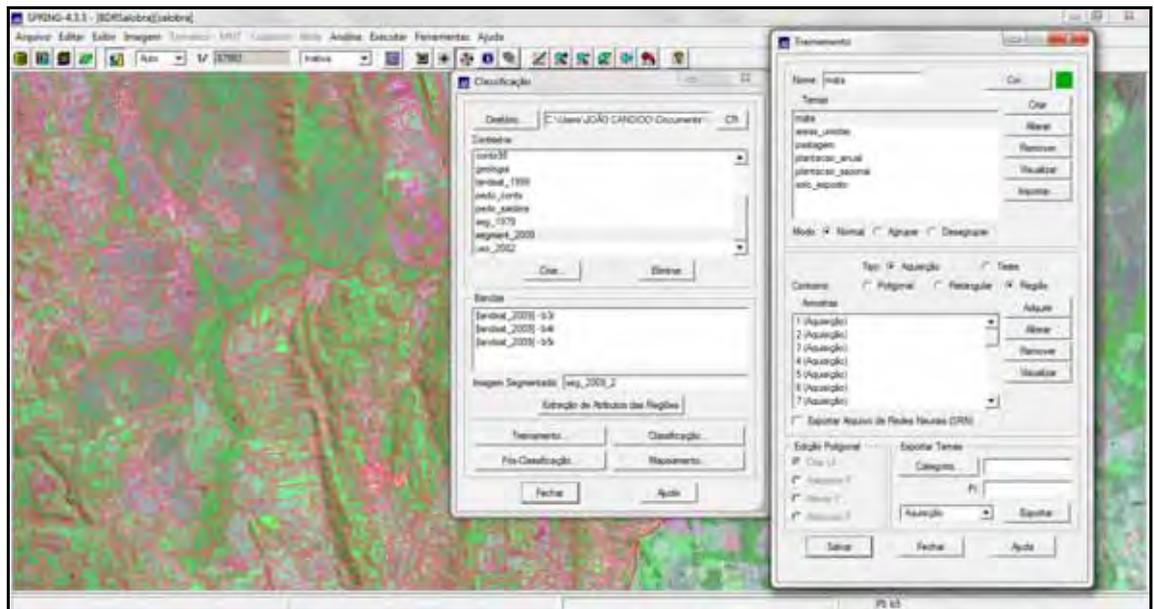


Figura 54- Procedimento de treinamento para classificação da imagem.

A classificação da imagem foi gerada utilizando o classificador com supervisão Bhattacharya. Neste classificador se mede a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais. O classificador Bhattacharya, não é automático e requer interação do usuário, através do treinamento e, suas amostras serão as regiões formadas na segmentação de imagens (SAMPAIO LOPES, 2012).

Com as amostras coletadas, executa-se a classificação, utilizando o classificador Bhattacharya (Figura 55).

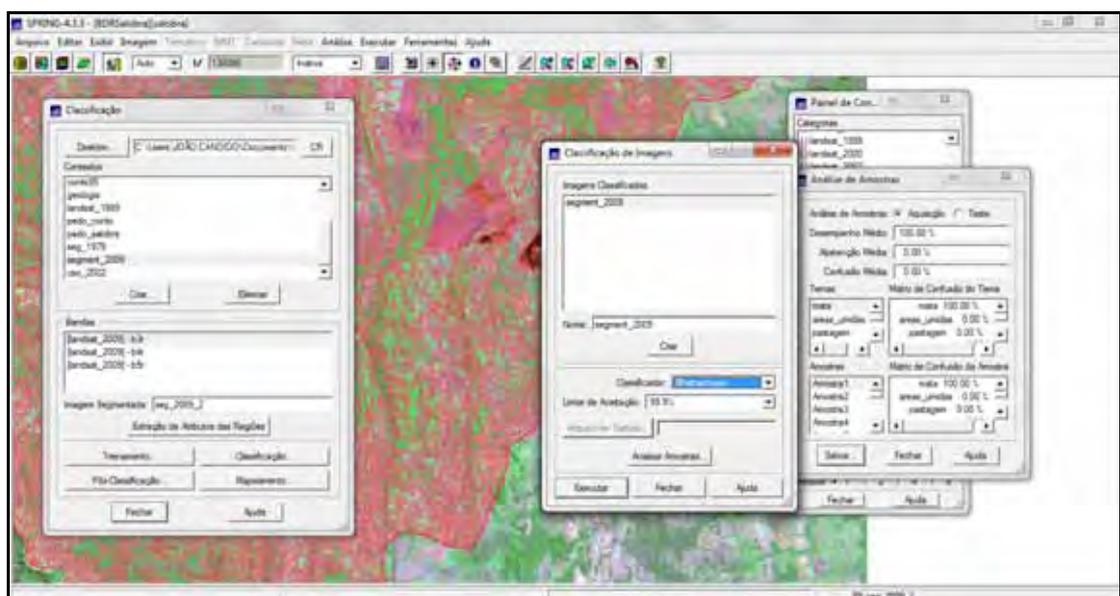


Figura 55- procedimento utilizando o classificador Bhattacharya.

Após o processo de classificação ocorre o procedimento “pós-classificação” que se caracteriza pela extração de “pixels” isolados. A etapa de classificação finalizada com o “mapeamento”, permite transformar a imagem classificada (categoria “Imagem”) em Mapa temático *raster* (categoria “Temática”) (Figura 56).

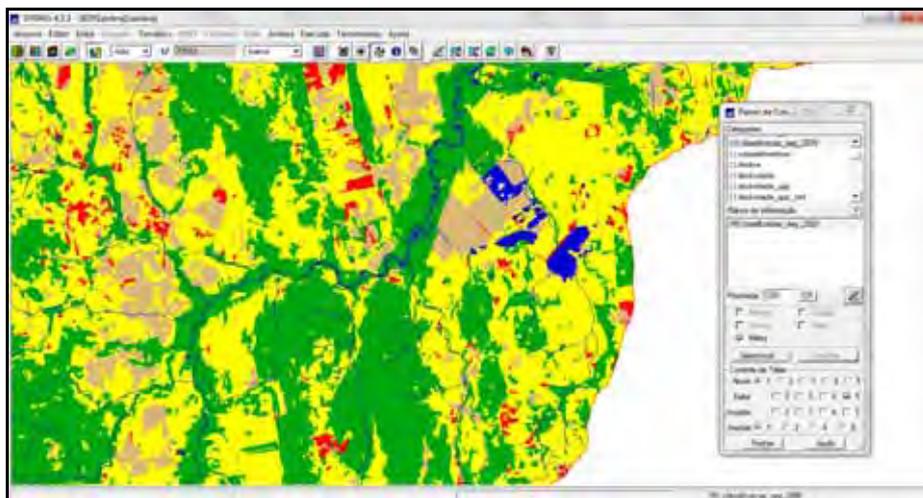


Figura 56 – Imagem classificada e mapeada.

3.6 - PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO DOS MAPAS DE VULNERABILIDADE DA PAISAGEM À PERDA DE SOLOS.

O mapeamento da vulnerabilidade à perdas de solos, foi elaborado em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), onde utilizou-se como ferramenta o *software* SPRING, que permitiu o armazenamento das informações, tratamento de dados e correlações da variáveis, resultando assim no mapa síntese de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos. O mapa síntese foi resultado da correlação dos Planos de Informações, contendo variáveis da paisagem.

Destaca-se para construção do mapa final de Vulnerabilidade Natural da paisagem à perda de solos, foram elaborados experimentos que resultaram em vários mapas, no qual atribuiu-se diferentes pesos para as variáveis analisadas. utilizando método AHP

Assim, para o estabelecimento de uma programação em LEGAL coerente, experimentou-se várias possibilidades de pesos para as variáveis abordadas (ver anexos). Após a elaboração de diversos programas em LEGAL e

mapas, foram realizados trabalhos de campo para verificar qual experimento mais se aproximava da configuração real da paisagem.

Desse modo, na figura 57 são apresentados os pesos utilizados na elaboração dos mapas finais de Vulnerabilidade Natural da paisagem à perda de solos.

Enfatiza-se que a atribuição dos pesos ocorreu após a elaboração de vários modelos experimentais, no qual foram conferidos em campo, sendo escolhido o modelo que mais aproximou-se da realidade observada.

Desse modo, para as variáveis de vulnerabilidade do relevo e tipos de solos, atribuiu-se peso 4, que corresponderia à variável mais influente, seguido pelas unidades litológicas, em que atribuiu-se o peso 2, para intensidade pluviométrica atribuiu-se o peso 1, que corresponderia à variável menos influente na presente análise.



Figura 57- Procedimento para implementação da AHP.

Após a elaboração do mapa de Vulnerabilidade Natural à perda de solos, elaborou-se o mapa de Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos, que resultou da combinação dos Planos de Informações de Uso da terra e cobertura vegetal com o P.I. de Vulnerabilidade Natural à perda de solos. Nesse processo de cruzamento de P.I.s atribuiu-se peso 2 para o P.I. de Vulnerabilidade Natural à perda de solos e peso 1 para o P.I. de Uso da terra e cobertura vegetal.

O mapa síntese de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra é uma nova informação produzida a partir da análise espacial em Sistema de Informações Geográficas (Figura 58), tendo como apoio o Suporte de Decisão AHP (Processo Analítico Hierárquico) que se caracteriza como uma ferramenta de suporte à decisão, que permite organizar e estabelecer um modelo racional da correlação de variáveis (CÂMARA, *et al.*, 1996).

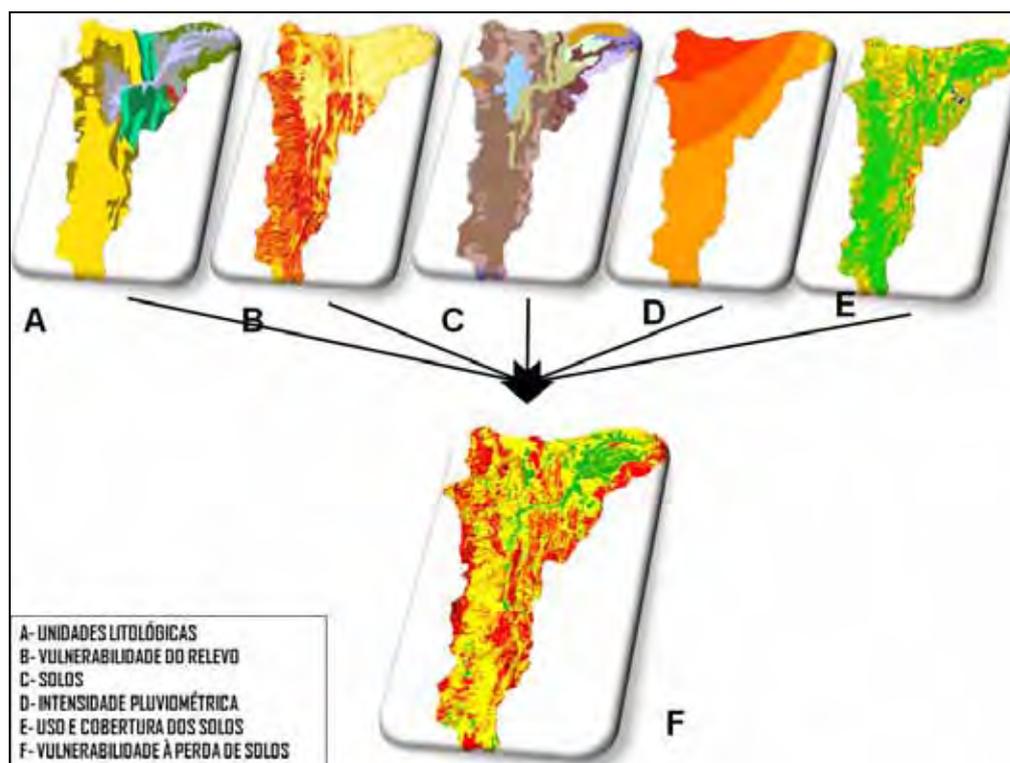


Figura 58: Esquema metodológico da correlação de P.I.s para elaboração do mapa de vulnerabilidade à perda de solos.

Desse modo, as variáveis: unidades litológicas, relevo, solos, intensidade pluviométrica e uso da terra e cobertura vegetal, foram selecionadas no módulo de Análise espacial do SPRING, como critério de análise, estabelecendo-se os pesos diferentes para cada variável, conforme a metodologia.

No resultado do procedimento de implementação da AHP, após se calcular o peso dos critérios, gerou-se uma base de programação em LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico), editada posteriormente em bloco de notas (Anexo).

Segundo Câmara *et al.* (1996) um programa em LEGAL consiste de uma sequência de operações descritas por sentenças construídas segundo regras gramaticais envolvendo operadores, funções e dados representados em Planos de Informações de um mesmo projeto existente em um banco de dados SPRING. O Programa em LEGAL é definido como uma ferramenta que possibilita a realização de análises espaciais através de álgebra de mapas.

Completou-se o arquivo com a base de programação (anexo) contendo as informações específicas, onde foram atribuídos os valores de 0 a 1, sobre os dados nos quais se desejava aplicar o procedimento e, em seguida a programação editada foi copiada no editor de modelos de Álgebra do programa em LEGAL (Figura 59).

Antes de executar a operação deve-se criar no modelo de dados do SPRING, uma categoria saída em Modelo Numérico do Terreno (MNT), para receber a imagem gerada após execução da operação. A imagem MNT gerada após a execução da operação utiliza o interpolador de média ponderada.

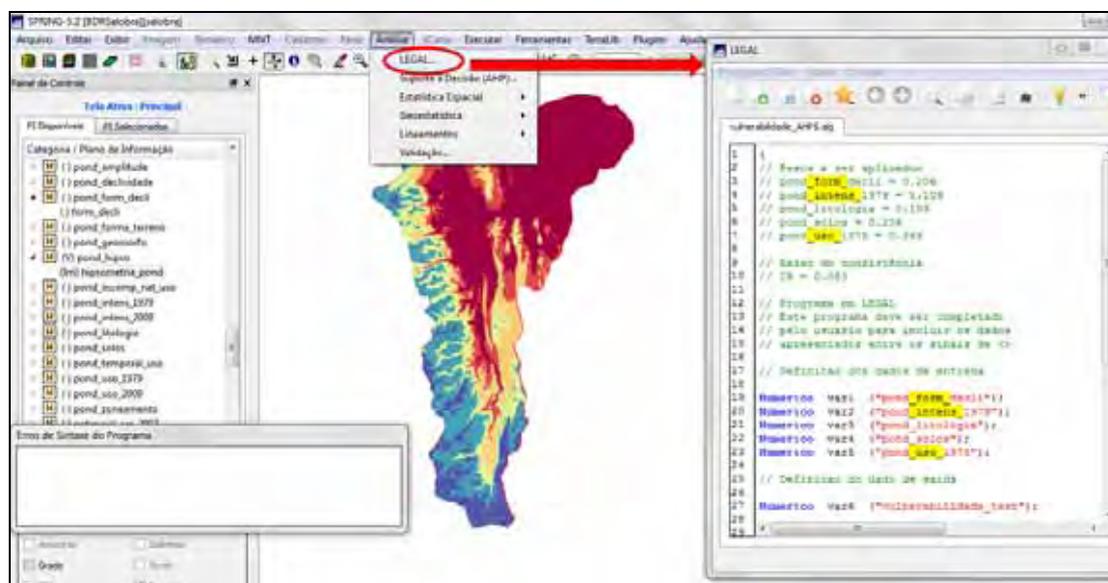


Figura 59- Procedimento para implementação da Análise em LEGAL.

O procedimento final para geração do mapa de vulnerabilidade da paisagem à perda de solos é o fatiamento da imagem em MNT que transformará a categoria MNT de entrada, em uma categoria Temática de saída, estabelecendo assim as classes temáticas de acordo com a grade gerada em LEGAL (Figura 60).

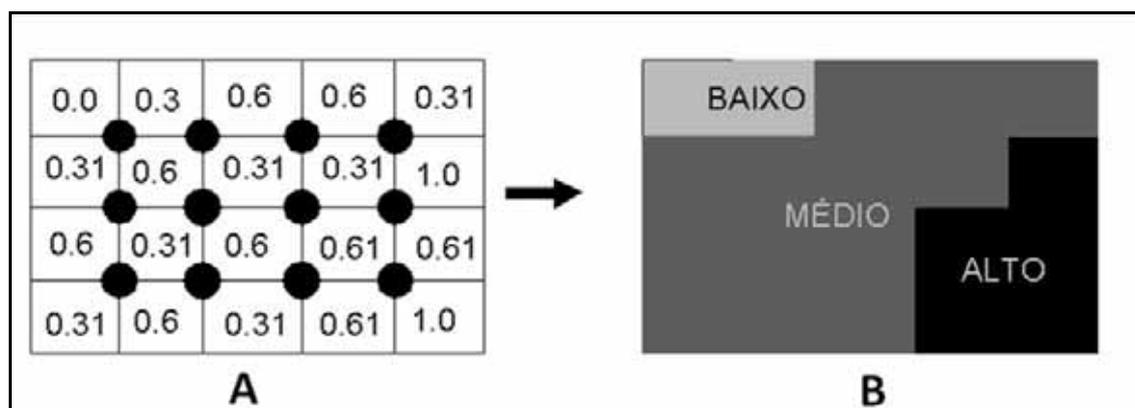


Figura 60- (A) exemplo de fatiamento de imagem em MNT gerada a partir do método AHP, (B) categoria temática pós-fatiamento.

3.7 - ELABORAÇÃO DO *BUFFER* DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE.

As Áreas de Preservação Permanente foram estabelecidas conforme o Artigo 3º da Resolução do CONAMA Nº 303, de 20 de março de 2002, na qual deveriam conter “apenas florestas e demais formas de vegetação natural” ao longo das faixas marginais respeitando-se uma largura mínima proporcional ao curso d’água:

- Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:
- I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:
- trinta metros, para o curso d’água com menos de dez metros de largura;
 - cinquenta metros, para o curso d’água com dez a cinquenta metros de largura;
 - cem metros, para o curso d’água com cinquenta a duzentos metros de largura;
 - duzentos metros, para o curso d’água com duzentos a seiscentos metros de largura;
 - quinhentos metros, para o curso d’água com mais de seiscentos metros de largura;
- II - ao redor de nascente ou olho d’água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;

Desse modo, a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) possibilitou identificação e delimitação das Áreas de Preservação Permanentes, estabelecidas pela legislação e permitiu correlacioná-las com os tipos de uso da terra observados na área estudada.

Com base na legislação vigente elaborou-se o mapa de Áreas de Preservação Permanente, que englobou os elementos morfológicos do relevo de

restrição ao uso da terra e as faixas marginais, respeitando-se uma largura mínima proporcional à área de restrição de uso.

O passo inicial para elaboração do *buffer* de Áreas de Preservação Permanente (APP) é a criação de três Planos de Informações no modelo de dados temático “app_30”, “app_50” e “nascentes”, onde armazenou-se os *buffers* das áreas de APP.

A elaboração do *buffer* de APP é automática em ambiente de SIG. Utilizando-se o Software SPRING, é necessária a ativação do Plano de Informação (PI) “riosalobra” na Categoria “hidrografia”, onde está armazenada a rede de drenagem da bacia hidrográfica.

O *buffer* de APP é um mapa de distâncias gerado a partir de uma entidade de referência (linha, ponto ou polígono), no caso, a rede de drenagem é uma entidade de linha e no caso das nascentes a entidade de referência é ponto.

Segundo Sampaio Lopes (2012) um mapa de distância é um tipo de análise de proximidade (medida de distância entre objetos, comumente medida em unidade de comprimento) que apresenta zonas com larguras especificadas (distâncias) em torno de um ou mais elementos do mapa.

Após a ativação do PI temático “riosalobra”, no Menu do SPRING clicou-se em “Temático” – “Mapa de distâncias”, onde foi selecionado o elemento e as entidades (linha) de referência. Foi necessário selecionar todas as linhas que representam os canais de drenagem.

Após concluir-se a seleção de todos os canais de drenagem e das áreas de nascentes, indicou-se a categoria de saída “app_30”, “app_50” e “nascentes”, criada anteriormente. Prosseguiu-se com etapa de definição de fatias, nesse caso dependendo da largura do canal de drenagem se estabeleceu 30 e 50 metros e para as áreas de nascente se estabeleceu 50 metros (Figura 61).

Para se finalizar a elaboração do mapa de distância com o *buffer* de APP, se estabelece o número dos “**Pontos da Curva**”. Valores válidos entre 1 e 180, este valor corresponde ao número de pontos a ser criado numa curva de 180 graus, as curvas com ângulos menores terão número de pontos proporcional a este ângulo (SAMPAIO LOPES, 2012).

Quanto maior a faixa de distância recomenda-se utilizar valores maiores de pontos da curva, desse modo, como se estabeleceu valor 5 e 3 para número de Pontos de Curvas, proporcional à distância da APP de 50 (cinquenta) e 30 (trinta) metros (Figura 62).

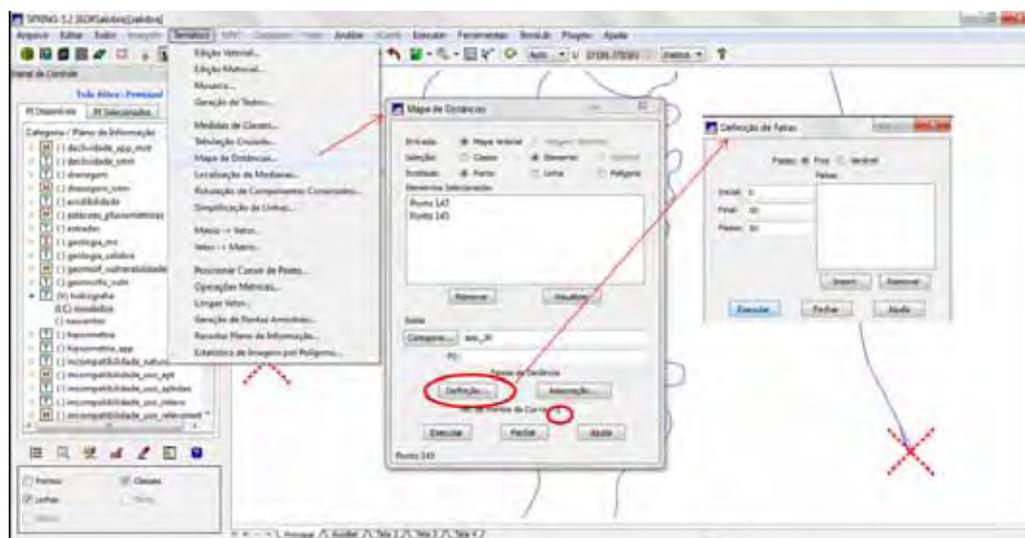


Figura 61 – Procedimentos para elaboração do mapa de distâncias com *buffer* de APP.

Por fim, executa-se o procedimento descrito acima, gerando o mapa de distâncias contendo o *buffer* de APP, que a partir da rede de drenagem e nascentes se estabeleceu 50 (cinquenta) e 30 (trinta) metros como Áreas de Preservação Permanente. (Figura 62).

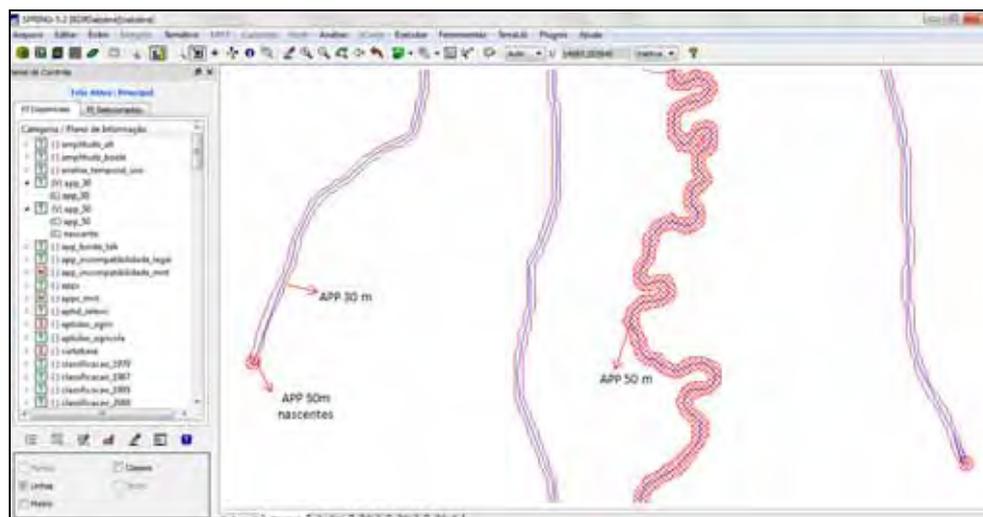


Figura 62 – Buffer de APP a partir da rede de drenagem.

3.8 - ELABORAÇÃO DO *BUFFER* DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE PARA AS BORDAS DOS TABULEIROS E CHAPADAS, ESCARPA.

A delimitação das APP's, ao longo das faixas marginais para as áreas que apresentam formas de relevo suscetíveis ao desencadeamento de problemas ambientais como movimentos de massa e intensificação dos processos erosivos, estão apoiados de acordo com os seguintes aspectos de do Artigo 3º da Resolução do CONAMA Nº 303, de 20 de março de 2002:

V - no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação à base;

VI - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;

VII - em encosta ou parte desta, com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive;

VIII - nas escarpas e nas bordas dos tabuleiros e chapadas, a partir da linha de ruptura em faixa nunca inferior a cem metros em projeção horizontal no sentido do reverso da escarpa;

Para obter-se as informações da morfologia do relevo utilizadas na elaboração do *buffer* de APP's para as bordas dos tabuleiros, chapadas e escarpas, foram aproveitados os dados dos sensores Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) da área estudada (SF-21-X-A).

A elaboração do *Buffer* inicia-se a partir da extração de topos, que pode ser definida como a operação que representa o ponto máximo de um morro e o ponto mínimo (na base do morro).

A partir dos pontos de máximo e mínimo selecionados, o SIG calcula o valor da cota correspondente à dois terços do máximo e gera uma isolinha com este valor de elevação. A linha gerada armazena-se num Plano de Informação temático previamente selecionado (Figura 63).

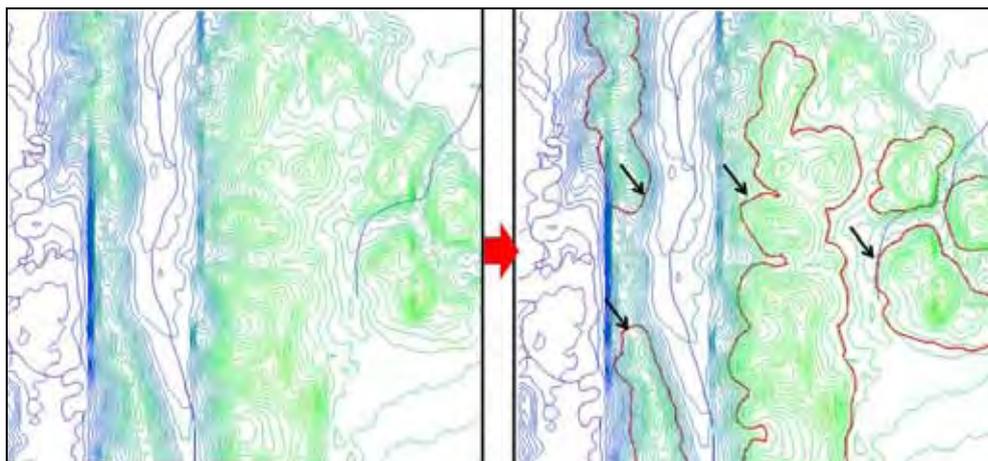


Figura 63: Procedimento para extração de topos a partir das curvas de nível.

O procedimento seguinte para elaboração do *Buffer* criou-se um Plano de Informações para armazenar as distâncias que devem ser respeitadas conforme a legislação para Área de Preservação Permanente.

Desse modo, elaborou-se um Plano de Informações do mapa de distâncias com cem metros de distância em projeção horizontal a partir da delimitação da borda das chapadas e escarpas (Figura 64).

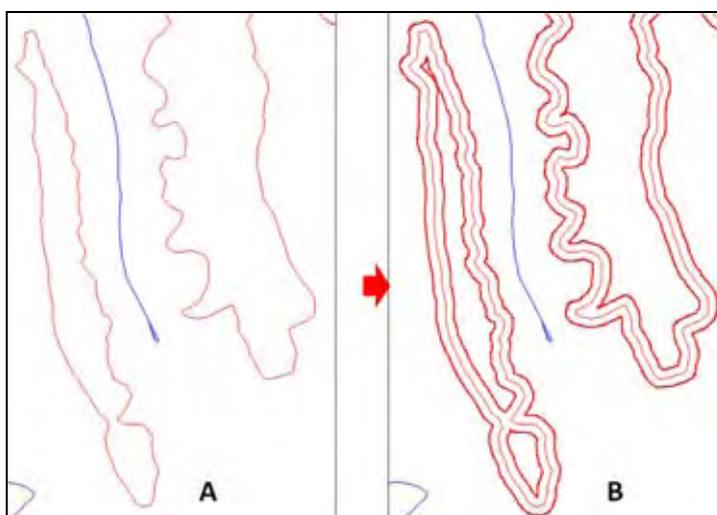


Figura 64: (A) Bordas de tabuleiros e escarpas, (B) delimitação de APP's a partir da extração de topos.

3.9 - PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO DO MAPA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL:

Estabeleceu-se o zoneamento ambiental a partir da correlação dos Planos de Informações de Vulnerabilidade Natural à perda de solos, Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação, Uso da Terra e cobertura Vegetal (Figura 65).

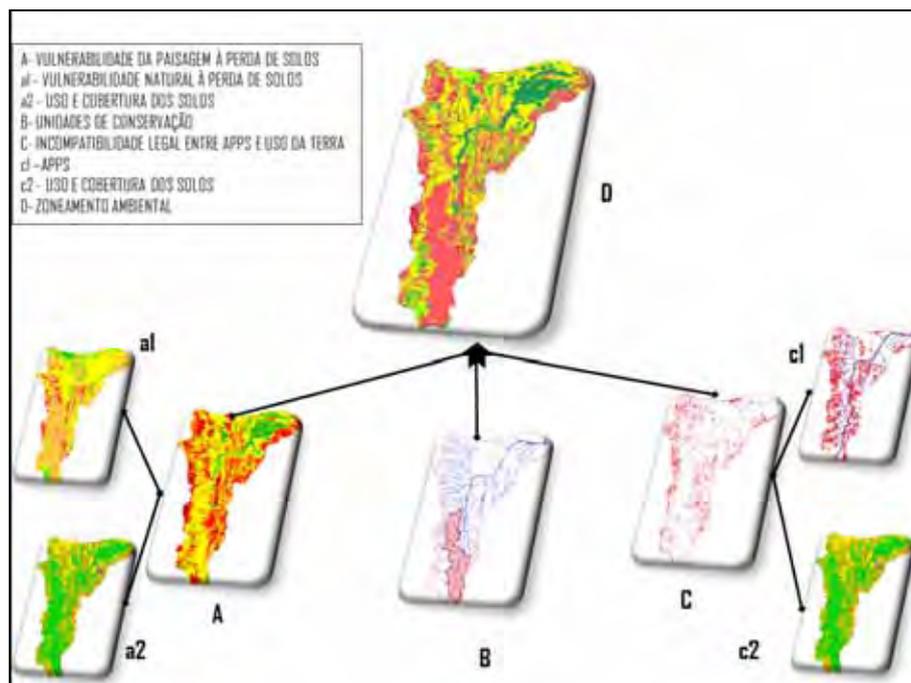


Figura 65 – Correlação dos Planos de Informações para definição do mapa zoneamento ambiental.

Produziu-se o mapa síntese de zoneamento ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra seguindo os procedimentos operacionais da Análise Espacial em SIG, como a álgebra de mapas, utilizando-se operadores booleanos, utilizados nas análises qualitativa para geração de informações temática.

A etapa de implementação da álgebra de mapas procedeu-se conforme explicado no item “Estrutura e funções de processamento dos SIGs”, apresentado no capítulo 2, resultando na programação em LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) (Anexo).

O processamento da programação em LEGAL resultou em um modelo em MNT e após o procedimento de fatiamento, se estabeleceu as classes do mapa temático, que resultou no mapa síntese de zoneamento ambiental.

A figura 66 expõe resumidamente os procedimentos utilizados para a análise dos dados geográficos, desde a seleção dos dados de entrada, seguido pelas Operações de Transformações, como ponderação, fatiamento e reclassificação, Operações Booleanas e Matemáticas, caracterizadas pelas sobreposições de camadas utilizando diferentes operações e funções, finalizando o processo com a medida e análise, caracterizado pela apresentação e visualização dos dados processados.

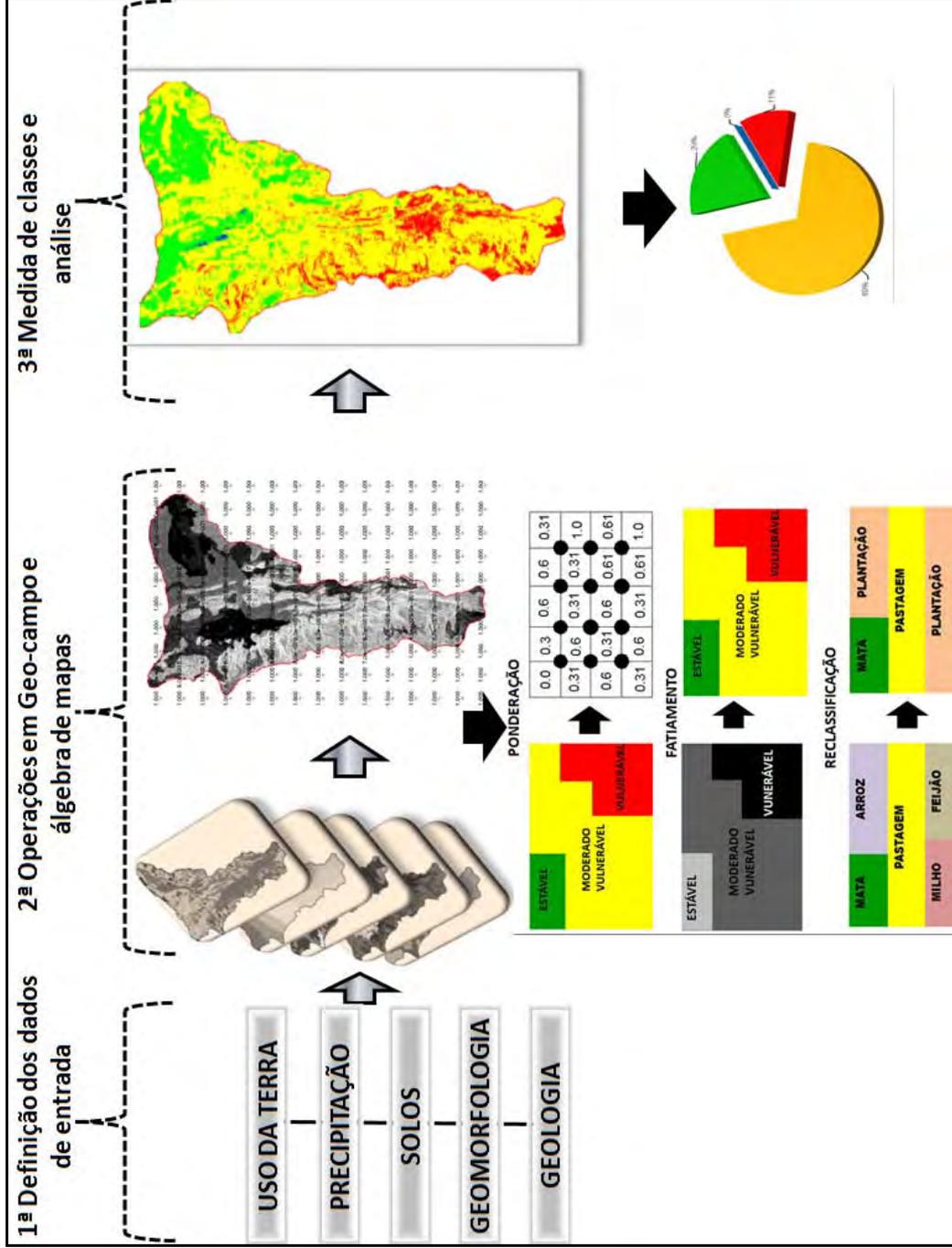


Figura 66- Procedimentos utilizados para a análise dos dados geográficos.

CAPÍTULO 4:

C **ARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SALOBRA-MS.**

4.1 – Especificidades da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, localizada na região sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul, pode ser considerada uma das principais áreas fontes de fluxos de matéria e energia para Bacia do Rio Miranda no Pantanal Sul-mato-grossense.

A Bacia Hidrográfica do Rio Salobra está inserida na área proposta do Geopark da Serra da Bodoquena e Pantanal apresentada à UNESCO.

Essa proposta diferencia-se das Unidades de Conservação tradicionais, como o Parque Nacional da Serra da Bodoquena, cuja porção Norte está inserida dentro dos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra (Mapa 1).

Desse modo, o Geopark:

... é uma marca atribuída pela UNESCO a uma área onde ocorrem excepcionais geológicas que são protegidas e aproveitadas como elementos indutores de educação ambiental e de desenvolvimento sustentável. Um Geopark deve ter limites bem definidos; envolver uma área suficientemente grande para possibilitar o desenvolvimento sustentável; abarcar um determinado número de sítios geológicos de especial importância científica, raridade ou beleza e deve ter um papel ativo no processo de educação ambiental e, através do geoturismo, no desenvolvimento econômico. Aspectos arqueológicos, ecológicos, históricos e culturais, também são componentes importantes. (ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL, 2011, p.8).

A área do Geopark abrange “a Serra da Bodoquena e entorno imediato, bem como áreas do Pantanal do Jacadigo-Nabileque e da região de Corumbá”. (ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL, 2010, p.12)

Para Bacci et al. (2009) “a criação de um geoparque pretende estimular a sustentabilidade econômica das comunidades locais”, assim, o objetivo fundamental é o desenvolvimento econômico das regiões em harmonia com a proteção ao patrimônio geológico local, destacando-se o geoturismo como uma atividade econômica representativa.

A proposta de geopark da Serra da Bodoquena deve-se principalmente às particularidades geológicas da área, como por exemplo, as tufas calcárias verificadas ao longo da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra como a cachoeira da Boca da Onça e Cânion. (Figura 67).



Mapa 01: Bacia Hidrográfica do Rio Salobra e delimitação da porção Norte do Parque Nacional da Serra da Bodoquena.

Segundo Boggiani et al. (1999, p.250) “as tufas calcárias formam conjuntos paisagísticos de inusitada beleza”, cuja preservação é importante, pois a formação desses depósitos depende da qualidade das águas dos rios.

Sobretudo, as tufas calcárias além ter um papel de cunho ambiental importante, que deve ser considerado seu papel socioeconômico, visto que as tufas são os elementos da paisagem, mais representativos como atrativo turístico.



Figura 67: A- Tufas calcárias da cachoeira Boca da Onça ao fundo, e B- Córrego Campina. (Fonte: Autor, A- maio de 2010 e B- fevereiro de 2011).

Assim, as tufas calcárias representam os ambientes estáveis em equilíbrio, porém, são considerados ambientes vulneráveis, pois as alterações e intensificação do uso da terra podem acarretar na degradação dessas paisagens.

Nessa perspectiva Boggiani et al. (2011) considerou que:

As tufas são depósitos carbonáticos fluviais frágeis e facilmente erodidos e quebrados. Por se encontrarem em formação, são dependentes das condições físico-químicas e biológicas de suas águas, cuja descaracterização pode causar danos irreversíveis às tufas e consequente comprometimento da atividade turística. (BOGGIANI, et al. 2011. p. 57).

Nesse contexto, Karman et al. (2004), considerou que os estudos específicos na Serra da Bodoquena são importantes no sentido que ocorre uma crescente implementação de atividades turísticas que segue acompanhada de respectiva infra-estrutura, principalmente no tocante do planejamento do uso da terra.

4.2- Unidades Litológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra

Segundo estudos de Araújo *et al.* (1982) apresentado no Projeto RADAMBRASIL e Lacerda Filho *et al.* (2006) apresentado no relatório de Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul, a área da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, apresenta-se estruturada litologicamente sobre o arcabouço geológico da Formação Cerradinho e Formação Bocaina, rochas do Pré-cambriano Superior e, Formação Pantanal do período Quaternário. Verifica-se também a ocorrência de rochas do Grupo Cuiabá e Formação Puga (mapa 2).

Formação Pantanal:

Esta unidade ocorre no interior da Serra da Bodoquena, em uma área de forma ligeiramente alongada. Estes sedimentos unem-se aos que estão situados à Noroeste de Miranda através do vale do Rio Salobra, onde formam uma faixa que acompanha grosseiramente o curso deste rio.

A Formação Pantanal é a unidade geológica mais recente da bacia do rio Salobra, caracteriza-se por apresentar sedimentos arenosos, sílticos-argilosos, de depósitos fluviais e lacustres em áreas periodicamente inundáveis e/ou sujeitas a inundações ocasionais. Aparecem disparidades pedológicas ocasionadas principalmente por oscilações do lençol freático.

Segundo Almeida 1964 (*apud* Lacerda Filho *et al.* 2006), a Formação Pantanal é constituída por sedimentos arenosos e silto-argilosos, com pouco cascalho, depositados em leques aluviais, e por lateritos ferruginosos.

Almeida 1959 (*apud* Lacerda Filho *et al.* 2006), descreve a Formação Pantanal como uma das maiores planícies de nível de base interiores do globo, ainda em processo de entulhamento, a qual, sob influência da orogenia Andina desenvolveu-se em ambiente fluvial e/ou flúvio-lacustre.

Conforme Lacerda Filho *et al.* (2006) a Formação Pantanal se caracteriza por três fácies: Fácies de Depósito Coluvionares (Q1pc), Fácies de Terraços Aluvionares (Q1p1), Fácies de Depósitos Aluvionares (Q1p2). Na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra são verificadas as duas últimas.

A subunidade Fácies de Terraços Aluvionares (Q1p1) é constituída de sedimentos arenosos-argilosos, semi-consolidados, parcialmente laterizados.

Compreendem a porção intermediária, composta por sedimentos areno-argilosos, parcialmente inconsolidados e laterizados, de planície aluvial. A ocorrência dessa subunidade é verificada em grande parte da porção sudoeste do estado, estendendo-se irregularmente desde a cidade de Caracol até as proximidades de Corumbá (LACERDA FILHO et al. 2006).

Depósitos Aluvionares (Q1p2), é a subunidade que compreende a porção superior da Formação Pantanal, constituída de sedimentos argilo-siltico-arenosos. É a subunidade de maior área no Pantanal Sul-matogrossense, com 66.895km², isto é, mais de 18,6% do território de Mato Grosso do Sul. Abrange desde o extremo Sudoeste do Estado, até o limite com o Mato Grosso à noroeste.

Esses depósitos são compostos predominantemente por areias, subordinadamente cascalho, lentes silto-argilosas e turfa. Nas frações mais grosseiras podem ocorrer concentrações de minerais pesados como rutilo, ouro, zircão e diamante de eventual interesse econômico.

Esses depósitos são distribuídos principalmente nas planícies de inundação e ao longo dos canais de drenagem de maior porte e baixo gradiente, como nas bacias dos rios Paraguai, Paraná, Aquidauana, Miranda e Taquari (LACERDA FILHO, et al. 2006).

Grupo Corumbá:

A área de ocorrência litológica pertencente ao Grupo Corumbá é constatada principalmente ao longo da Serra da Bodoquena, principalmente pelas Formações Bocaina e Cerradinho com idade suposta Pré-cambriana Superior, em razão do conteúdo fossilífero da Formação Bocaina (ARAÚJO *et al*, 1982).

Almeida (1965) reuniu as sequencias carbonáticas das regiões da Serra da Bodoquena e de Corumbá no Grupo Corumbá e o subdividiu nas Formações Cerradinho, Bocaina, Tamengo e Guaicurus, da base para o topo.

Lacerda Filho *et. al.* (2006) adotaram a subdivisão do Grupo Corumbá nas Formações Cerradinho, Bocaina e Tamengo, na ordem cronológica da base para o topo. Na área estudada são constatadas as Formações Cerradinho e Bocaina do Grupo Corumbá.

Formação Bocaina: (NPbo)(d) (c):

Constitui-se por mármore dolomítico, dolomito estromatolítico colunar a pseudo colunar, rochas fosfáticas (microfosforito, estromatólitos e laminações algáceas fosfatizadas), brecha carbonática, dolomito laminado e estratificado e psoid rudstone; (d) dolomito maciço silicoso com níveis de silexito; (c) calcário calcítico, dolomítico, intraclástico e oolítico (Figura 68 e 69).



Figura 68 – Afloramento de dolomito laminado da Formação Bocaina, próximo ao assentamento Canaã. (Fonte: autor, setembro de 2007).

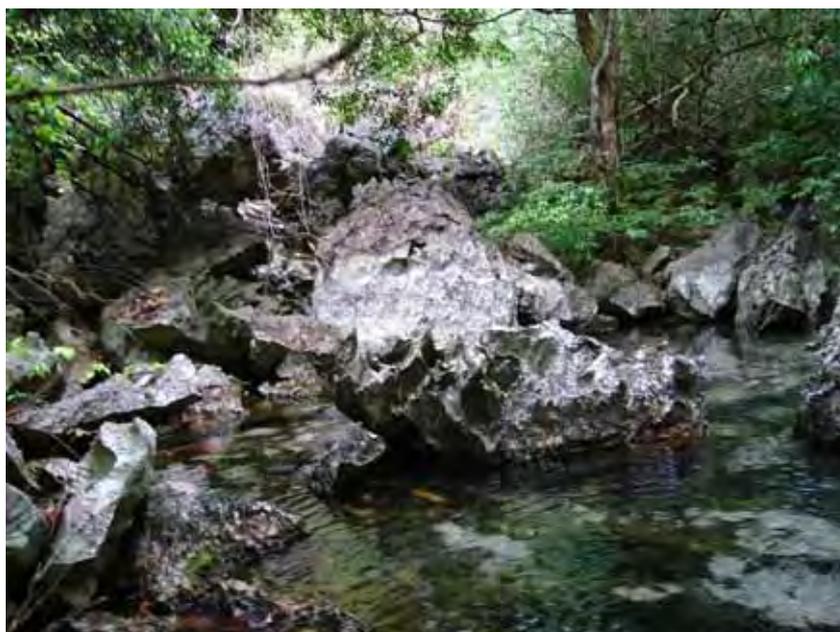


Figura 69 - Dolomito estromatolítico da Formação Bocaina. (Fonte: autor, outubro de 2007).

Os relevos esculpidos na Formação Bocaina são intensamente dissecados e de formas colinosas contrastando com aqueles oriundos da Formação Cerradinho. Apresentam calcários dolomíticos e dolomitos com frequentes vênulas de calcita e quartzo, localmente silicificados de coloração cinza e esbranquiçada, eventualmente rósea, calcarenitos dolomíticos, estruturas estromatolíticas. Contato transicional com a Formação Tamengo (ARAÚJO; et al, 1982).

Segundo Boggiani (1997) a Formação Bocaina, tem espessura entre 30 e 80m, sendo caracterizada por dolomitos com gradativa predominância de silexitos do topo, ocorrendo nela também rochas fosfáticas e abundantes estruturas estromatolíticas.

O contato inferior dos dolomitos da Formação Bocaina é erosivo e estes ocorrem sobrepostos diretamente sobre o embasamento gnássico-granítico.

Conforme Lacerda Filho et al. (2006) os dolomitos ocorrem nas porções mais orientais do Planalto da Bodoquena principalmente ao longo da rodovia Bonito - Bodoquena, sobrepostos por falhas inversas, pelas rochas metassedimentares do Grupo Cuiabá.

A Formação Bocaina é marcada por intensa dolomitização e silicificação, a qual passa a predominar para o topo (LACERDA FILHO et al. 2006).

Formação Cerradinho (NP3ce) (c) (d):

Constitui-se por paraconglomerado, arcósio, arenito arcossiano, arenito com lâminas de argilito, folhelho com intercalações predominantes de calcário calcítico (c) e dolomítico (d) (Figura 70). Oriundo de ambiente de planície de maré litorânea com retrabalhamento distal dos leques aluviais.

A Formação Cerradinho caracteriza-se por apresentar grandes extensões aplanadas conservadas que interpenetram os relevos mais elevados da região de Bodoquena. Nota-se que os processos erosivos esculpiram um relevo ruiforme em formas de “torres”, nos arenitos da Formação Cerradinho. Caracteriza-se pela topografia plana e homogênea, constituindo uma superfície de aplanamento conservado, elaborados nos sedimentos da Formação referida (ARAÚJO et al, 1982).



Figura 70- Rocha dolomítica da Formação Cerradinho, linha do Córrego Seco. (Fonte autor: outubro de 2007).

A Formação Cerradinho distribui-se amplamente em toda a área abrangida pela Serra da Bodoquena, principalmente nas porções ocidentais, orientais e meridionais estendendo-se para o sul.

Conforme Boggiani (1997), esta unidade foi identificada apenas ao longo da borda Oeste do Planalto da Bodoquena, não sendo verificadas exposições desta unidade no Maciço do Urucum, em Corumbá.

As fácies características da Formação Cerradinho encontram-se expostas em áreas ocidentais do Planalto da Bodoquena, a Oeste do Rio Perdido e do Rio Salobra. Na Porção Norte do Planalto essas fácies são observadas na região da Morraria (BOGGIANI, 1997).

Para Lacerda Filho *et al.* (2006) a porção inferior da Formação Cerradinho está assentada em discordância erosiva sobre granitóides do Complexo Rio Apa, sendo composta de conglomerados, arenitos e arcóseos, discretamente estratificado, por vezes com marcas onduladas assimétricas. Nas porções intermediárias e superiores compreendem calcários e dolomitos, com intercalações de siltitos, marga e arenito.

Grupo Cuiabá (Subunidade Pelítica (Pcuxt, NPcuf) e Subunidade Carbonática (NPcum):

As litologias do Grupo Cuiabá são representadas fundamentalmente por micaxistos ocorrentes principalmente entre os municípios de Bonito e Miranda. Apresentam uma grande variação mineralógica que denominam os diversos tipos de xistos ocorrentes.

Evidenciam-se calcários, mármore e metagrauvas, além de quartzitos que ocorrem de maneira localizada, porém freqüentes. Esporádicos metaconglomerados aparecem na parte ocidental da área de afloramento do Grupo Cuiabá, em contato com a Formação Cerradinho, sendo que os tipos litológicos menos comuns são as metagrauvas, milonitos, filitos, ardósias, hornfels (ARAÚJO *et al*, 1982).

Conforme Lacerda Filho *et. al.* (2006) no relatório de Geologia e recursos minerais do Estado de Mato Grosso do Sul produzido pelo CPRM, o Grupo Cuiabá foi dividido em quatro subunidades denominadas de Conglomerática, Psamítica, Pelítica e Carbonática. Sendo verificadas na bacia do Rio Salobra a Subunidade Pelítica (Pcuxt, NPcuf) e Sub-unidade Carbonática (NPcum).

A **Subunidade Pelítica (Pcuxt, NPcuf)** compreende xistos, filitos e quartzitos, com intercalações de mármore, filitos com quartzitos, xistos quartzíticos e filitos quartzíticos e metagrauvas subordinadas (LACERDA FILHO *et. al.* 2006) (Figura 71 e 72).

Esta Subunidade tem sua ocorrência demarcada por falhas de empurrão e/ou inversas para NNW. A deformação produziu nestas rochas uma foliação irregular a qual está dobrada em isoclinais fechadas, com flancos rompidos (LACERDA FILHO *et. al.* 2006).

Lacerda Filho *et al.* (2006), constatou que a **Subunidade Carbonática (NPcum)** ocorre entre o sul da cidade de Bonito até o norte da cidade de Bodoquena. Compreende mármore calcíticos e dolomíticos, com filitos subordinados. Os mármore calcíticos possuem foliação metamórfica milimétrica de dobras isoclinais, o que os distinguem dos mármore dolomíticos, que são maciços, intensamente fraturados silicificados, ambos são finos a médios.

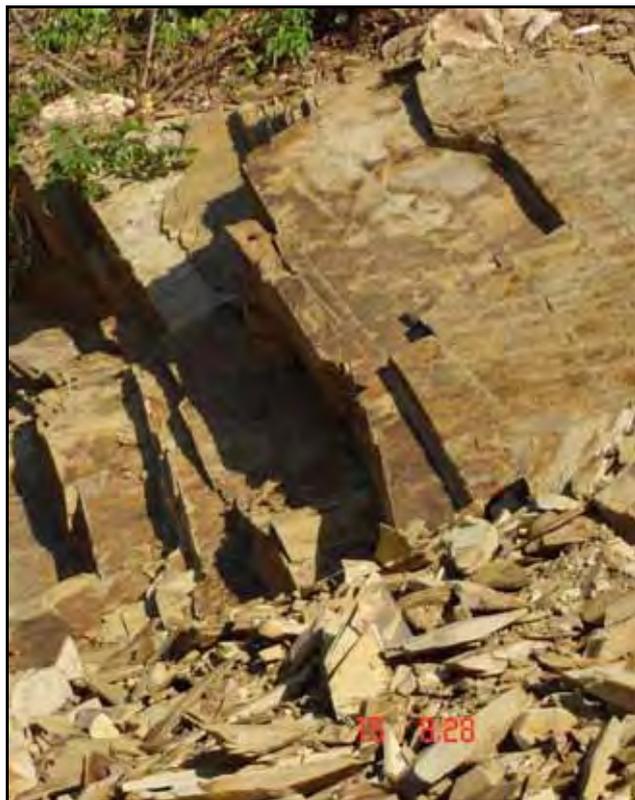


Figura 71 – Filitos do Grupo Cuiabá Subunidade Pelítica, local de exploração para produção de cimento (Fonte: Autor, março de 2006).



Figura 72 – Calcários do Grupo Cuiabá Subunidade Pelítica, local de exploração para produção de cimento (Fonte: Autor, maio de 2010).

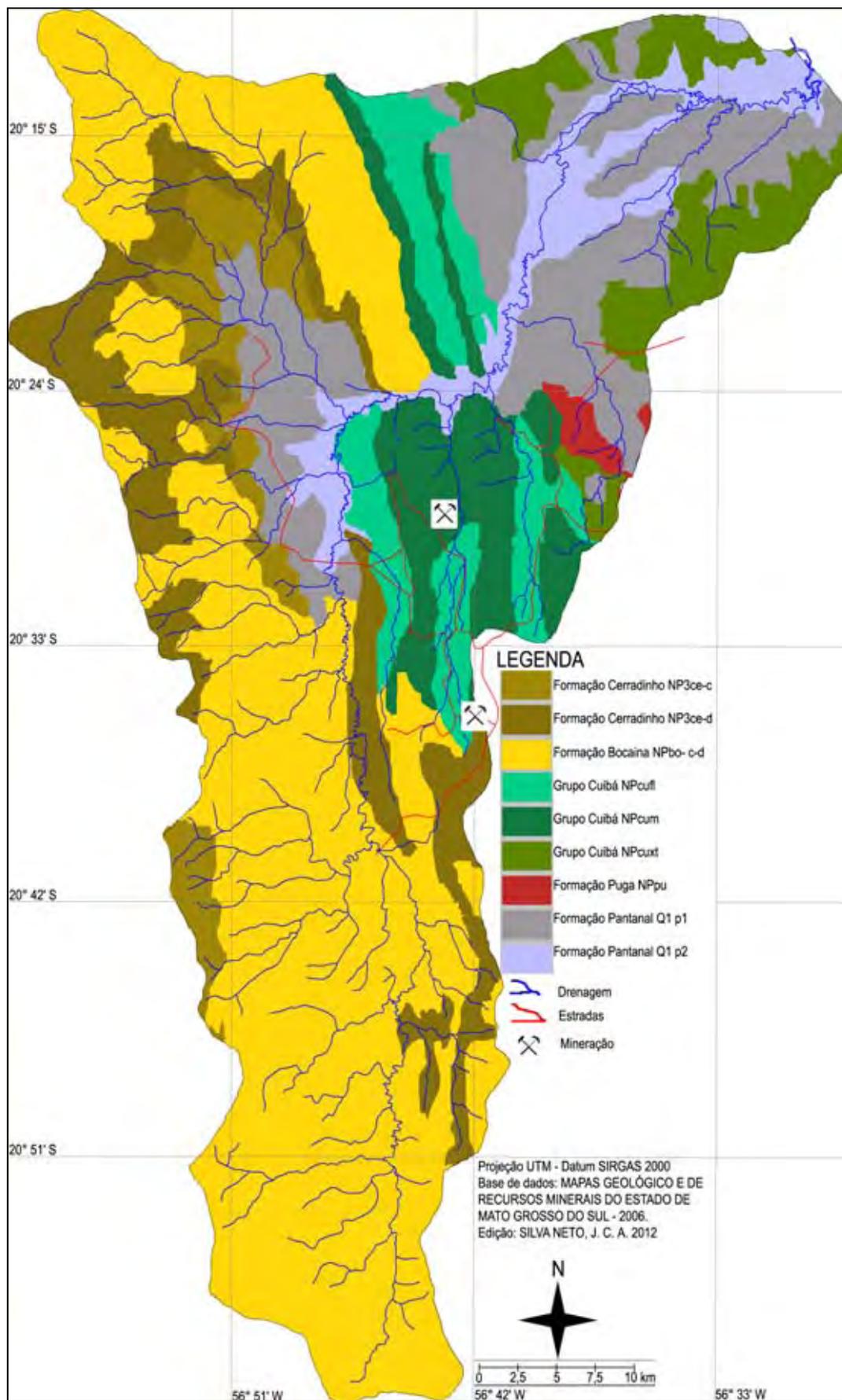
Formação Puga (NPpu):

Esta formação é averiguada na Borda Oeste da Serra da Bodoquena, onde tem espessura entre 80 e 100m (CORRÊA *et al.* 1976 *apud* LACERDA FILHO *et al.* 2006).

Almeida (1965) considerou que a Formação Puga apresenta-se subposta à Formação Cerradinho às abas da Serra da Bodoquena, na rodovia de Miranda à cidade de Bodoquena.

Corrêa *et al.* (1979), constatou que a Formação Puga aflora em diversos pontos da borda oeste da Bodoquena e nos núcleos de grandes anticlinais arrasados. Esta unidade geológica é caracterizada pela abundância de cimento calcífero, coloração cinza a creme, que para o topo torna-se avermelhado a arroxeadado devido à presença de óxido de ferro na matriz.

Segundo Corrêa *et al.* (1979) em afloramento é possível perceber uma certa orientação preferencial dos seixos quando alongados. Em zonas mais dobradas, observa-se o aparecimento de uma clivagem ardosiana, com as micas orientadas sub-paralelamente a esses planos.



Mapa 2- Tipos Litológicos da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS.

Vulnerabilidade das Unidades Litológicas

Para Crepani *et al.* (2001) as unidades litológicas são entendidas como um elemento importante na análise e definição da categoria morfodinâmica da unidade de paisagem natural.

A vulnerabilidade litológica abrange as informações relativas à resistência das rochas que a compõem, entendido como a intensidade da ligação entre os minerais ou partículas constituintes (CREPANI *et al.* 2001).

Deve-se considerar ainda, os graus de alteração intempérica da rocha que influenciará diretamente na resistência e suscetibilidade aos processos de erosão hídrica.

Crepani *et al.* (2008) considerou que nas rochas mais alteradas e menos coesas, ou seja, com menor dureza, predominam os processos modificadores das formas do relevo.

Nesse sentido, a partir da classificação dos tipos de rocha de cada unidade litológica, foram estabelecidos valores de vulnerabilidade seguindo a proposta de Crepani *et al.* (2001).

Assim, para as Fácies de Terraços Aluvionares (Q1p1) e Fácies de Depósitos Aluvionares (Q1p2) da Formação Pantanal, composta por sedimentos inconsolidados em aluviões e colúvios, atribuiu-se o valor máximo (1.0) de vulnerabilidade sendo classificadas como Muito Forte, segundo a escala de Vulnerabilidade de 0.0 à 1.0 (Quadro 11).

A Formação Bocaina: (NPbo-d-c) do Grupo Corumbá, composta por calcários e dolomitos, essas rochas caracterizam-se como mais resistentes encontradas na Bacia do Rio Salobra, devido ao grau de metamorfização sofrido por essas rochas. Desse modo, atribuiu-se para Formação Bocaina o valor 0.05, classificado com Vulnerabilidade Muito Fraca.

Formação Cerradinho (NP3ce-c-d) alterna entre arenitos, arcóseos, siltitos, folhelhos, margas, calcários, dolomitos, é atribuído o valor de 0.80 na escala de vulnerabilidade, esta unidade litologia é classificada com Vulnerabilidade Forte.

A Subunidade Carbonática (NPcum) do Grupo Cuiabá é composta por mármore calcíticos e dolomíticos, com vulnerabilidade de 0.50, esta unidade caracteriza-se como Vulnerabilidade Moderada.

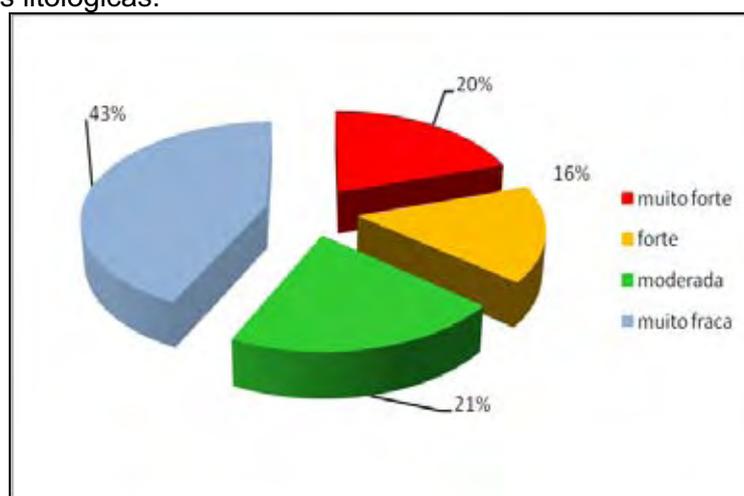
A Subunidade Pelítica (Pcuxt) do Grupo Cuiabá é composta por xistos, filitos e quartzitos, no qual é conferida vulnerabilidade 0.60, classificada como Vulnerabilidade Moderada.

A Subunidade Pelítica (NPcuf) do Grupo Cuiabá é composta por filitos com quartzitos e xistos, com vulnerabilidade de 0.60, também classificada como Vulnerabilidade Moderada.

Formação Puga (NPpu) composta por diamictitos, paraconglomerados arenitos, siltitos e folhelhos, apresenta vulnerabilidade de 0.5, classificada como Vulnerabilidade Moderada.

Quanto às unidades litológicas observadas na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, verificou-se que 20% da sua área enquadra-se na classe de vulnerabilidade Muito Forte, 16% na classe de vulnerabilidade Forte, 21% na classe de vulnerabilidade Moderada e 43% na classe Muito Baixa, nenhuma unidade litológica verificada na área estudada enquadrou-se na classe de vulnerabilidade Baixa.

Gráfico 1- Distribuição das classes de Vulnerabilidade da paisagem das unidades litológicas.



Quadro 11- Tipos Litológicos e Índice Vulnerabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS.

| ERA | PERÍODO | FORMAÇÕES GEOLÓGICAS | SÍMBOLOS | TIPO DE ROCHA | VULNERABILIDADE |
|----------------|--------------------|------------------------------|--------------|--|-----------------|
| CENOZÓICO | QUATERNÁRIO | Fácies depósitos aluvionares | Q1p2 | Composta por sedimentos argilo-siltico-arenosos. | 1,00 |
| | | Fácies terraços aluvionares | Q1p1 | Composta por sedimentos areno-argilosos, parcialmente inconsolidados e laterizados, de planície aluvial. | 1,00 |
| NEOPROTORÓZICO | NEOPROTORÓZICO III | Formação Bocaína | NPbo)(d) (c) | Seqüência de calcários, dolomitos e subordinadamente, mármore. Subdividida em dois membros, um calcítico (NPboc), com calcários atóquimicos, ortoquímicos e dolomíticos, o outro dolomítico (NPbod). | 0,05 |
| | | Formação Cerradinho | NP3ce (c) | Ocorrência de alternância de arenitos, arcóseos, siltitos, folhelhos, margas, calcários, dolomitos, leitos delgados de silxito e eventuais conglomerados. Membro clástico-calcítico. | 0,80 |
| | | Formação Cerradinho | NP3ce (d) | Ocorrência de alternância de arenitos, arcóseos, siltitos, folhelhos, margas, calcários, dolomitos, leitos delgados de silxito e eventuais conglomerados. Membro clástico-dolomítico. | 0,80 |
| | | Subunidade Carbonática | NPcum | Composta por mármore calcíticos e dolomíticos, com filitos subordinados. | 0,50 |
| | CRIOGÊNIANO | Subunidade Pelítica | NPcuxt | Composta por xistos, filitos e quartzitos, com intercalações subordinadas de mármore. | 0,60 |
| | | Subunidade Pelítica | NPcufi | Composta por filitos com quartzitos, xistos, metarenitos e mármore subordinados. | 0,60 |
| | | Formação Puga | NPpu | Composta por diamictitos, paraconglomerados (contém blocos e seixos de quartzito, calcário, gnaíse, anfibolito, granito e riodacito), arenitos, siltitos e folhelhos. | 0,50 |
| | | | | | |

4.3- Caracterização Geomorfológica:

Os estudos apresentados por Almeida (1965) e Corrêa *et al* (1979), serviram de base na caracterização geomorfológica da área, estabelecendo em suas pesquisas a divisão em unidades geomorfológicas da seguinte forma: Planalto da Bodoquena, Zona Serrana Ocidental e Depressão Periférica do Miranda.

A Serra da Bodoquena é uma feição geomorfológica marcante no Estado do Mato Grosso do Sul, com cerca de 200 km de direção norte-sul e até 800 metros de altitude. Situa-se a Sudeste da Planície do Pantanal, entre os paralelos de 19° 45' e 22° 15' de latitude Sul e entre os meridianos de 56° 15' e 57° 30' de longitude Oeste.

Almeida (1965) considerou o Planalto da Bodoquena a mais importante feição geomorfológica da região Sudoeste do Mato Grosso do Sul, não só por suas elevações de altitude do relevo, como por sua extensão, que assume um formato estreito e longo de planalto composto por calco-dolomítico.

No limite Norte da Serra da Bodoquena ocorre o recobrimento dos sedimentos cenozóicos da Formação Pantanal e ao Sul praticamente desaparece, ocorrendo apenas alguns morros isolados em calcários do Grupo Itapucumi (KARMAN *et al.* 2004).

Planalto da Bodoquena:

A unidade geomorfológica do Planalto da Bodoquena apresenta-se com muitas falhas geológicas, fraturas e dobramentos, dando um aspecto muito complexo às feições. O Planalto da Bodoquena é o bloco mais compacto e representativo desta unidade e apresenta feições de relevos dobrados muito evoluídos e relevos cársticos. Os relevos são específicos de regiões calcárias, resultantes da dissolução do carbonato de cálcio pelas águas correntes, geralmente constituindo **Karst** descobertos (CORREIA, *et al.* 1979).

Suas camadas dobradas resultaram relevos diversificados, sendo possível evidenciar um estágio muito evoluído. A densidade de drenagem é alta e moderada e a declividade das vertentes é bastante acentuada. Estas variáveis associadas contribuíram para o modelado de dissecação do relevo, elaboradas

pela ação fluvial em combinação com as demais variáveis. (ALVARENGA *et al.* 1982) (Figura 73 e 74).



Figura 73 – Feições de morrotes dissecados semelhantes à mares de morros da Serra da Bodoquena. (Fonte: autor, outubro de 2007).



Figura 74 – Vertentes com declividades acentuadas nas proximidades das nascentes do córrego Salobrinha. (Fonte: autor, outubro de 2007).

Ross (2006) classificou essa unidade geomorfológica como Planalto e Serras residuais do Alto Paraguai caracterizado por apresentar formas de relevo com serras alongadas em cristas anticlinais-sinclinais.

“Serras residuais do Alto Paraguai – fazem parte de extensa área pertencente ao chamado cinturão orogênico Paraguai-Araguaia. Essas serras apresentam dois setores: um ao sul e outro ao norte do pantanal mato-grossense, onde recebem a denominação de Serra da Bodoquena e Província Serrana. São formas residuais esculpidas em dobramentos datados do Pré-cambriano, cujos processos erosivos geraram formas de relevo em conjuntos de serras assimétricas e grosseiramente paralelas, que atingem até 800m de altitude. Constituídas por rochas sedimentares antigas, são dobradas por processos orogênicos e posteriormente trabalhadas por vários ciclos erosivos” (ROSS, 2006 p.81).

Depressão Periférica do Miranda:

A Depressão Periférica do Miranda se caracteriza pela ampla faixa de rochas xistosas e litologias representadas principalmente por micaxistos, que ocorrem principalmente entre os municípios de Miranda e Bonito, além de espessas camadas de quartzitos intercaladas em xistos, o relevo se destaca em morros de perfis arredondados, bem inclinados, que se salientam na topografia aplainada da região (ALMEIDA; 1965).

O Rio Miranda, antes de penetrar no Pantanal, drena uma extensa depressão periférica, que separa as terras altas da Bodoquena e Zona Serrana Oriental, das cuevas basálticas de Maracajú e serra de Aquidauana, e, o traçado geral da rede de drenagem da Depressão Periférica do Miranda obedece as orientações estruturais NNW e NNE, testemunhando que os vales vêm se abrindo por erosão regressiva, com adaptação às faixas menos resistentes de micaxistos (ALMEIDA, 1965).

Segundo Ross (2006) classificou o compartimento, Depressão Periférica do Miranda, como Depressão do Miranda caracterizando-o por apresenta formas de relevo com colinas amplas com topos planos, vales pouco entalhados e planícies fluviais, corresponde a uma superfície baixa e muito aplanada com altimetrias entre 100m e 150m, essa unidade está esculpida em litologias do Pré-cambriano Superior.

Planície do Pantanal Sul-matogrossense

Essa unidade geomorfológica corresponde às áreas com menor variação altimétrica, sua altimetria varia de aproximadamente 90 a 150m, caracteriza-se por apresentar relevo plano oriundo da deposição de sedimentos recentes do Quaternário. A Planície do Pantanal sul-mato-grossense é conhecida como uma

grande extensão de área alagável, durante um período do ano, com duas estações distintas, uma de cheia e outra de seca.

Compartimentação Geomorfológica.

Conforme compartimentação geomorfológica apresentada por Karmann et al. (2004) o Rio Salobra pode ser compartimentado nas seguintes unidades: Vale do Rio Salobra, representado pela nomenclatura PB2, que é composta por áreas fluviais, com o alto Rio Salobra como principal canal de drenagem, formando um canyon, com afluentes em maior ou menor grau de entalhamento, alguns subterrâneos, caracterizando-se como a área de maior altitude da bacia, alcançando altitudes superiores a 700 metros.

A Planície com Morros Residuais Isolados é representada pela nomenclatura DRM2, geralmente de calcário, formando cones cársticos, ocorrendo nas planícies associadas em presença de dolinas, na maioria em solo residual de calcário dolomítico (Figura 75).

Próximo da confluência com o rio Miranda, a bacia do rio Salobra apresenta características bem antagônicas à região do Planalto da Bodoquena, assumindo a configuração da Planície do Pantanal. Esta unidade de compartimentação é denominada de Planícies Aluviais do Médio-Baixo Salobra a qual é designada pela nomenclatura DRM3 (KARMANN, *et al.* 2004).

Levando-se em consideração que os blocos rochosos Norte e Sul do planalto são formados pela mesma rocha, o maior nível de entalhamento na rocha da porção Norte pode ser atribuído a “um maior soerguimento tectônico relativo” (KARMANN, *et al.* 2004), pois o bloco em subsidência é o próprio Pantanal.

O baixo rio Salobra após deixar o canyon do Vale do Salobra (PB2), chega a atingir o nível de base regional em torno de 100 metros de altitude formando uma planície (DRM3) dentro do próprio Planalto de Bodoquena, comparável as planícies da Depressão do Rio Miranda.

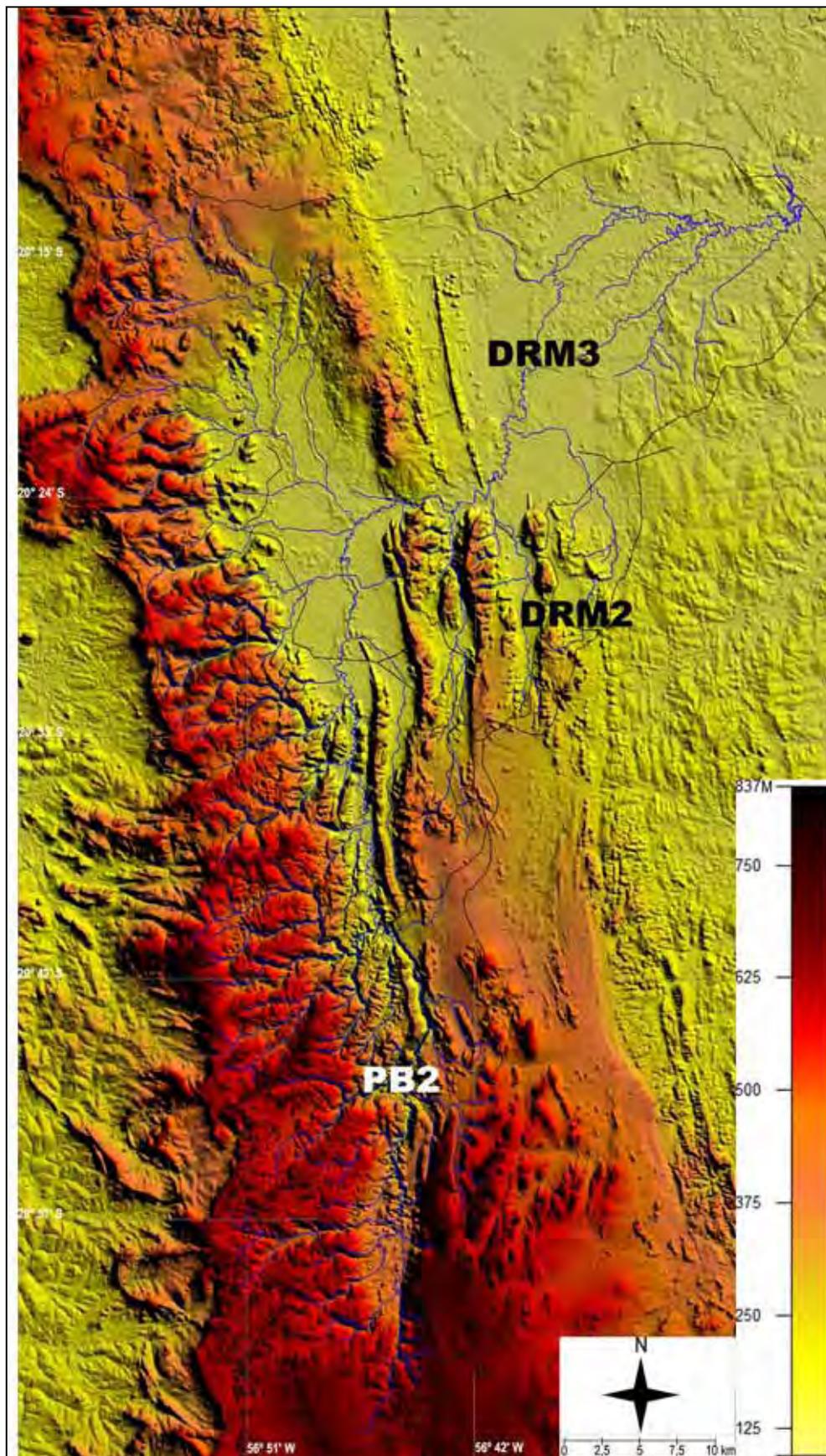


Figura 75- Modelo Numérico do Terreno da área da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra.

4.4 - Caracterização dos tipos de Solos

A principal característica pedológica da bacia hidrográfica do Rio Salobra é a presença de solos provenientes das formações geológicas citadas anteriormente, onde suas litologias variam desde as originadas de calcários, ardósias do pré-cambriano (Grupo Corumbá), até os sedimentos mais recentes da Formação Pantanal.

Outro contraste é quanto ao relevo onde alguns tipos de solos são encontrados, pois variam desde relevo plano até fortemente dissecado. O tipo de solo de maior expressão com relação à área ocupada na bacia do rio Salobra é dos Chernossolos Rêndzicos (Tabela 3) característico das áreas com relevo fortemente ondulado. Grande parte destes solos são utilizados para pecuária, a principal atividade econômica da região.

Tabela 3: Relação dos tipos de solos e índice de vulnerabilidade à perda de solos na bacia hidrográfica do rio Salobra-MS.

| Nomenclatura Segundo Projeto Radam Brasil (1982) | Nomenclatura Segundo Embrapa (2006) | Símbolos | Bases | Área em KM ² | Área em% | Vulnerabilidade |
|--|-------------------------------------|----------|-------|-------------------------|----------|-----------------|
| Solonetz Solodizado | Planossolos Nátricos | SS | | 127,29 | 6 | 0,40 |
| Planossolo Solódico | Planossolos Hidromórficos | PLS | E | 56,20 | 2 | 0,40 |
| Terra Roxa Estruturada/ Latossólica | Nitossolos | TSL | E | 70,30 | 3 | 0,40 |
| Brunizem avermelhado | Chernossolos Argilúvicos | BV | | 346,72 | 15 | 0,40 |
| Podzólico Vermelho-Amarelado | Luvisolos | PE | | 140,27 | 6 | 0,40 |
| Glei Pouco Húmico | Gleissolos | HGP | a-d-e | 124,70 | 5 | 1,00 |
| Vertissolos | Vertissolos | V | | 245,46 | 11 | 1,00 |
| Rendzina | Chernossolos Rêndzicos | RZ | | 1.092,84 | 47 | 1,00 |
| Litólicos | Neossolos Litólicos | R | a-d-e | 49,78 | 2 | 1,00 |
| Regossolo | Neossolos Regolíticos | RE | a-e | 69,203 | 3 | 1,00 |

CHERNOSSOLOS: Compreende solos constituídos por material mineral que tem como características discriminantes, alta saturação por bases, argila de atividade alta e horizonte A chernozênico, sobrejacente a um horizonte B textural, B nítico, B incipiente, ou horizonte C cálcico ou cabornático. São solos normalmente

pouco coloridos, bem a imperfeitamente drenados. São solos moderadamente ácidos a fortemente alcalinos.

Nesta classe estão incluídos os solos que foram classificados anteriormente como Brunizem, Rendzina, Brunizem Avermelhado, Brunizem Hidromófico.

Chernossolos Rêndzicos: Solos com horizontes A chernozênicos seguidos por horizontes cálcico ou caráter carbonático, coincidindo com o horizonte A chernozênico e/ou com horizonte C, admitindo-se entre os dois, horizontes Bi com espessura menores que 10 cm, ou contato lítico desde que o horizonte A chernozênico contenha 15% ou mais de carbonato de cálcio equivalente (EMBRAPA,2006).

Na área estudada verificam-se os Chernossolos Rêndzicos, que são encontrados, sobretudo, nas partes mais elevadas do planalto de Bodoquena, em superfícies dissecadas em forma de topo convexo de pequenas dimensões resultantes da decomposição de calcário da Formação Bocaina (MACEDO, 1982).

São solos minerais, não hidromórficos, rasos e pouco profundos, pouco desenvolvidos que apesar de relacionados aos Litólicos, são considerados a parte por apresentarem um horizonte A chernozênico e carbonatos na parte superficial e/ou no C, podendo apresentar um horizonte B de pequena espessura.

A relação do relevo e formação geológica com o tipo de solo é verificada no perfil de Chernossolo Rêndzico caracterizado por apresentar-se em paisagem com relevo fortemente ondulado, cujo material de origem são rochas da Formação Bocaina, observa-se fragmentos de material de origem e coloração amarelada (Figura 76).

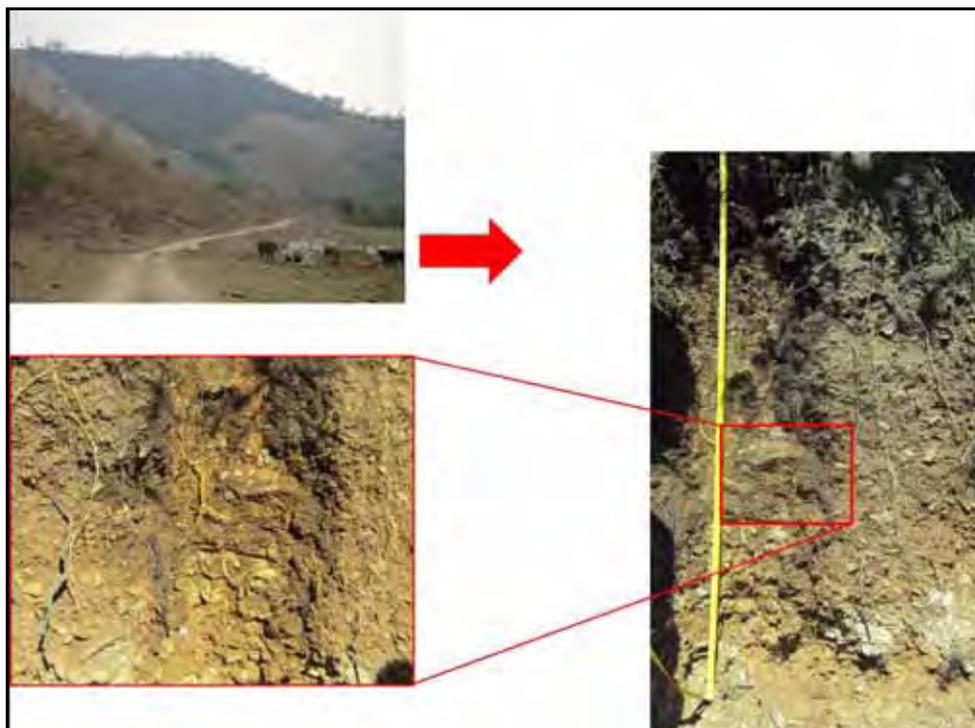


Figura 76- Perfil de Chernossolo Rendzico com a presença no horizonte C de fragmento de rochas carbonáticas, dentro do Assentamento Canaã, (fonte: autor, maio de 2010).

Sua textura varia de média a argilosa, com elevado teor de silte; a estrutura é moderada, pequena e média granular. São solos que apresentam argila de atividade alta, são eutróficos e derivados de calcário e de materiais ricos em carbonatos, sendo muito suscetível ao processo erosivo (MARTINS, 1990).

Quanto à vulnerabilidade à perda dos solos, os Chernossolos Rêndzicos apresentam índice de vulnerabilidade 1,00, classificada como Vulnerabilidade Muito Forte aos processos erosivos, compreende 47% da área total da Bacia do Rio Salobra.

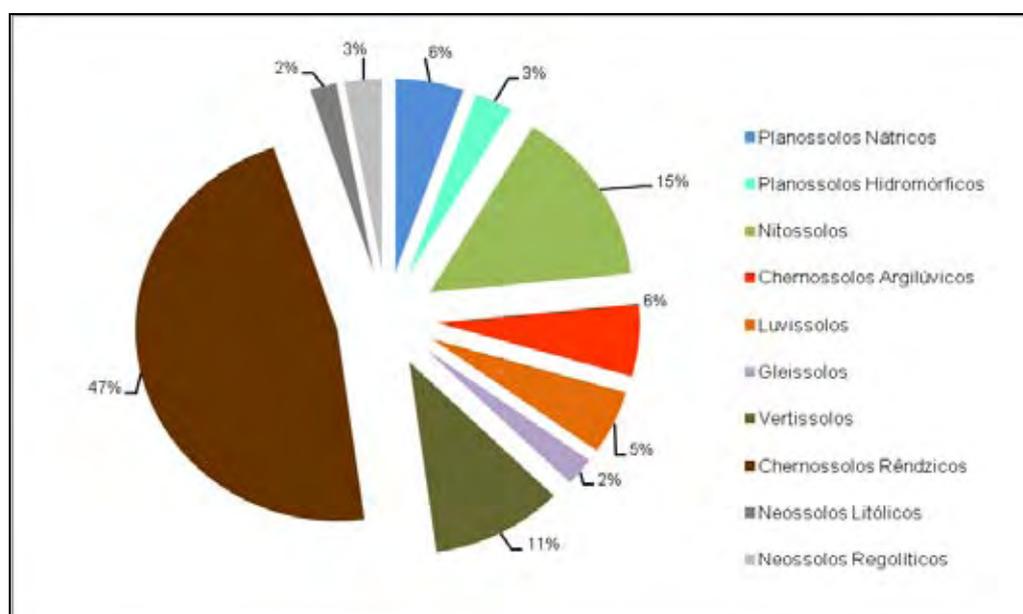
Chernossolos Argilúvicos: São solos minerais não-hidromórficos, de rasos à profundos, bem desenvolvidos moderadamente e bem drenados, com o horizonte A chernozênico ausente sobre um B textural, com nítida diferenciação entre estes horizontes, como consequência da cor, textura e estrutura (MACEDO, 1982).

São solos eutróficos, argilosos, argila de atividade alta, formada a partir da decomposição de calcário dolomítico em relevo plano e suave ondulado, apresentando erosão ligeira, sob vegetação de Floresta.

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (2006) os Chernossolos Argilúvicos são solos com horizonte B ou B nítico (horizonte mineral sub-superficial, não hidromórfico, textura argilosa ou muito argilosa, sem incremento de argila do horizonte A para B, imediatamente abaixo do horizonte A).

Os Chernossolos Argilúvicos caracterizam-se com índice de vulnerabilidade 0.40, classificado como Vulnerabilidade Moderada. Esse tipo de solo compreende 15% da área estudada (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Distribuição dos tipos de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS.



PLANOSSOLOS: Compreende solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensamento, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela detenção de lençol d'água sobreposto, de existência periódica e presença variável durante o ano (EMPRAPA, 1999).

Característica distintiva marcante é a diferenciação bem acentuada entre os horizontes A ou E, e o B, devido à mudança textural abrupta entre os mesmos, requisito essencial para os solos desta classe.

Os solos desta classe podem ou não ter horizonte cálcico, caráter carbonático, propriedade sódica, solódica, caráter salino ou sálico. Ocorrem

preferencialmente em áreas de relevo plano ou suave ondulado, onde as condições ambientais e do próprio solo favorecem vigência periódica anual de excesso de água, mesmo que de curta duração, especialmente em regiões sujeitas à estiagem prolongada, ainda que breve, e até mesmo sob condições de clima semi-árido.

Na bacia do rio Salobra esta classe inclui os solos que foram classificados anteriormente como Planossolos Solódicos (Planossolos Hidromórfico) e Solonetz- Solidizado (Planossolos Nátricos) que apresentam mudanças textural abrupta (EMBRAPA, 2006).

Planossolos Nátricos: caracterizam-se por serem solos minerais halomórficos (com presença de sais), pouco profundos a profundos, medianamente desenvolvidos, pouco porosos, com horizonte B solonéztico, sendo saturado em sódio trocável (EMBRAPA, 2006).

Textura arenosa média ou média/ argilosa, formada de sedimentos areno-argilosos do Quaternário, (MARTINS, 1990).

Os Planossolos Nátricos apresentam caráter sódico no horizonte B Plânico (Textural, subjacente a horizonte ou E, e precedido por uma mudança textural abrupta), ou no horizonte C, solos com textura arenosa desde a superfície do solo até o início do horizonte B Plânico, que ocorre entre 50 e 100 cm de profundidade (EMBRAPA, 2006).

Os Planossolos Nátricos caracterizam-se com índice de vulnerabilidade 0,40, classificado como Vulnerabilidade Moderada, esse tipo de solo compreende 6% da área estudada.

Planossolos Hidromórficos: São solos minerais hidromórficos, geralmente pouco profundos a profundos, caracterizado pela mudança textural abrupta entre os horizontes A e B, e saturação em Sódio Trocável. Também são eutróficos, com argila de atividade alta, sua textura é predominantemente arenosa/média e média/argilosa (MARTINS, 1990).

Os Planossolos Hidromórficos apresentam textura arenosa desde a superfície até o início do horizonte B plânico, que ocorre a mais de 100 cm de profundidade (EMBRAPA, 1999). Os Planossolos Hidromórficos caracterizam-se

com índice de vulnerabilidade 0,40, classificado como Vulnerabilidade Moderada, esse tipo de solo ocupa 2% da área estudada.

GLEISSOLOS: Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, da Embrapa (2006), os Gleissolos compreendem solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei dentro dos primeiros 50 cm da superfície do solo, ou a profundidades entre 50 e 125 cm desde que imediatamente abaixo do horizonte B incipiente, B textural ou C com presença de mosqueados abundantes com cores de redução.

Os solos desta classe são permanente ou periodicamente saturados por água, e a água de saturação ou permanece estagnada internamente, ou a saturação é por fluxo lateral no solo. Em qualquer circunstância, a água do solo pode se elevar por ascensão capilar, atingindo a superfície do mesmo.

Caracterizam-se pela forte gleização, em decorrência do regime de umidade redutor, que se processa em meio anaeróbio, devido ao encharcamento do solo por longo período ou durante todo ano.

Comumente desenvolvem-se em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água e em materiais coluviais sujeitos as condições de hidromorfia, podendo se formar em relevo plano de terraços fluviais, como também residuais em áreas abaciadas e depressões. São eventualmente formados em áreas inclinadas sob influência do afloramento de água subterrâneas.

A abrangência desta classe inclui os solos que foram classificados anteriormente como Glei Pouco Húmico, Glei Húmico, parte do Hidromórfico Cinzento (sem mudança textural abrupta), Glei Tiomórfico e Solonchak com horizonte glei.

São minerais, hidromórficos, medianamente desenvolvidos, profundos, caracterizados por possuírem horizonte Gleis dentro de 60 cm, a partir da superfície.

Compreendem solos álicos ou eutróficos, com argila de atividade alta ou baixa, textura média, encontrados em relevo plano, erosão não aparente. Estes solos são formados por sedimentos do Quaternário sob vegetação de Savana (MACEDO, 1982).

Os Gleissolos apresentam índice de vulnerabilidade 1,00, classificados como Vulnerabilidade Muito Forte, esse tipo de solo ocupa 5% da área total da Bacia do Rio Salobra.

LUVISSOLOS: Solos minerais não hidromórficos, bem desenvolvidos, profundos, bem drenados, em alguns casos com drenagem moderada.

Caracterizam-se pela diferença textural significativa entre os horizontes A e B e presença de cerosidade no horizonte sub-superficial. Quanto à fertilidade varia bastante, desde argila predominantemente, até arenosa/média e média/argilosa, apresentando-se em relevo também variável, com erosão não aparente e ligeira, formados principalmente pela decomposição de arenitos e siltitos ocorrendo sob vegetação de floresta e savana. (MACEDO, 1982).

Os Luvisolos são solos minerais não hidromórficos, com horizonte B textural ou B nítico, com argila de atividade alta e saturação por base alta, imediatamente abaixo de horizonte A fraco ou moderado, ou horizonte E (EMBRAPA, 1999).

Estes solos variam de bem a imperfeitamente drenados, sendo normalmente pouco profundos (60 a 120 cm), com sequência de horizonte A, Bt e C, e nítida diferenciação entre os horizontes A e Bt, devido aos contrastes de textura, cor e/ou estruturas entre os mesmos. A transição para o horizonte B textural é clara ou abrupta, e grande parte dos solos desta classe possui mudança textural abrupta. Em todos os casos, podem apresentar pedregosidade na parte superficial e o caráter solódico ou sódico, na parte subsuperficial.

São moderadamente ácidos a ligeiramente alcalinos, com teores de alumínio extraíveis baixos e nulos; apresenta horizonte Bt de coloração avermelhada, amarelada e menos frequentemente, brunada ou acinzentada.

Nesta classe estão incluídos os solos que foram classificados anteriormente como Bruno Não Cálcico, Podzólico Vermelho-Amarelado Eutrófico argila de atividade alta e Podzólico Bruno-Acinzentado Eutrófico e alguns Podzólicos Vermelho-Escuro Eutróficos com argila de atividade alta.

Os Luvisolos apresentam vulnerabilidade 0,40, classificado como Vulnerabilidade Moderada, esse tipo de solo compreende 6% da área estudada.

NEOSSOLOS: são solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso com pequena expressão dos processos pedogenéticos em consequência da baixa intensidade de atuação destes processos, que não conduziram, ainda, a modificações expressivas do material originário, de características do próprio material, pela sua resistência ao intemperismo ou composição química, e do relevo, que podem impedir ou limitar a evolução desses solos (EMBRAPA, 1999).

Esta classe admite diversos tipos de horizontes superficiais, incluindo o horizonte O ou H hístico, com menos de 30 cm de espessura quando sobrejacente à rocha ou à material mineral.

Alguns solos têm horizonte B com fraca expressão dos atributos (cor, estrutura, ou acumulação de minerais secundários e/ou colóides), não se enquadrando em qualquer tipo de horizonte B diagnosticado.

Nesta classe foram reconhecidos os solos classificados anteriormente como: Litossolos e Solos Litólicos, Regossolos, Solos Aluviais e Areias Quartzosas. Pertencem ainda a esta classe solos com horizonte A ou hísticos, com menos de 30 cm de espessura, seguidos de camadas com 90% ou mais (expresso em volume) de fragmentos de rocha ou de material de origem, independente de sua resistência ao intemperismo (EMBRAPA, 1999).

Neossolos Litólicos: Solos com horizonte A ou O hístico com menos de 40 cm de espessura, estável sobre rocha ou sobre um horizonte C ou sobre material com 90% (por volume), ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha, apresentando um contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 1999).

Compreende solos rasos, pouco profundos, com o horizonte A assentado diretamente sobre a rocha-matriz, apresentando excepcionalmente o horizonte (B) incipiente de pequena espessura (MACEDO, 1982). Apresentam grande variação quanto ao material originário e propriedades, encontrando-se solos desde eutróficos a álicos, com textura arenosa e argilosa, sem cascalhos a muito cascalhentos, variando o relevo de suave ondulado a escarpado.

Os solos Litólicos com caráter Eutrófico estão localizados na borda ocidental da Serra da Bodoquena. São resultantes de litologias do Complexo Rio Apa e dos relevos residuais, que também compõem o Planalto da Bodoquena (MACEDO, *op cit*). São desaconselháveis para utilização agrícola, tanto pelo relevo onde ocorre, quanto pela pouca profundidade e presença excessiva de cascalho.

Os Neossolos Litólicos apresentam vulnerabilidade 1,00, classificados como Vulnerabilidade Muito Forte, esse tipo de solo ocupa 2% da área estudada.

Neossolos Regolíticos: solos com horizontes A sobrejacente ao horizonte C; admite horizonte Bi com menos de 10 cm de espessura, e apresenta contato lítico a uma profundidade maior que 50 cm (EMBRAPA, 1999).

São solos pouco desenvolvidos, com sequencia de horizonte do tipo A e C, profundidade superior a 50 cm, presença de no mínimo 4% de minerais primários menos resistentes ao intemperismo e/ou em sua constituição têm materiais que guardam ainda a estrutura do material de origem (MACEDO, 1982).

Quando caracterizado como eutrófico apresenta argila com atividade alta, textura arenosa e arenosa cascalhenta em relevo desde plano a forte ondulado. No Planalto da Bodoquena localizam-se na porção Oeste, em cotas mais elevadas da Depressão do Rio Paraguai.

De maneira geral são aconselháveis para utilização com pastagem e silvicultura, pois há restrições para agricultura, uma vez que apresentam limitações quanto à mecanização e alta susceptibilidade à erosão (MARTINS, 1990). Os Neossolos Regolíticos apresentam vulnerabilidade 1,00, classificados Vulnerabilidade Muito Forte, esse tipo de solo ocupa 2% da área estudada.

NITOSSOLOS: são solos constituídos por materiais que apresentam horizonte B nítico, com argila de atividade baixa imediatamente abaixo do horizonte A ou dentro dos primeiros 50 cm do horizonte B (EMBRAPA, 1984 apud EMBRAPA, 1999).

Caracteriza-se por apresentar na sua morfologia subjacente ao horizonte B textural, um horizonte B latossólico, textura argilosa, relevo plano e suave ondulado. São originários das Formações Cerradinho e Bocaina, localizam-se no

Planalto da Bodoquena e nos prolongamentos Sul e Noroeste deste planalto (MACEDO, 1982).

Os Nitossolos são os solos anteriormente denominados como Terra Roxa Estruturada, Terra Bruna Estruturada e alguns Podzólicos Vermelhos-escuros. Apresenta coloração vermelho escura ou bruno-avermelhada no horizonte B, em áreas com declives acentuadas são muitos suscetíveis à erosão hídrica (LEPSCH, 2002).

Desse modo os Nitossolos apresentam vulnerabilidade 1,00, classificados como Vulnerabilidade Muito Forte, esse tipo de solo ocupa 3% da área estudada.

VERTISSOLOS: Solos constituídos por material com horizonte vértico entre 25 e 100 cm de profundidade e relação textural insuficiente para caracterizar um B textural e apresentado, além disso, com teor de argila de no mínimo 30% nos 20 cm superficiais após misturados, ausência de contato lítico e ausência de qualquer tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte vértico (EMBRAPA, 1999).

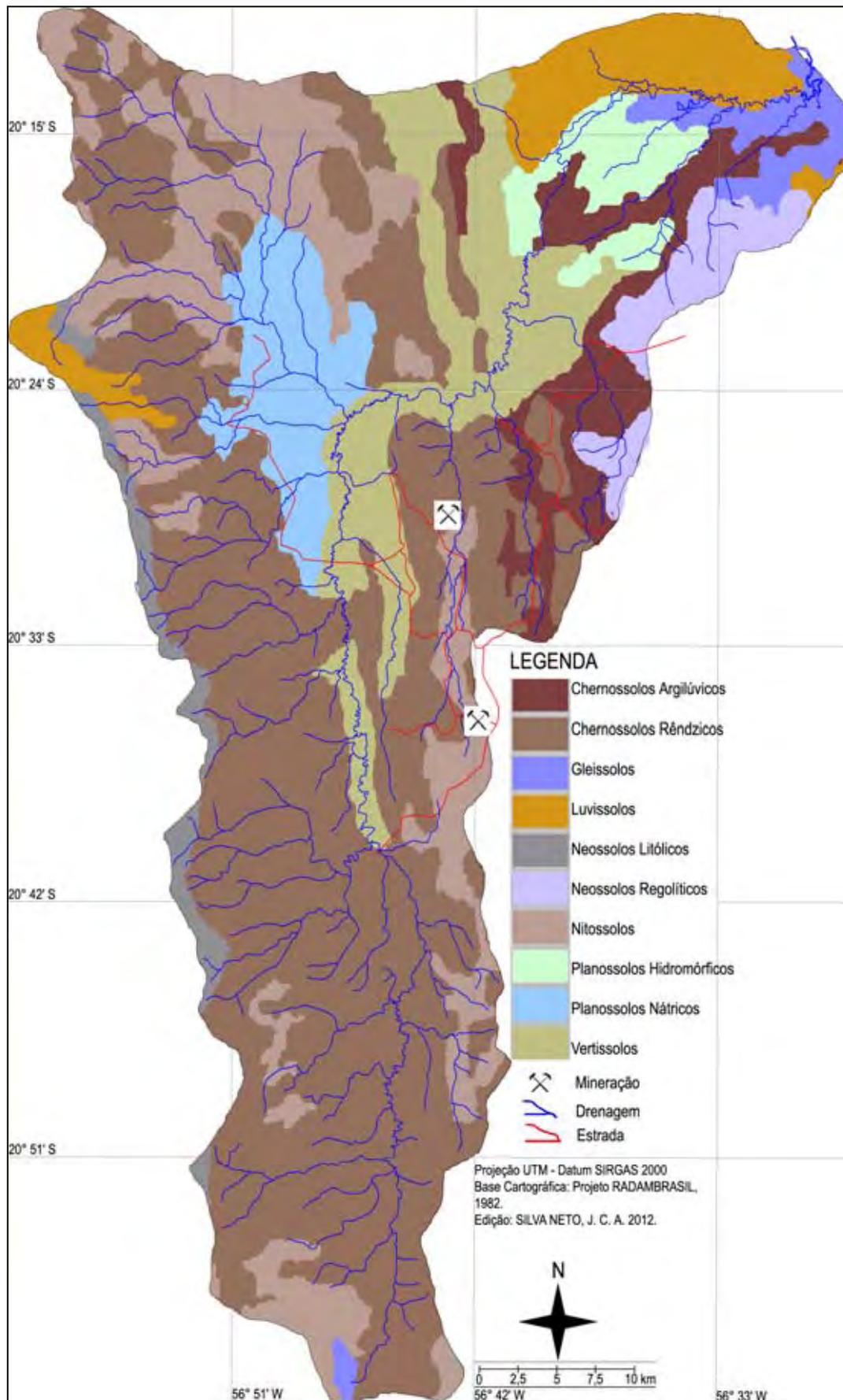
Solo carbonático, textura argilosa característico de áreas com relevo plano, os originados de calcários e dolomitos, com caráter carbonático ou não, são encontrados a Leste e Oeste da porção Norte do Planalto da Bodoquena ou em alguns dos vales das sub-bacias do Rio Salobra (MACEDO, 1982) (Figura 77).



Figura 77- Perfil de Vertissolo no vale do rio Salobra, em destaque as rachaduras proveniente da textura argilosa em período de seca (Fonte: Autor, maio de 2010).

Durante a época chuvosa apresenta excesso de umidade, e endurecimento e formação de rachaduras na época seca, os riscos de inundação nas áreas deprimidas e a dificuldade à mecanização pela alta plasticidade e pegajosidade das argilas, que são fatores limitantes à utilização agrícola (MARTINS, 1990).

Segundo Lepsch (2002) os Vertissolos pertencem ao grupo de solos condicionalmente formados em materiais de origem especiais, normalmente apresenta coloração cinza-escura. Apresentam vulnerabilidade 1,00, classificada como Vulnerabilidade Muito Forte, esses solos ocupam 11% da área estudada (Mapa 3).



Mapa 3 – Tipos de Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1- HIPSOMETRIA

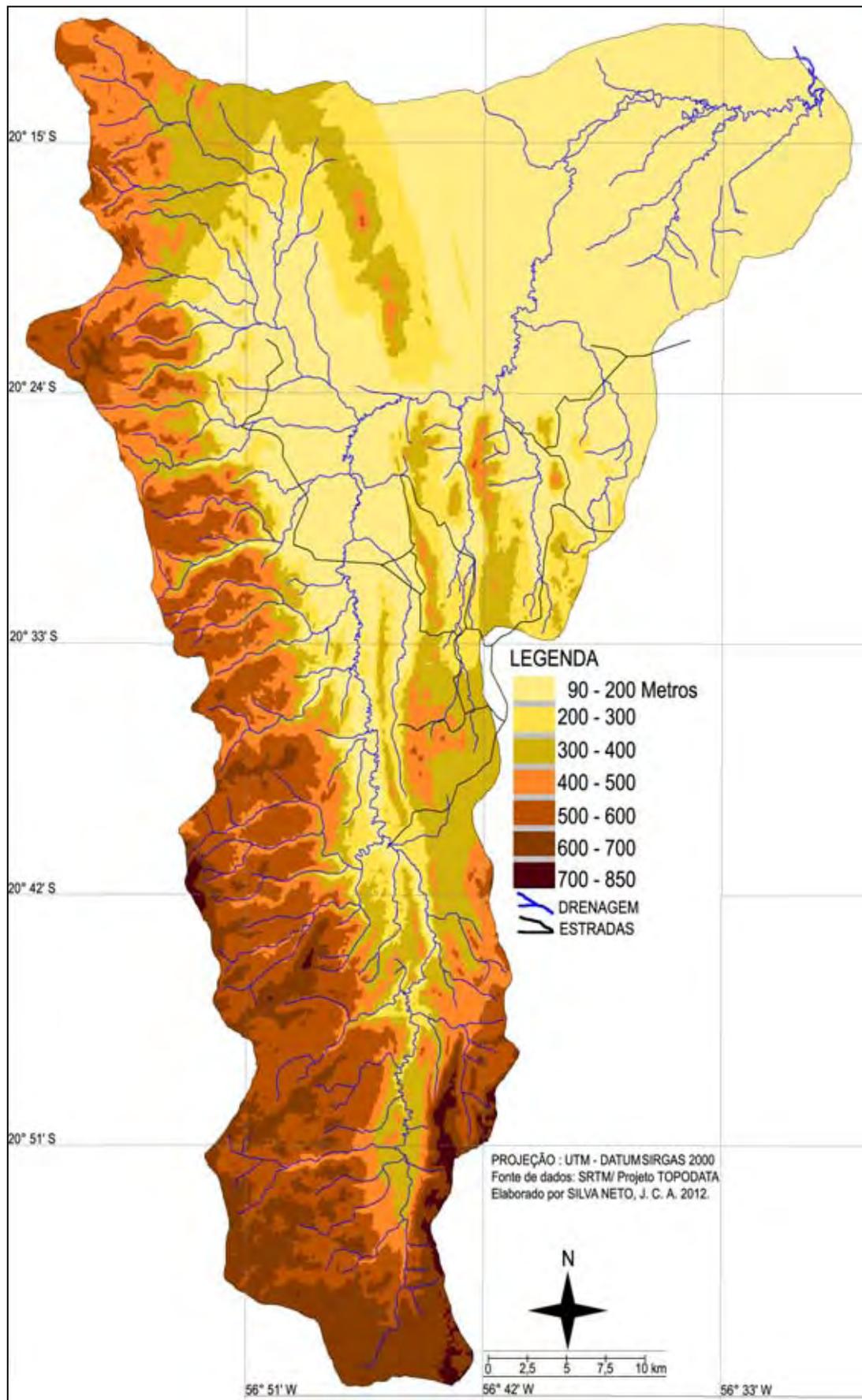
A análise da hipsometria em bacias hidrográficas possibilita a observação da variação de altitude do relevo da área. Esta análise torna-se relevante na abordagem da dinâmica de uso e ocupação do solo e ainda representando melhor a configuração topográfica do vale e a relação com a dinâmica de escoamento superficial e a erosão hídrica.

Com base em índices morfométricos como a hipsometria, é estabelecida uma classificação do relevo, no qual a amplitude altimétrica da bacia do rio Salobra seria classificada como relevo fortemente dissecado, por apresentar amplitudes altimétricas acima 450 metros.

Assim:

“A amplitude altimétrica, que está relacionada com o aprofundamento da dissecção, é um indicador da energia potencial disponível para o “runoff”. Quanto maior a amplitude altimétrica maior é a energia potencial, pois as águas das precipitações pluviais que caem sobre os pontos mais altos do terreno adquirirão maior energia cinética no seu percurso em direção às partes mais baixas e, conseqüentemente, apresentarão maior capacidade de erosão ou de morfogênese.” (CREPANI *et al.* 2001, p. 74).

A amplitude altimétrica é obtida a partir da diferença das cotas altimétricas máxima e mínima de uma determinada área. Nesse caso a cota mínima estabelecida foi de aproximadamente 90m, próximo ao nível de base regional da planície pantaneira, onde está inserido o baixo curso da bacia hidrográfica do rio Salobra. A cota máxima foi 827m na área de planalto onde localizam-se as principais nascente do Rio Salobra, o mapa hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra foi dividido em sete patamares com intervalos variados (Mapa 4).



Mapa 4– Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS.

Verificou-se que 39% da área estudada apresentaram a hipsometria entre 90 e 200 metros, essa faixa de amplitude é classificada como área de planície, caracterizada como área de deposição de sedimentos aluviais.

As altitudes entre 200 e 400 metros são definidas aqui como áreas de depressão por caracterizar-se como áreas intermediárias entre a planície e planalto, essas classes foram observadas em 26% da área estudada (Tabela 4).

Tabela 4: Faixas Hipsométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra.

| Faixas de Hipsométricas | Área em km² | Área em % |
|--------------------------------|-------------------------------|------------------|
| 90 -200 | 899,49 | 39 |
| 200- 300 | 277,92 | 12 |
| 300- 400 | 326,04 | 14 |
| 400 – 500 | 278,22 | 12 |
| 500-600 | 352,64 | 15 |
| 600- 700 | 169,65 | 7 |
| 700- 850 | 15,92 | 1 |

As faixas Hipsométricas acima de 400 metros podem ser caracterizadas como as áreas do Planalto da Bodoquena, observa-se predominância de relevo forte ondulado a dissecado com presença de cones cársticos, formas de relevo com serras alongadas em cristas anticlinais-sinclinais e canais de drenagem apresentam alto grau de entalhamento na rocha. Essas classes hipsométricas foram observadas em 38% da área estudada.

5.2 - DECLIVIDADE DO TERRENO

O mapa clinográfico foi elaborado com intervalos das classes determinados, conforme proposta da Embrapa (2006) de 0 a 3 %, 3 a 8%, 8 a 20%, 20 a 45% e maiores de 45% (Tabela 5).

Tabela 5 - Classes de Declividade e Grau de Vulnerabilidade

| Declividade em % | Área em Km² | Área em % | Grau de Vulnerabilidade |
|-------------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|
| > 45 | 103,48 | 4 | Muito Forte |
| 20 a 45 | 438,14 | 19 | Forte |
| 8 a 20 | 570,65 | 25 | Moderado |
| 3 a 8 | 686,26 | 30 | Fraca |
| 0 a 3 | 521,30 | 22 | Muito Fraca |

As declividades correspondentes a até 3%, compreendem as áreas planas com declividade nulas em planícies e terraços fluviais com altitudes

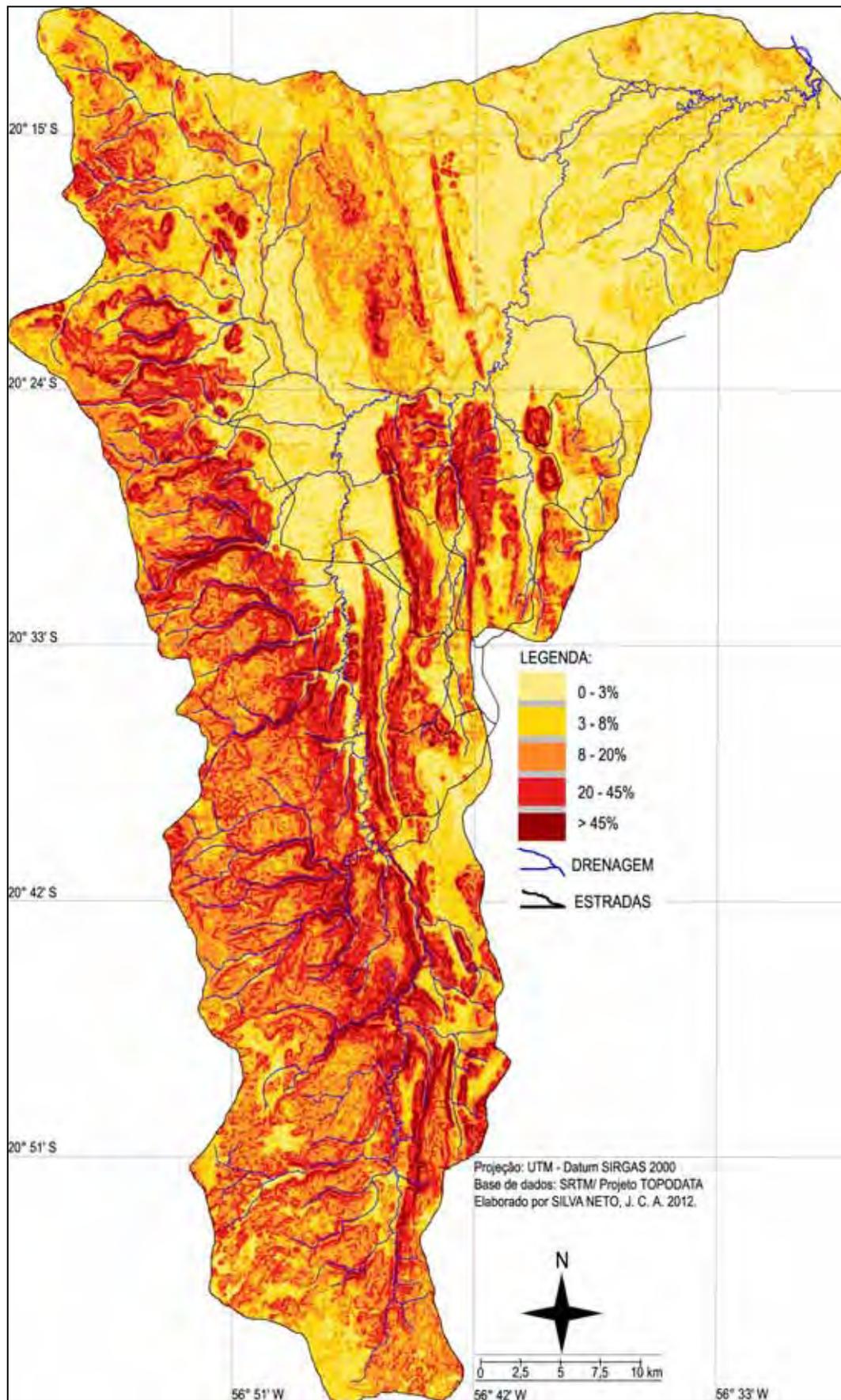
apresentadas normalmente entre 90 e 180 metros, não apresentam empecilhos a utilização de máquinas agrícolas, esta classe de declividade ocupa 22% da área total da bacia do rio Salobra. Essa classe de declividade apresenta Vulnerabilidade de Muito Fraca aos processos de erosivos.

As faixas de declividade entre 3 e 8%, estão distribuídas em 30% da área da bacia, esta classe compreende as áreas de relevo Suave Ondulado, e permite a utilização agrícola, este tipo de relevo é considerado apto à culturas anuais. Essa faixa de declividade apresenta Vulnerabilidade Muita Fraca a Fraca (Mapa 5).

As declividades entre 8 e 20%, ocupam 25% da área da bacia, essa classe engloba as áreas de relevo ondulado, que pode dificultar a utilização agrícola, por isso são definidas como Vulnerabilidade Moderada. Estas áreas requerem medidas conservacionistas criteriosas para o uso da terra.

As faixas de declividades compreendidas entre 20 e 45% representam as áreas de morros de relevo fortemente ondulado, nestas áreas o uso da terra pode comprometer a estabilidade das vertentes e acelerar o processo erosivo na mesma, portanto, pode ser definida como áreas de Vulnerabilidade Forte, esta classe compreende 19% da área da estudada.

As faixas de declividades superiores a 45% são associadas às áreas de morros alongados com serras locais de relevo fortemente ondulado á dissecado. São altamente vulneráveis à erosão e inadequados para qualquer utilização agrícola, as duas classes representam 4% da área da bacia do rio Salobra, mas, são as classes que associada à alguns tipos de uso da Terra podem causar grandes danos relacionados à erosão nas vertentes e conseqüentemente a bacia como um todo. Para as declividades superiores a 45%, o Grau de Vulnerabilidade é muito Forte aos processos erosivos.



Mapa 5- Declividades da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra.

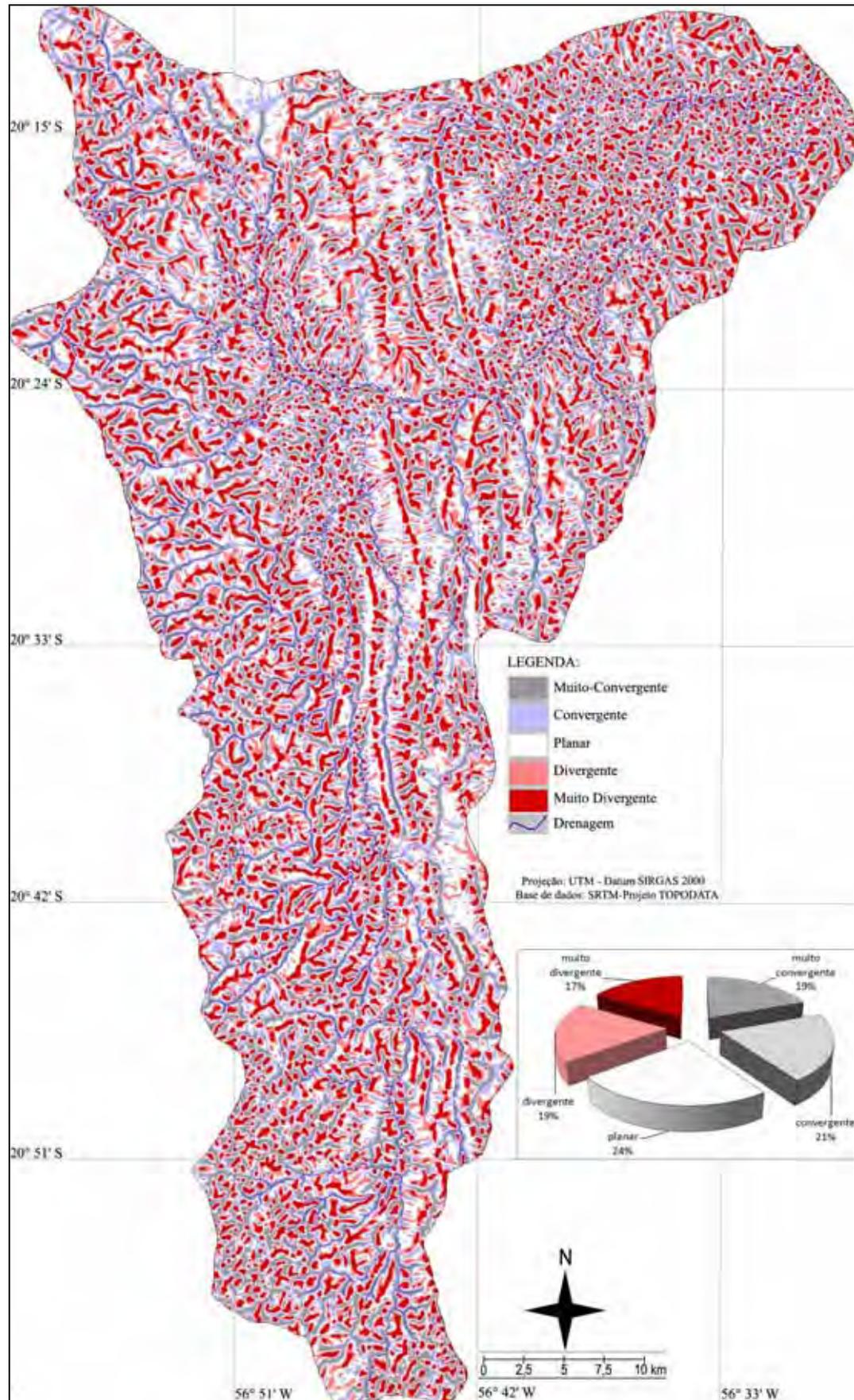
5.3 - FORMAS DO TERRENO

A curvatura horizontal indica uma relação direta com o escoamento superficial nas vertentes e com a concentração e dispersão dos fluxos de água.

Assim, verificou-se que 40% da área estudada apresentaram vertentes com curvatura horizontal convergente ou muito convergente, ou seja, vertentes com maior potencial ao transporte de partículas maiores e à erosão pluvial (Mapa 6).

Observou-se que 24% da bacia hidrográfica do rio Salobra apresentaram vertentes com curvatura horizontal planar, esse tipo de curvatura horizontal corresponde a uma classe intermediária entre as vertentes convergentes e divergentes.

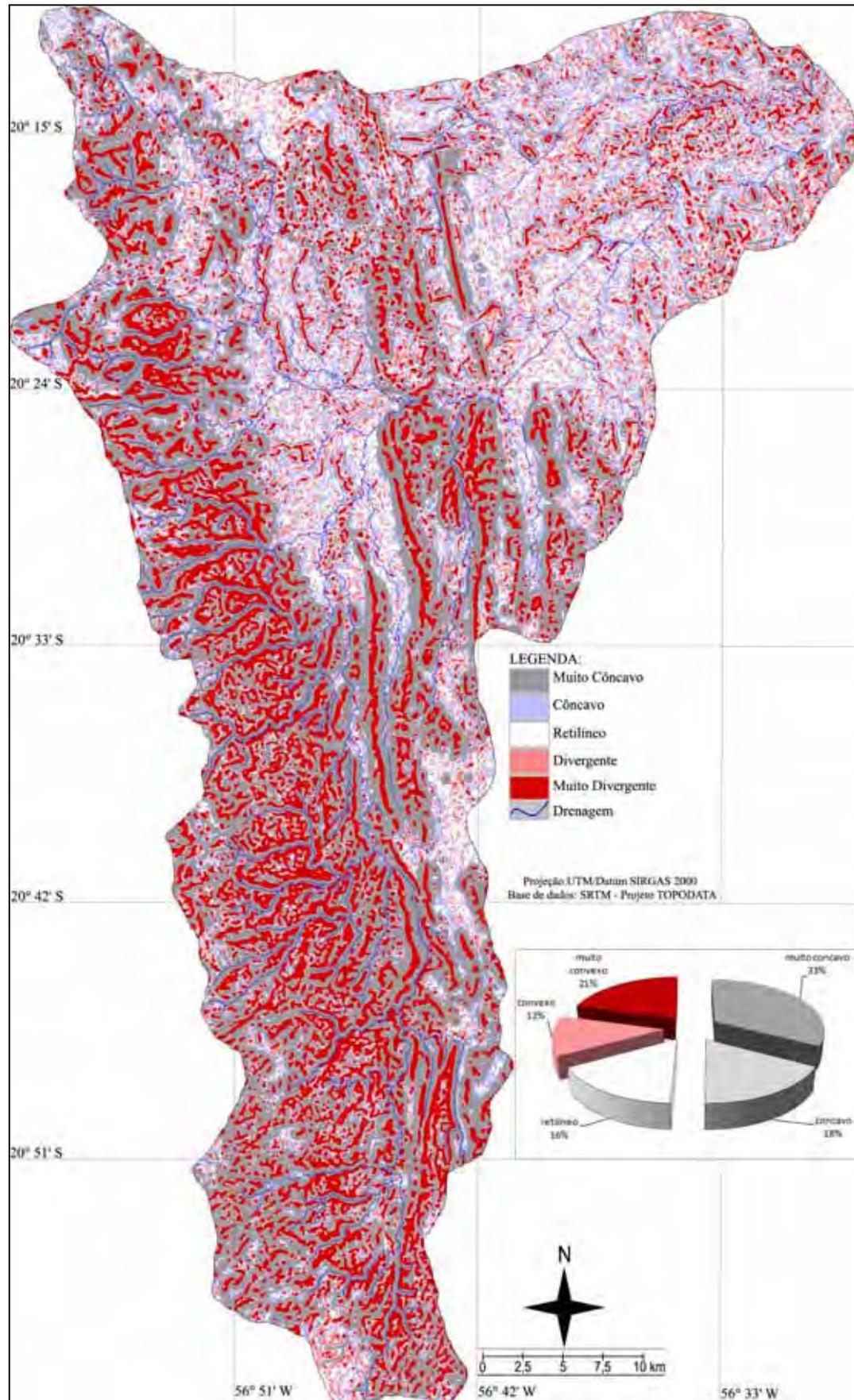
As vertentes com curvatura horizontal divergente e muito divergente foram observadas em 36% da área de estudo. Essas vertentes caracterizam-se por apresentar geometria que tendem à distribuição dos fluxos de água, menor capacidade de transporte das partículas do solo.



Mapa 6- Curvatura Horizontal da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra.

Quanto à curvatura vertical, verificou-se que 51% da área estudada apresentou curvatura vertical Muito Côncavo e Côncavo, que apresenta disposição à concentração do escoamento superficial, representando as formas de vertentes que potencializa o transporte de material detrítico de dimensões maiores, devido ao acúmulo de água (Mapa 7).

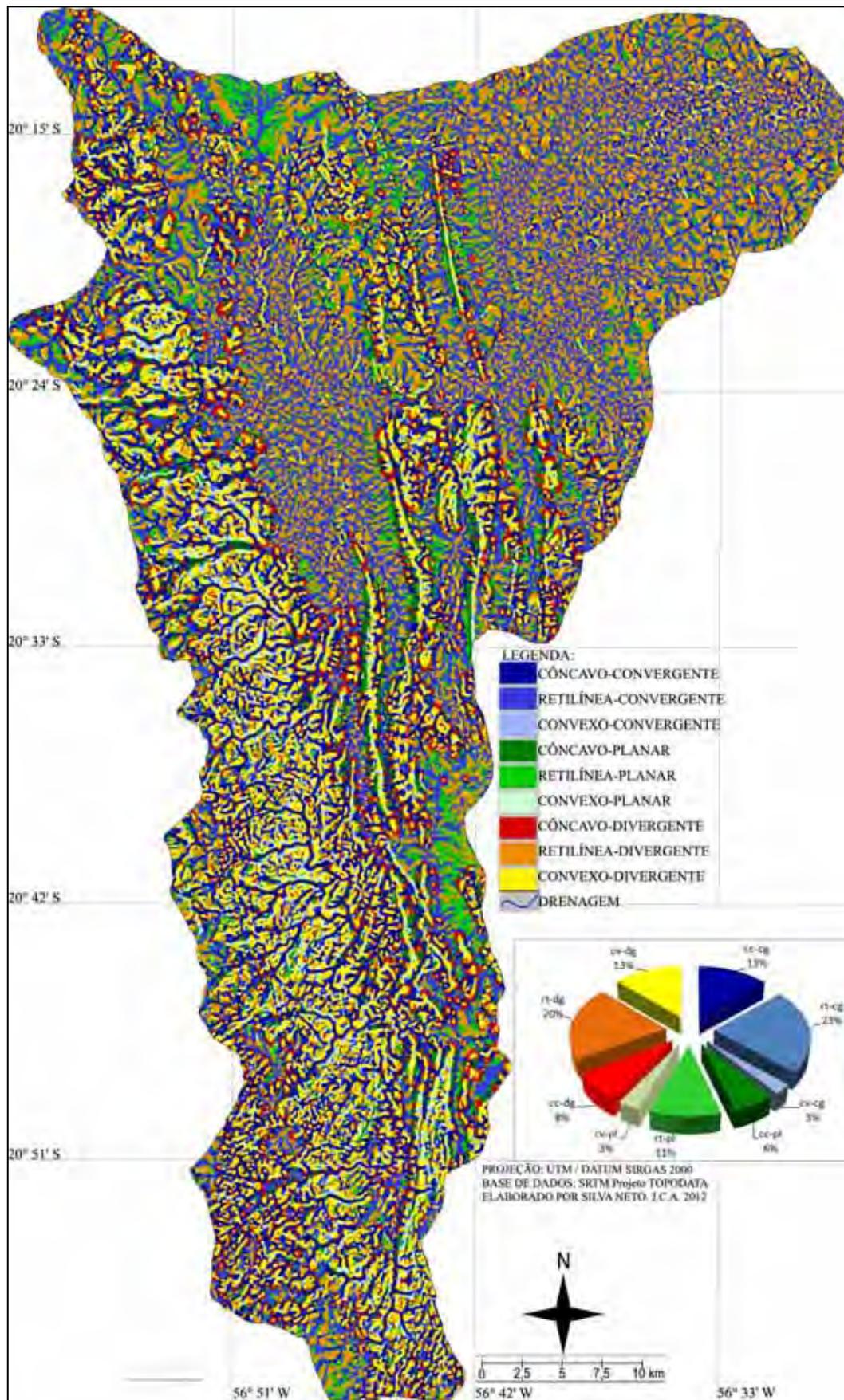
Verificou-se a classe curvatura vertical Retilíneo em 16% da área, essa classe caracteriza-se como a intermediária entre os perfis Côncavo e Convergente e indica áreas de relevo movimentado.



Mapa 7- Curvatura Vertical da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra.

As áreas de curvatura vertical Convexo e Muito Convexo representam 33% da área estudada, esses tipos de vertentes caracterizam-se por predominar os fluxos difusos com baixa capacidade de transporte de sedimentos.

Quanto às Formas do Terreno, definiu-se que as formas mais vulneráveis à perdas de solos são as classes, cuja geometria das vertentes estão condicionadas à maior concentração e acúmulo de escoamento superficial (mapa 8).



Mapa 8- Formas do Terreno da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra.

Portanto, as formas Côncavo-Convergente, Retilíneo- Convergente e Convexo –Convergente correspondem às classes de maior vulnerabilidade aos processos erosivos mais intensos, essas classes foram verificadas em 39% da área estudada.

A forma de terreno constitui-se como uma variável essencialmente qualitativa, e a partir da sua geometria são atribuídos efeitos que podem ser ordenados pela sua intensidade, desse modo, sendo passivo de ponderação quanto aos valores de vulnerabilidade à perda de solos (VALERIANO, 2008a).

As formas de terreno intermediárias que resultam da combinação das Curvaturas Verticais (côncavo, retilíneo e convexo) com a Curvatura Horizontal Planar foram observadas em 20% da área da estudada. Essas classes intermediárias podem ser denominadas com Vulnerabilidade Moderada.

As formas de terrenos que combinam as Curvaturas Verticais (Côncavo, Retilíneo e Convexo) com a Curvatura Horizontal Divergente são definidas como classe de Baixa Vulnerabilidade à perda de solos. Essa classe é verificada em 41% da área estudada, e caracteriza-se por apresentar formas do terreno onde o escoamento superficial apresenta baixa capacidade de transporte e de remoção das partículas do solo.

5.4 - VULNERABILIDADE DO RELEVO

O mapa de Vulnerabilidade do Relevo foi elaborado a partir dos dados morfométricos de hipsometria, formas do terreno e declividade. Desse modo, a distinção dos parâmetros dessas variáveis permitiu uma análise associada para Vulnerabilidade do Relevo, no qual se estabeleceu uma escala de vulnerabilidade para perda de solos, para caracterizar os processos morfodinâmicos predominantes.

As classes de Vulnerabilidade do Relevo à perda de solos Muito Fraca e Fraca representaram 52% da área total da área estudada, essas classes caracterizam-se por apresentar a configuração do relevo que oferece condições para formação do solo, ou seja, que prevalece o processo morfodinâmico de pedogênese (Figura 78).

Nessas áreas são observadas altitudes entre 95 e 200 metros, com predomínio de formas do terreno convexo, retilíneo associado às formas planar e divergente, apresentando ainda declividades de 0 a 8%.



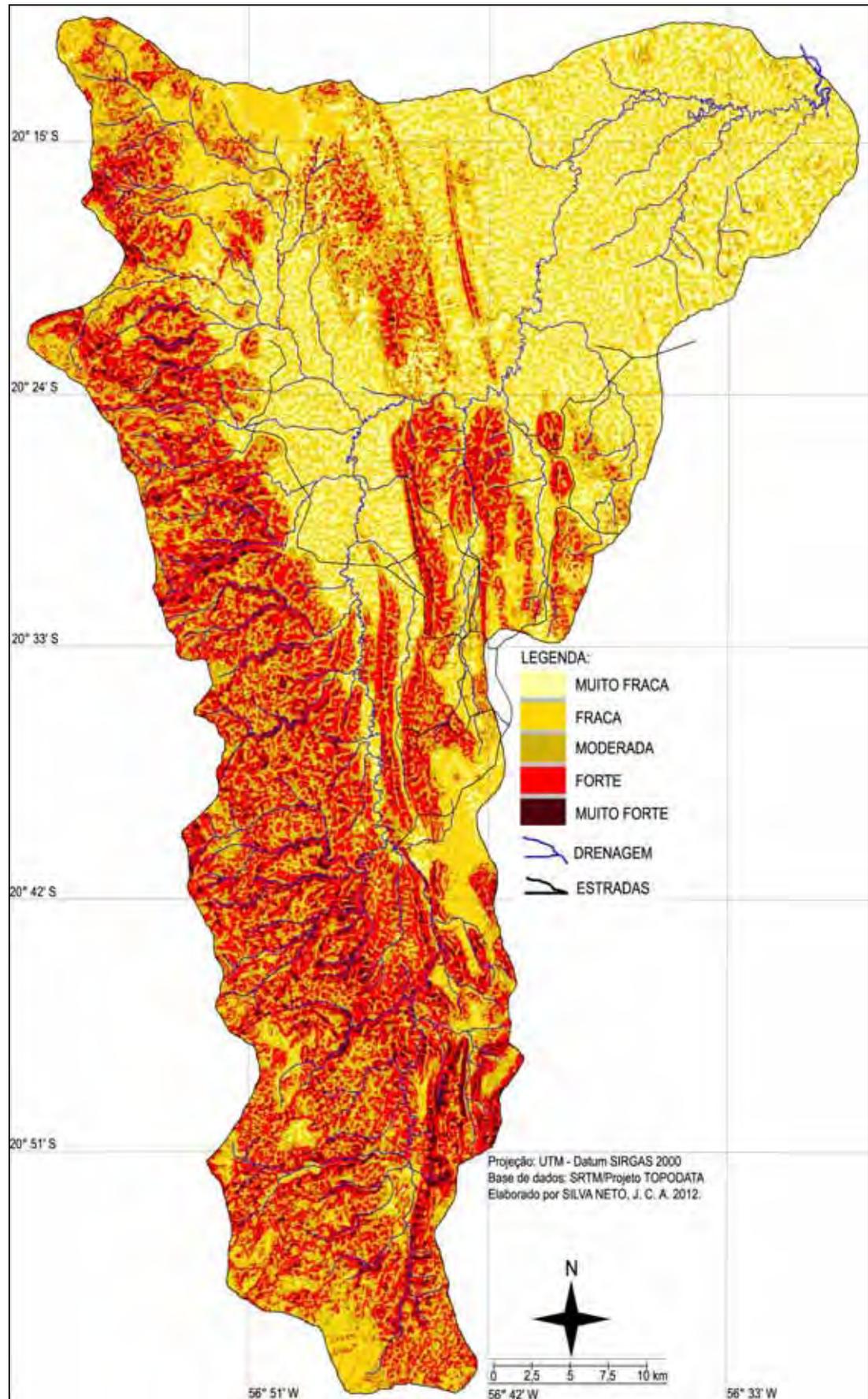
Figura 78: Áreas de planície próxima da ponte sobre o Rio Salobra na estrada entre o Município de Bodoquena e o distrito de Morraria.

Conforme Tricart (1977), os processos mecânicos nesses meios atuam pouco e sempre de modo lento, esses ambientes podem ser definidos como estáveis (Tabela 6).

Tabela 6 – Vulnerabilidade do Relevo

| ÍNDICE DE VULNERABILIDADE | ÁREA EM KM ² | ÁREA EM % | GRAU DE VULNERABILIDADE | PROCESSO PREDOMINANTE |
|---------------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------------------|
| 0,0 – 0,20 | 633,97 | 27 | Muito Fraca | Pedogênese |
| 0,20 – 0,40 | 566,08 | 25 | Fraca | |
| 0,40 – 0,60 | 351,35 | 15 | Moderada | Intermediários |
| 0,60 – 0,80 | 650,66 | 28 | Forte | Morfogênese |
| 0,80 – 1,00 | 116,30 | 5 | Muito Forte | |

Verificou-se a classe de Vulnerabilidade Moderada em 15% da área total estudada. Essa categoria morfodinâmica Intermediária é caracterizada pelo equilíbrio entre pedogênese e morfogênese (Mapa 9). Essa categoria foi definida por Tricart (1977) como meios intergrades, determinado pela interferência permanente de morfogênese e pedogênese.



Mapa 9 – Vulnerabilidade do Relevo na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra.

Na classe de Vulnerabilidade Moderada observa-se altitudes geralmente entre 95 e 200 metros, entretanto, essa classe é verificada em altitudes mais elevadas, com declividades entre 8 e 20%, com formas do terreno retilíneo, côncavo ou convexo associado às curvaturas horizontais divergente ou planar.

As classes Vulnerabilidade Forte e Muito Forte representaram 33% da área da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, caracterizam-se por apresentar altitudes acima de 500 metros, formas do terreno côncavo-convergente e declividade acima de 20%.

Essas áreas são definidas como Instáveis por oferecer condições que prevaleça a morfogênese, de maneira geral, esse ambiente caracterizam-se por apresentar condições ecológicas difíceis e vulneráveis aos processos de degradação das paisagens (Figura 79).



Figura 79: Área da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra localizada próximo do distrito da Morraria observa-se ao fundo serras alongadas com declividades acentuadas.

5.5 - INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

A vulnerabilidade das paisagens à perda de solos conforme Crepani *et al.* (2001) está diretamente associada à cinco temas principais: Geologia (dureza da rocha), Geomorfologia (vulnerabilidade do relevo), Pedologia (erodibilidade),

Cobertura do solo (cobertura vegetal uso e ocupação) e Clima (intensidade pluviométrica).

Assim, nesse item abordou-se o tema da intensidade pluviométrica, essa abordagem inicia-se com o tratamento de dados pluviométricos analisando os totais pluviométricos mensais e sua distribuição sazonal (dias de chuva) e espacial, nos anos de 1979 e 2009.

A partir dos valores da intensidade pluviométrica foram elaborados mapas no *software* SPRING, possibilitando a interpolação de dados das dez estações circunvizinhas da bacia hidrográfica do rio Salobra-MS e assim resultando nos mapas de intensidade pluviométrica.

Para Crepani *et al.* (2001) as informações climatológicas necessárias para caracterização morfodinâmica das unidades de paisagem natural, são relativas à pluviosidade anual e à duração do período chuvoso, determinando a intensidade pluviométrica a partir da quantificação empírica do grau de risco a que está submetida uma unidade de paisagem, pois situações de intensidade pluviométrica elevada, é caracterizada por apresentar alta pluviosidade anual e curta duração do período chuvoso (número de dias com chuvas), significando situações onde a quantidade de água disponível para o “runoff” é muito grande e, portanto é maior a capacidade de erosão.

“Estas situações reúnem as melhores condições para o desenvolvimento dos processos morfogenéticos cujo vetor principal, para as condições climáticas, é o “runoff”. De forma inversa, a baixa pluviosidade anual distribuída em um maior período de tempo, caracterizando intensidade pluviométrica reduzida, leva a situações de menor risco para a integridade da unidade de paisagem, pois é menor a disponibilidade de água para o “runoff”.” (CREPANI *et al.* 2001,p.15).

Segundo Crepani *et al.* (2004) é importante se avaliar a intensidade pluviométrica, pois representa uma relação direta entre as características de precipitação total (quanto chove) e sua distribuição sazonal (quando chove), resultando em última análise, na quantidade de energia potencial disponível para transformar-se em energia cinética.

Intensidade Pluviométrica: uma variável para análise de vulnerabilidade das paisagens à perda dos solos

A intensidade pluviométrica do ano de 1979 indica um aumento gradativo, no sentido da planície para o planalto, observando-se nas áreas de menor altitude (100 metros) os menores valores de intensidade pluviométrica igual a 425 mm/mês.

Inversamente nas áreas de planalto onde as altitudes podem alcançar até 700 metros, os valores de intensidade pluviométrica aumentam gradativamente acompanhando relativamente os patamares do relevo até os valores de intensidade pluviométrica maiores que 625 mm/mês (Mapa 10).

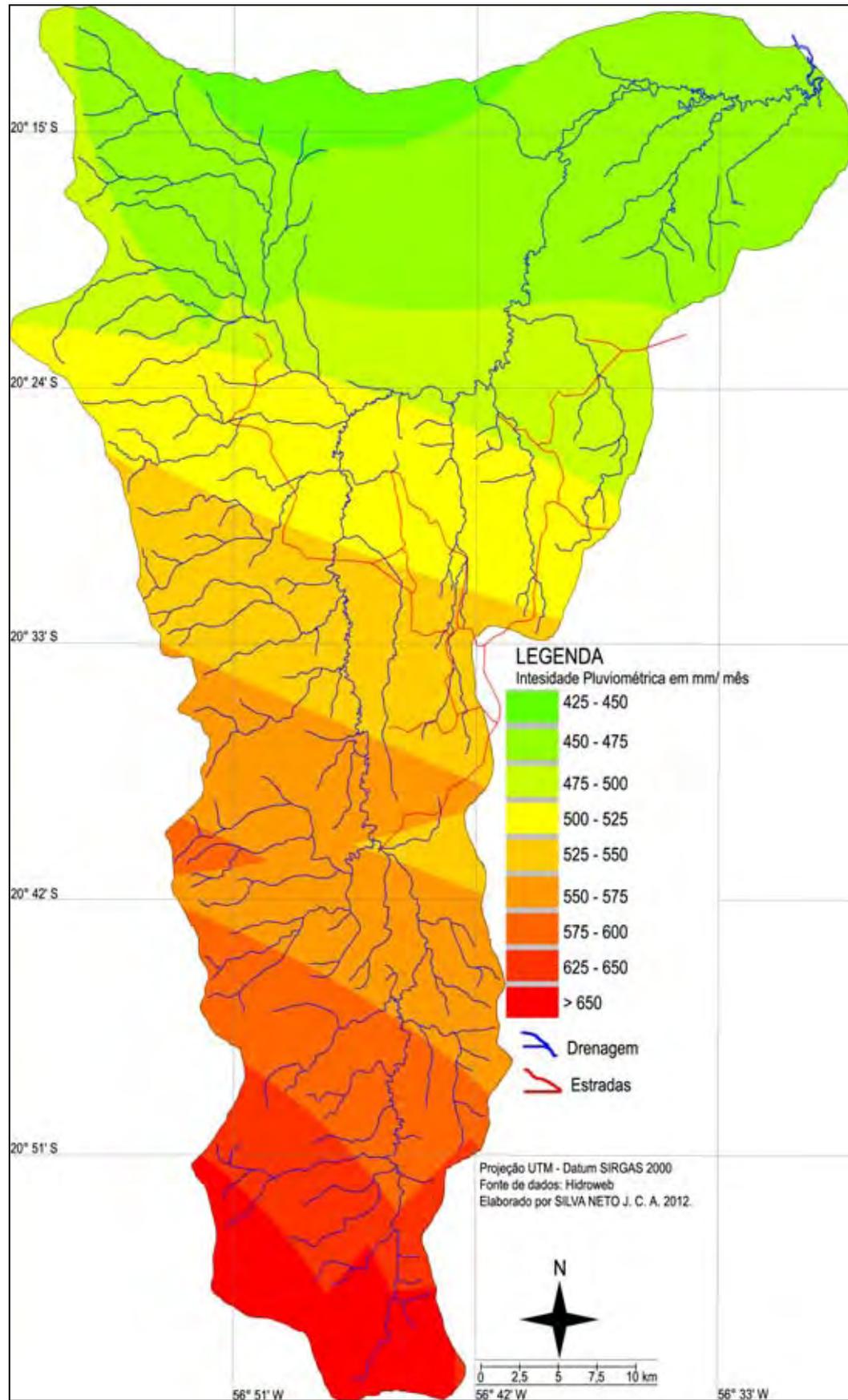
Ressalta-se que não é possível estabelecer como regra a relação entre intensidade pluviométrica com as variáveis como morfologia do relevo, cobertura vegetal e tipos de solos, pois, nas análises dos anos seguintes a variação da intensidade não segue a mesma lógica: de quanto maior altitude igual maior intensidade pluviométrica (anexo).

Apenas uma classe de intensidade pluviométrica no ano de 1979 apresentou o índice de 0,80 para vulnerabilidade à perda de solos, classificado como Vulnerabilidade Forte (Quadro 12). As demais classes apresentaram índices de vulnerabilidade à perda de solos entre 0,85 a 1,00, classificados como Muito Forte, com condições favoráveis à instabilidade deste ambiente, no que diz respeito à erosão hídrica.

| Quadro 12: Relação da intensidade pluviométrica aos valores de vulnerabilidade à perda de solo. | | | |
|--|-----------------|--------------|-----------------|
| *I.P. | **V.P.S. | *I.P. | **V.P.S. |
| 375 a 400 | 0,70 | 525 a 550 | 1,00 |
| 400 a 425 | 0,75 | 550 a 575 | 1,00 |
| 425 a 450 | 0,80 | 575 a 600 | 1,00 |
| 450 a 475 | 0,85 | 600 a 625 | 1,00 |
| 475 a 500 | 0,90 | > 625 | 1,00 |
| 500 a 525 | 0,95 | | |

* Intensidade Pluviométrica (mm -mês) = T.P.A/N.D.C.

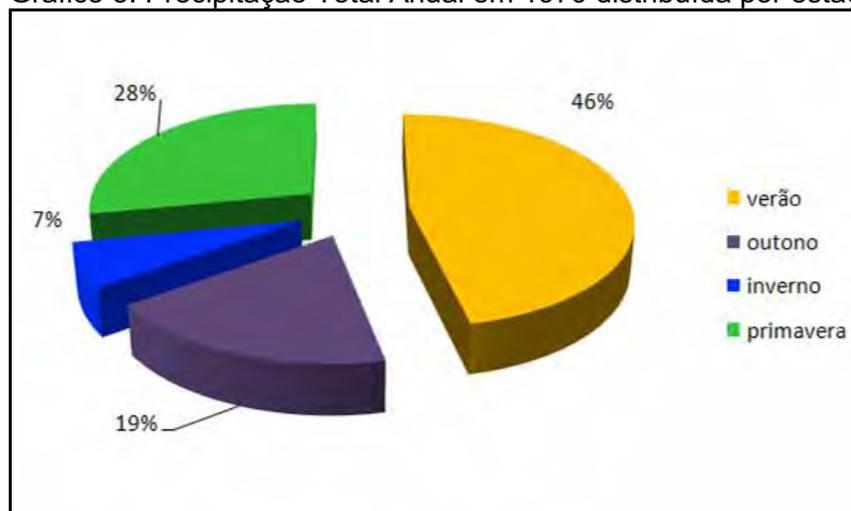
** Vulnerabilidade à Perda de Solo.



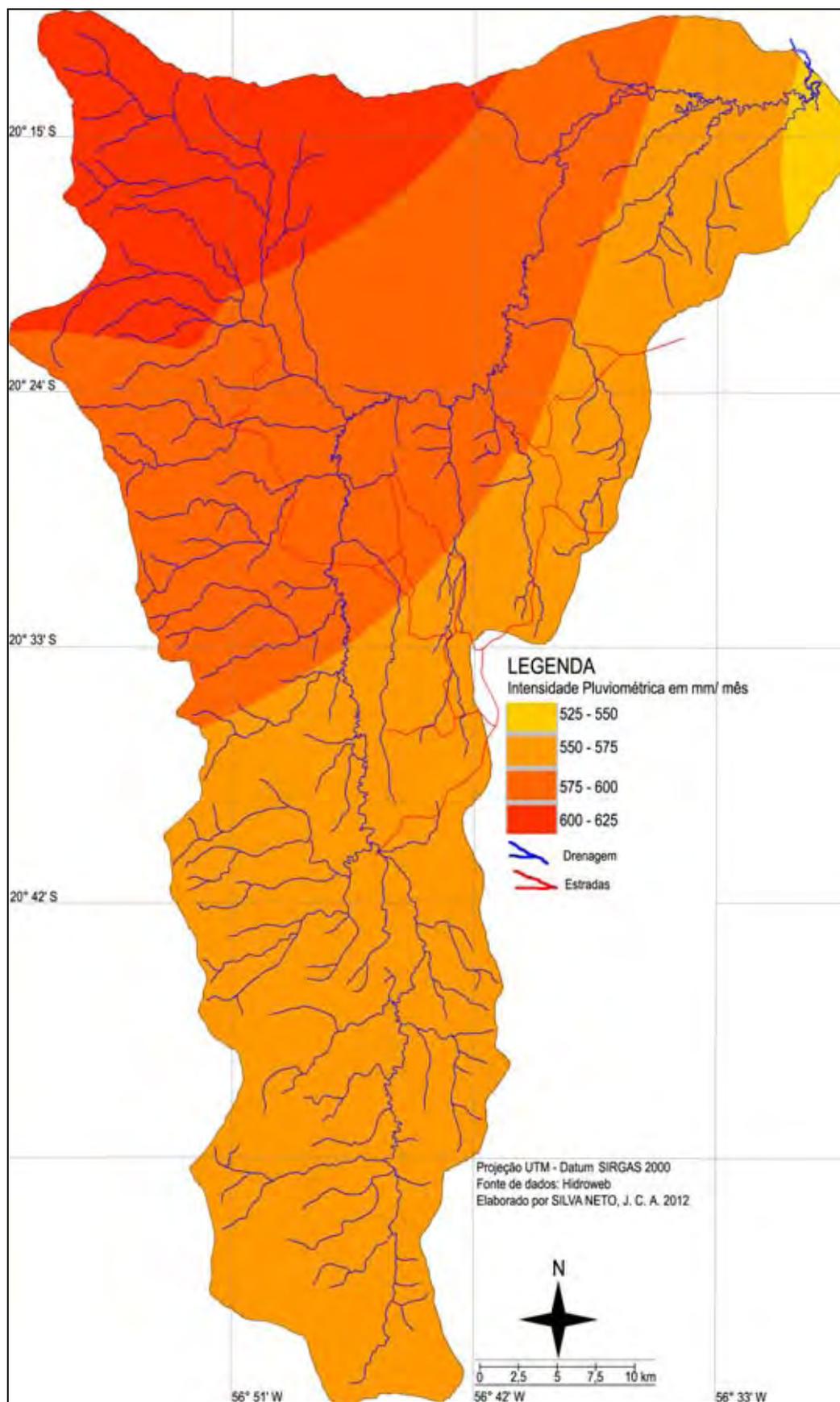
Mapa 10 - Intensidade Pluviométrica em 1979 da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS.

A precipitação pluviométrica no ano de 1979 variou de 1000 à 1675 mm, observando-se chuvas concentradas predominantemente no verão com 46%, no inverno caracterizado como período mais seco com 7% do total anual configurando duas estações bem definidas uma chuvosa, da primavera ao verão e uma estação seca do outono até o inverno (Gráfico 3).

Gráfico 3: Precipitação Total Anual em 1979 distribuída por estações do ano.



A intensidade pluviométrica em 2009 caracteriza-se por apresentar as classes mais elevadas na porção noroeste da bacia, mas, observar-se que há pouca variação de classes de 525 a 625 mm/ mês, distribuídas em apenas quatro classes por toda extensão da bacia (Mapa 11).

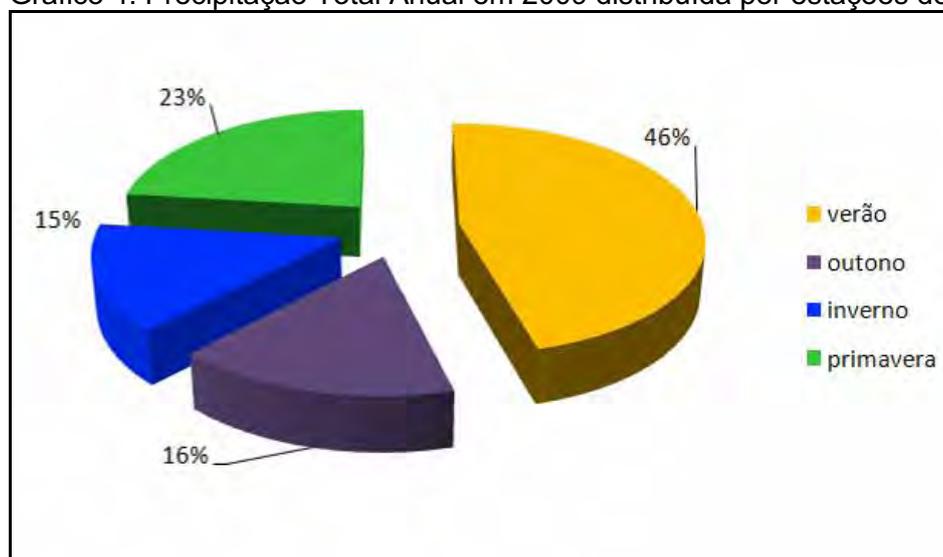


Mapa 11 - Intensidade Pluviométrica em 2009 da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS.

Quanto aos índices de vulnerabilidade, todas as classes apresentam os valores máximos na escala de vulnerabilidade 1,0, classificada como Muito Forte, com características favoráveis de um ambiente instável no tocante dos processos erosivos.

O ano de 2009 a precipitação pluviométrica variou de 1375 à 1700 mm, apresentou chuvas concentradas predominantemente no verão (com 46%) e primavera (23%) e o período mais seco no inverno (15%) e outono (16% do total anual) (Gráfico 4).

Gráfico 4: Precipitação Total Anual em 2009 distribuída por estações do ano.



5.6- USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL

O principal problema ao se tratar do uso da terra são as áreas de incompatibilidade do uso, que correspondem às áreas utilizadas de maneira inadequada, para fins de pecuária extensiva e atividades agrícolas, em que não são respeitadas as limitações físico-naturais de ambientes vulneráveis, como exemplo, áreas com relevo fortemente dissecado ou áreas de solos rasos suscetíveis à erosão, ou ainda as Áreas de Preservação Permanente (APP's).

Esse cenário é visualizado de modo cada vez mais frequente, visto que, historicamente na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra vem sendo imposto um processo de apropriação da natureza, de uma maneira em que esta é concebida apenas como uma mercadoria. Logo, passível de uma superexploração, de forma inconsequente e sem planejamento adequado.

Considerações sobre uso da terra e cobertura vegetal nos anos de 1979 e 2009.

O uso da terra na bacia hidrográfica do rio Salobra revela por si, parte da dinâmica sócio-econômica da região, onde a pecuária é a atividade econômica que se caracteriza como a mais representativa na região sudoeste de Mato Grosso do Sul, onde está localizada a área estudada.

A análise do uso da terra em uma perspectiva multitemporal possibilita a visualização das transformações provocadas pela atuação do homem em uma determinada porção da superfície da Terra. Nessa perspectiva optou-se por analisar dois anos de 1979 e 2009, no sentido de comparar as condições de uso da terra nas últimas décadas.

A escolha do ano de 1979 se justifica por apresentar um processo de ocupação ainda pouco intenso, pois o processo de ocupação das terras da área da Serra da Bodoquena por assentamentos rurais e indústrias de exploração mineral para produção de cimento, ganhou maior força a partir de meados da década de 1980 (ALMEIDA, 2005). Acontecimentos esses que podem ser atribuídos a uma nova configuração da dinâmica socioeconômica e ambiental na área abordada.

A implantação de fazendas de criação gado, assentamentos rurais em algumas porções da Bacia do Rio Salobra ocorreu sem estudos ambientais prévios, que resultou na ocupação de áreas impróprias para o desenvolvimento de atividades agrícolas, observando-se que a pecuária extensiva se configura como a principal atividade econômica na área (ALMEIDA, 2005).

A pecuária extensiva se caracteriza pela criação de gado solto em extensas áreas de pastagens, exigindo-se assim, maiores áreas desmatadas. Essa atividade normalmente não apresenta qualquer tipo de barreira ao pisoteio do gado, que atinge as margens dos rios e vertentes acentuadas, o que pode ser considerado um fator potencializador da intensificação dos processos erosivos.

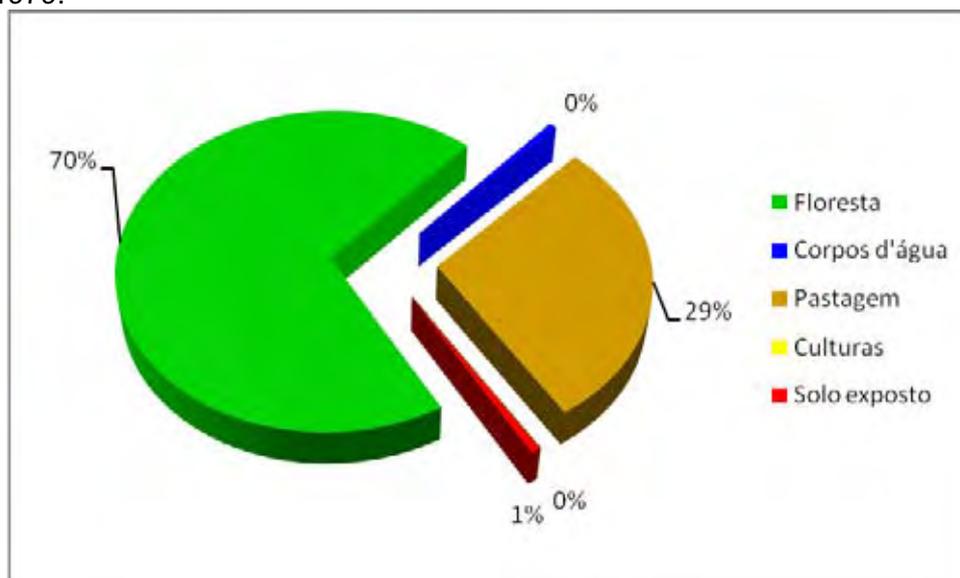
Nesse contexto, verificou-se que grande porção da bacia apresentou áreas de Floresta, como a principal classe de uso da terra e cobertura vegetal, ou seja, cerca de 70% do total da área (Tabela 7).

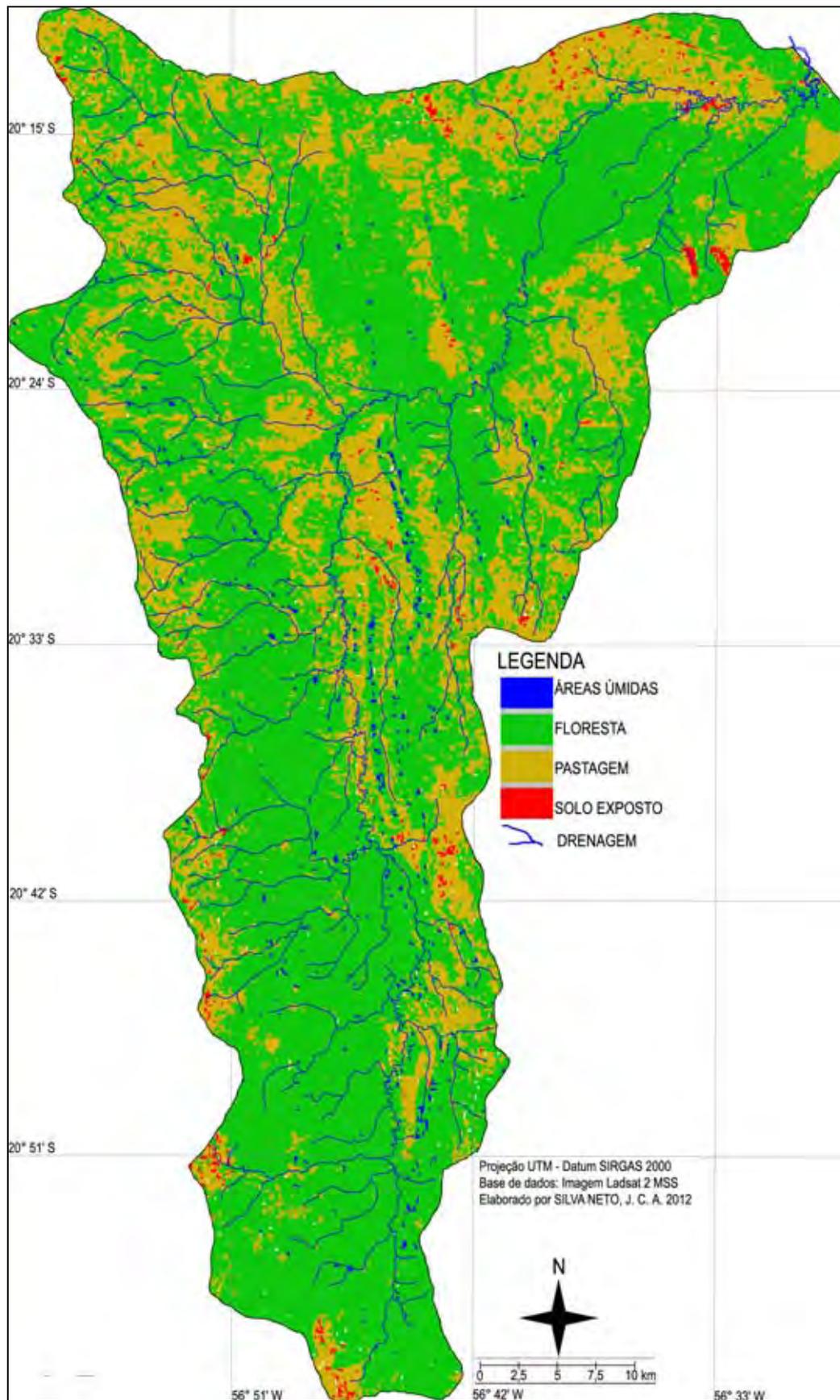
Tabela 7: Classes de uso da terra de cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS.

| Uso da terra e cobertura vegetal 1979 | | |
|---------------------------------------|----------|-----------|
| Classes | área km | área em % |
| Floresta | 1.619,93 | 70 |
| Corpos d'água | 14,71 | 0 |
| Pastagem | 666,88 | 29 |
| Culturas | 0,00 | 0 |
| Solo exposto | 15,93 | 1 |

Observa-se ainda que, as áreas de pastagem correspondem a 29% do total e, as áreas de culturas não foram verificadas de forma representativa na imagem de satélite utilizada (Gráfico 5 e Mapa 12).

Gráfico 5 – Classes de uso da terra e cobertura vegetal na bacia hidrográfica no ano de 1979.





Mapa 12 - Uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS em 1979.

No ano de 2009 verificou-se que 40% da área total da bacia foi utilizada para o desenvolvimento da pecuária extensiva. (Tabela 8).

Tabela 8- Classes de uso da terra e cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Salobra em 2009.

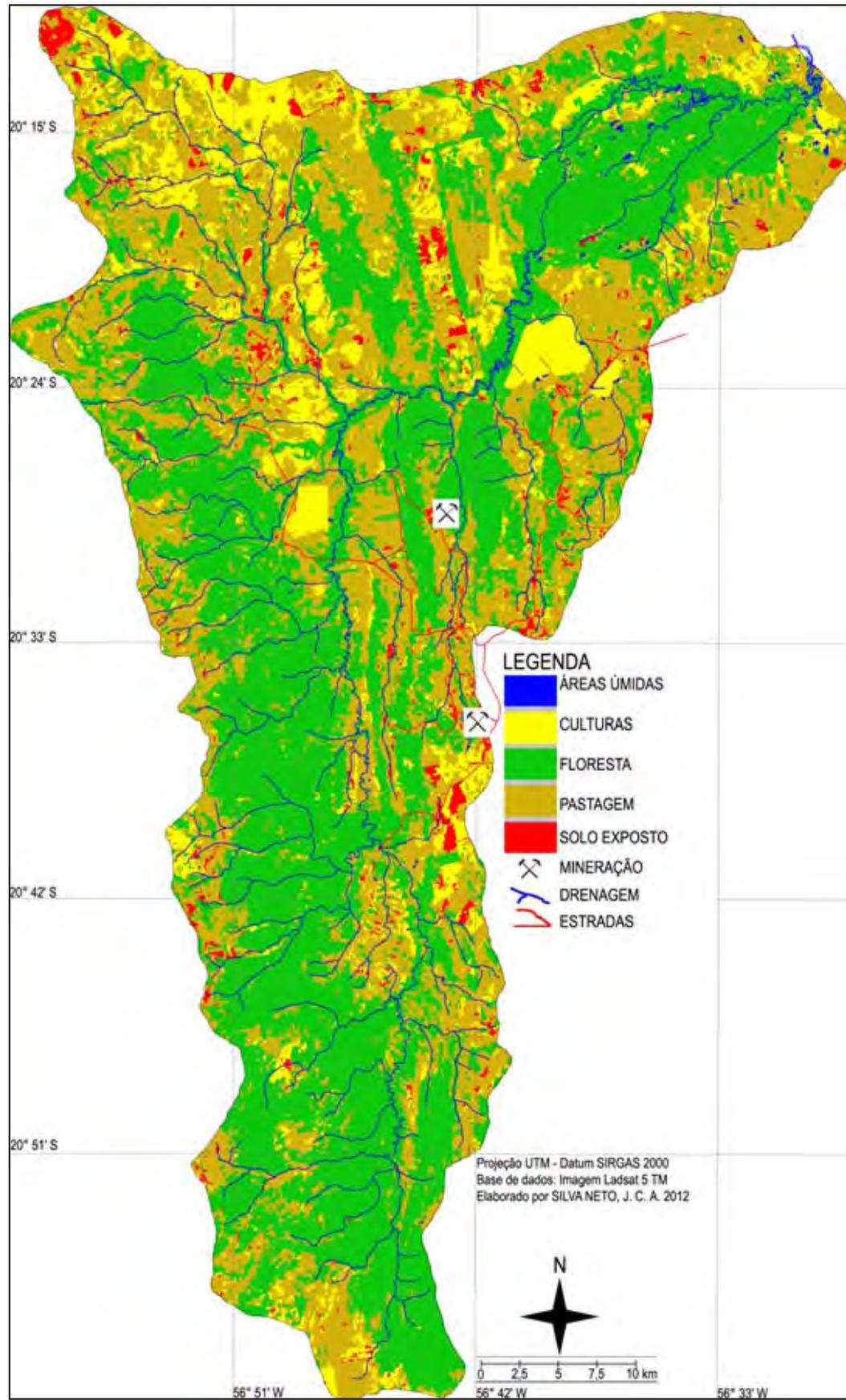
| Uso da terra e cobertura vegetal 2009 | | |
|---------------------------------------|----------|-----------|
| Classes | área km | área em % |
| Floresta | 1.107,12 | 48 |
| Corpos d'água | 10,71 | 0 |
| Pastagem | 931,02 | 40 |
| Culturas | 221,25 | 10 |
| Solo exposto | 50,70 | 2 |

Na Figura 80 observa-se que as áreas de pastagem não respeitam áreas com declividades acentuadas, conseqüentemente intensificando os processos erosivos na área, sofrendo assim uma transição do estágio de erosão laminar para erosões em sulcos, resultado direto do pisoteio do gado.



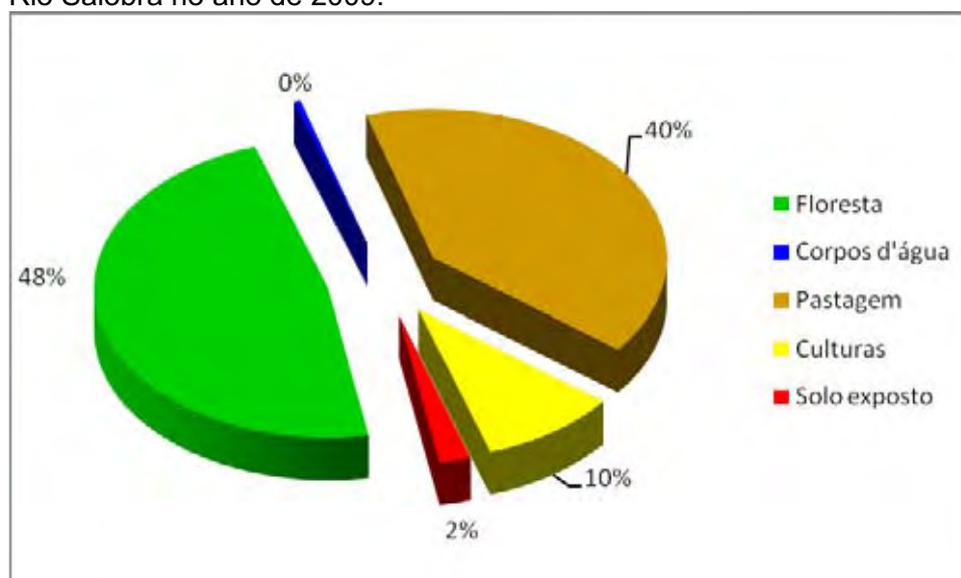
Figura 80: Vertente com declividade acentuada apresentando sulcos lineares provocados pela erosão zoôgena.

As áreas de Floresta representam ainda a maior extensão de área, ocupando 48% da bacia hidrográfica. As áreas denominadas Culturas foram observadas em 10% da área, correspondendo aos setores com cultivos predominantemente de arroz, milho e feijão (Mapa 13 e Gráfico 6).



Mapa 13- Uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS em 2009.

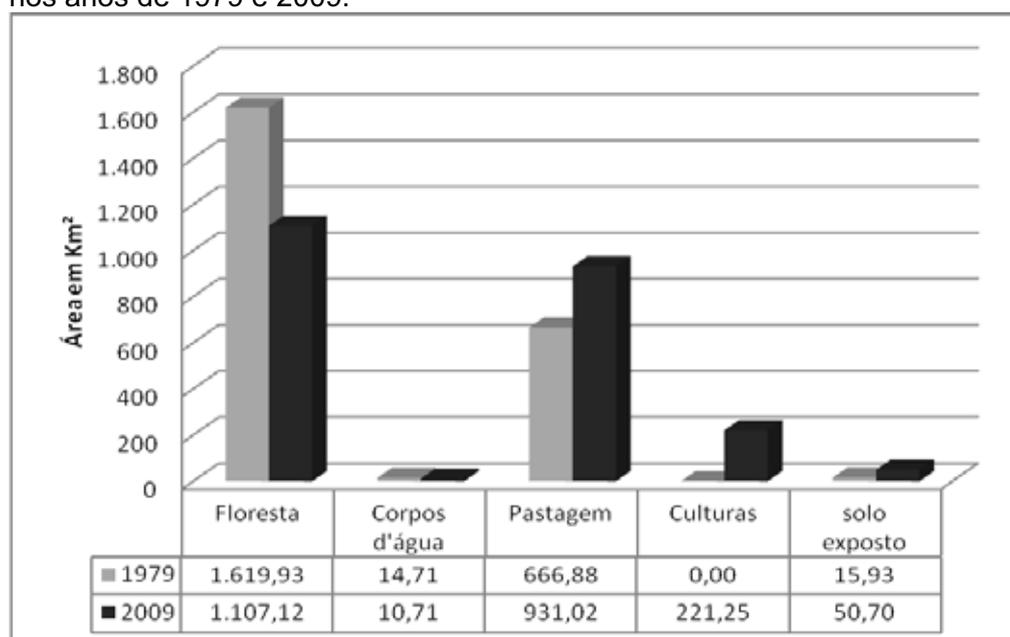
Gráfico 6 – Classes de uso da terra e cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra no ano de 2009.



A análise comparativa do uso da terra entre os anos de 1979 e 2009 indica uma diminuição significativa das áreas de Floresta aproximadamente de 22% da área da Bacia do Rio Salobra (Gráfico 7).

As áreas de Pastagem apresentaram aumento de 11% no total da bacia hidrográfica no período analisado. Outro aumento significativo foi das áreas de Culturas, que no ano 1979 não foi verificada e, em 2009 abrangia 10% da área da bacia.

Gráfico 7- Uso da terra e cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra nos anos de 1979 e 2009.



A análise comparativa, dos anos de 1979 e 2009, aponta para uma prática recorrente na região, o desmatamento. Essa prática é utilizada como um artifício para exploração de novas áreas para pecuária extensiva (Figura 81 e 82).



Figura 81 - Desmatamento em vertente com declividade acentuada, na sub-bacia do Rio Salobra, denominada Campina, próximo da fábrica de cimento. (Fonte: Autor, outubro de 2007).



Figura 82 - Desmatamento de vertente para desenvolvimento de pecuária extensiva, local denominado Escondido próximo da ponte sobre o Rio Salobra na estrada Bodoquena-Sumatra (Fonte: Autor, outubro de 2012).

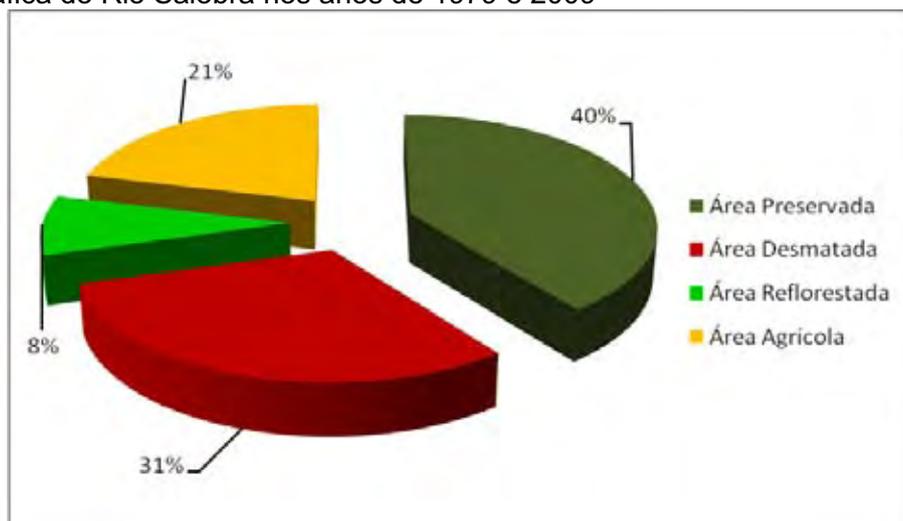
Quanto à análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra nos anos de 1979 e 2009, verificou-se que no período analisado 40% da área total da Bacia, manteve-se preservada com Floresta, isso significa que essas áreas foram classificadas no mapeamento de Uso da Terra e Cobertura Vegetal de 1979 e 2009 como Floresta (Gráfico 8).

Comparando-se as áreas ocupadas por Floresta no ano 1979 com o ano de 2009 essas mesmas áreas haviam sido ocupadas por pastagem ou algum tipo de cultura, verificou-se que as áreas de desmatamento representaram 31% da área estudada.

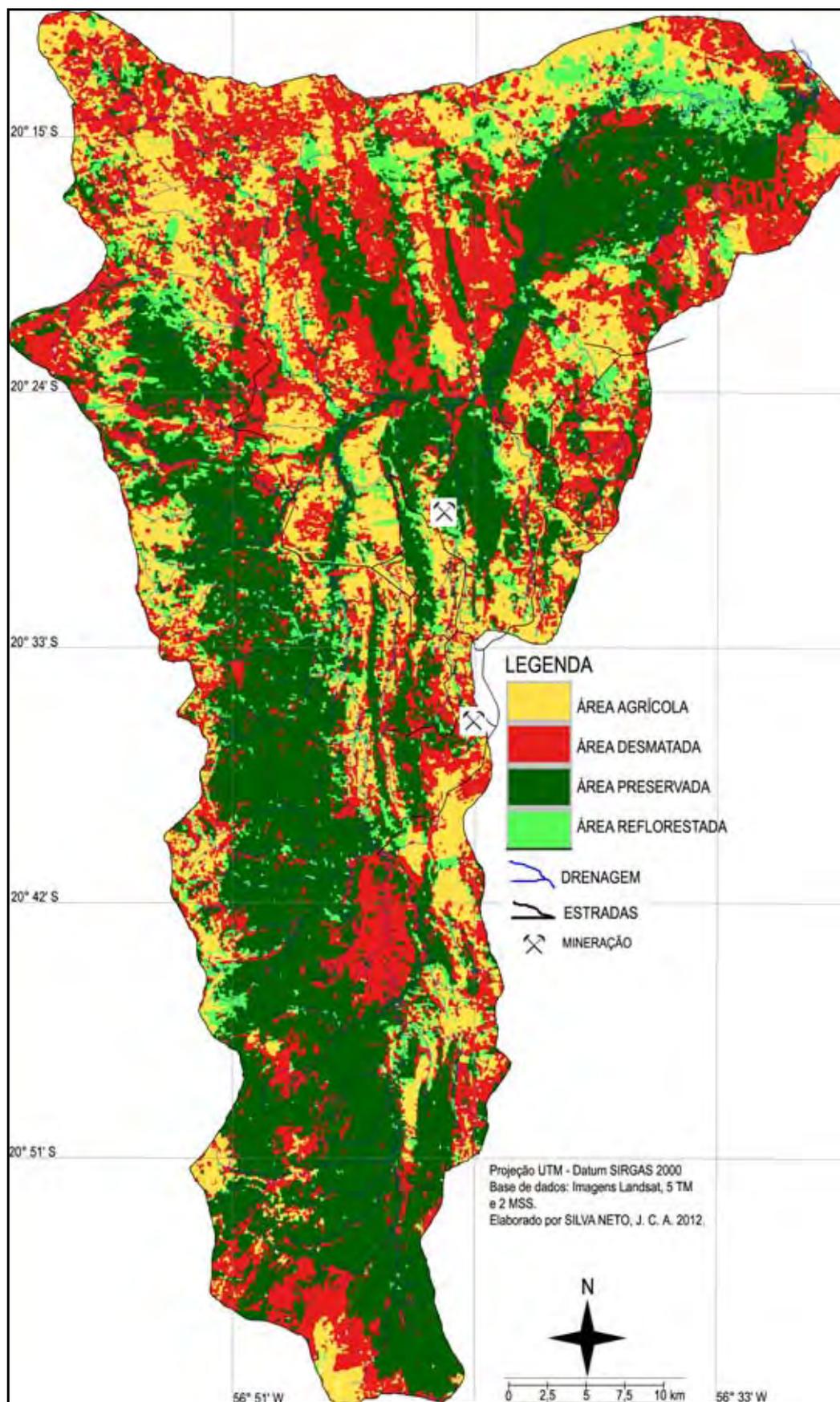
Verificou-se que 8% da área da Bacia do Rio Salobra foram reflorestadas²³, isso significa que as áreas que em 1979 eram classificadas como pastagem ou solo exposto, e em 2009 nas mesmas áreas foram classificadas como florestas. Essas áreas de reflorestamento podem ser atribuídas à regeneração natural das florestas de áreas que possivelmente haviam sido pastagem abandonada (Mapa 14).

As Áreas Agrícolas são definidas como áreas que manteve-se com a utilização agrícola tanto com pastagem ou com culturas no período analisado, essas áreas foram verificadas em 21% da área estudada.

Gráfico 8: Análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra nos anos de 1979 e 2009



²³ Áreas que apresentaram regeneração das florestas, ou deixaram de ser utilizadas para desenvolvimento de atividade agrícola ou pecuária.



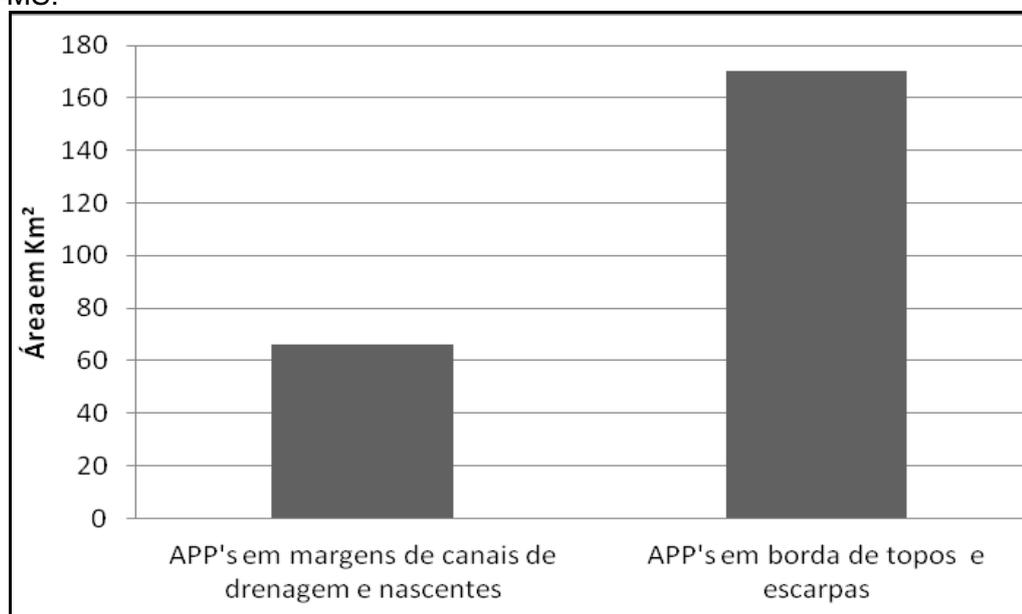
Mapa 14- Análise Temporal do Uso da Terra e Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra dos anos de 1979 e 2009.

5.7- ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Quanto às Áreas de Preservação Permanente verificou-se que aproximadamente 170 km², o que corresponde a 72% das APP's, estão localizadas nas bordas de tabuleiros e escarpas (Gráfico 9). Aproximadamente 66 Km², que corresponde à 28% das APP's, estão localizadas nas margens de canais de drenagem e em áreas de nascentes (Mapa15).

Observa-se que as encostas com declividade superior a 100% ou 45° na linha de maior declive apresentou área pouco representativa, menos de 0,1% da área total da bacia.

Gráfico 9: Áreas de Preservação Permanente na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS.



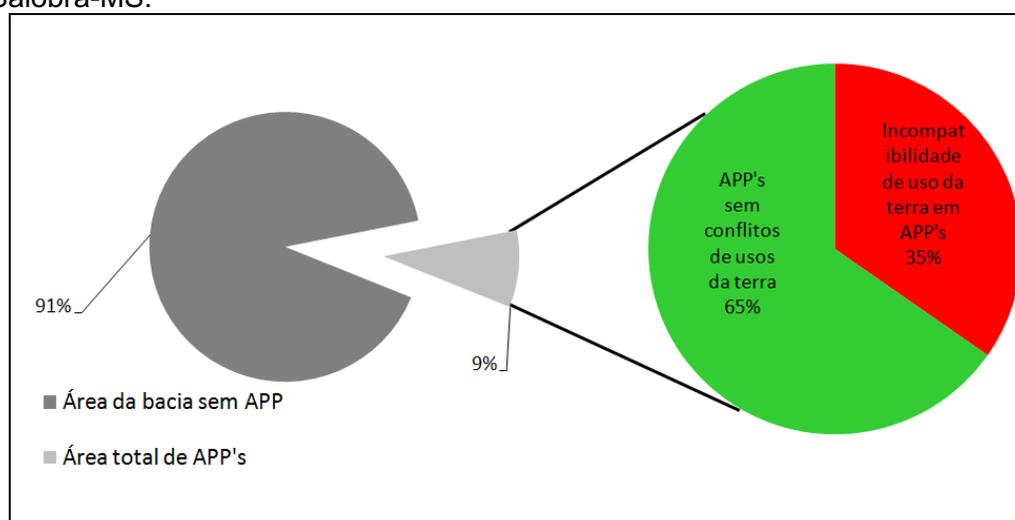


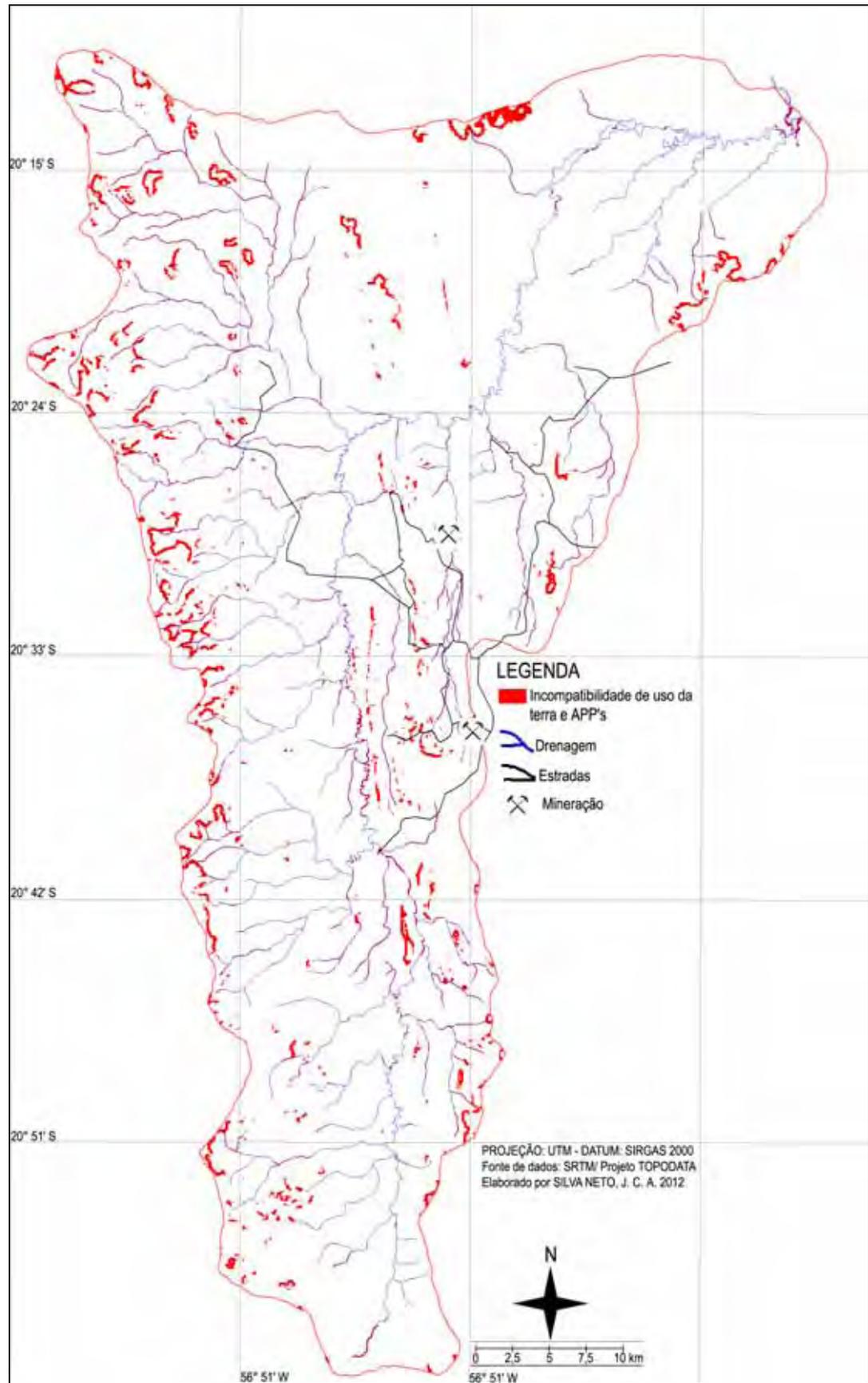
Mapa15: Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS.

A Bacia Hidrográfica do Rio Salobra segundo os critérios avaliados, conforme o Art. 3º da RESOLUÇÃO CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002, apresentou 236,69 Km² de Áreas de Preservação Permanente, o que corresponde à 9% de sua área.

Desse total, 82,18 Km² das APP's, ou seja, 35% apresentaram incompatibilidade entre o uso definido pela legislação e o uso da terra (Gráfico 10 e Mapa16).

Gráfico 10: Incompatibilidade de uso da terra nas APP's na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS.





Mapa 16: Mapa de Incompatibilidade entre Áreas de Preservação Permanente e Uso da Terra.

A incompatibilidade entre uso da terra e APP's, é apresentada como um problema de ordem legal, cujo processo de uso da terra deveria estar respaldado na legislação vigente, objetivando a preservação das áreas que caracterizam-se como ambientes vulneráveis no contexto ambiental.

5.8- VULNERABILIDADE DA PAISAGEM À PERDA DOS SOLOS

Segundo Crepani (2001) a escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas é estabelecida a partir de sua caracterização morfodinâmica, segundo critérios desenvolvidos a partir dos princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977) (Quadro 13).

Quadro 13 – Escala de Vulnerabilidade das paisagens para perda de solos.

| ESCALA DE VULNERABILIDADE | | |
|---|---------------------------|---|
| Escala peso - 3 (Crepani et al.1996) | Escala peso- 1 (Autor) | Vulnerabilidade da Paisagem à perda de solos |
| 3.0 | 1.00 | Muito Forte |
| 2.9 | 0.95 | Muito Forte |
| 2.8 | 0.90 | Muito Forte |
| 2.7 | 0.85 | Muito Forte |
| 2.6 | 0.80 | Forte |
| 2.5 | 0.75 | Forte |
| 2.4 | 0.70 | Forte |
| 2.3 | 0.65 | Forte |
| 2.2 | 0.60 | Moderada |
| 2.1 | 0.55 | Moderada |
| 2.0 | 0.50 | Moderada |
| 1.9 | 0.45 | Moderada |
| 1.8 | 0.40 | Moderada |
| 1.7 | 0.35 | Fraca |
| 1.6 | 0.30 | Fraca |
| 1.5 | 0.25 | Fraca |
| 1.4 | 0.20 | Fraca |
| 1.3 | 0.15 | Muito Fraca |
| 1.2 | 0.10 | Muito Fraca |
| 1.1 | 0.05 | Muito Fraca |
| 1.0 | 0.00 | Muito Fraca |

A elaboração do mapa de vulnerabilidade da paisagem permite identificar as áreas mais vulneráveis à perda de solos, a partir dos condicionantes da

paisagem e suas relações com os tipos de solos, unidades litoestruturais, formas do terreno, intensidade pluviométrica e uso da terra e cobertura vegetal.

Considerações sobre vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na bacia hidrográfica do rio Salobra – MS, no ano de 1979.

A análise das variáveis no tocante da vulnerabilidade à perda dos solos no ano de 1979 (Mapa 17), para a Bacia Hidrográfica do rio Salobra apresentou os seguintes aspectos:

Vulnerabilidade Muito Forte:

Essa classe é definida como um ambiente Instável por oferecer condições que prevaleça a morfogênese.

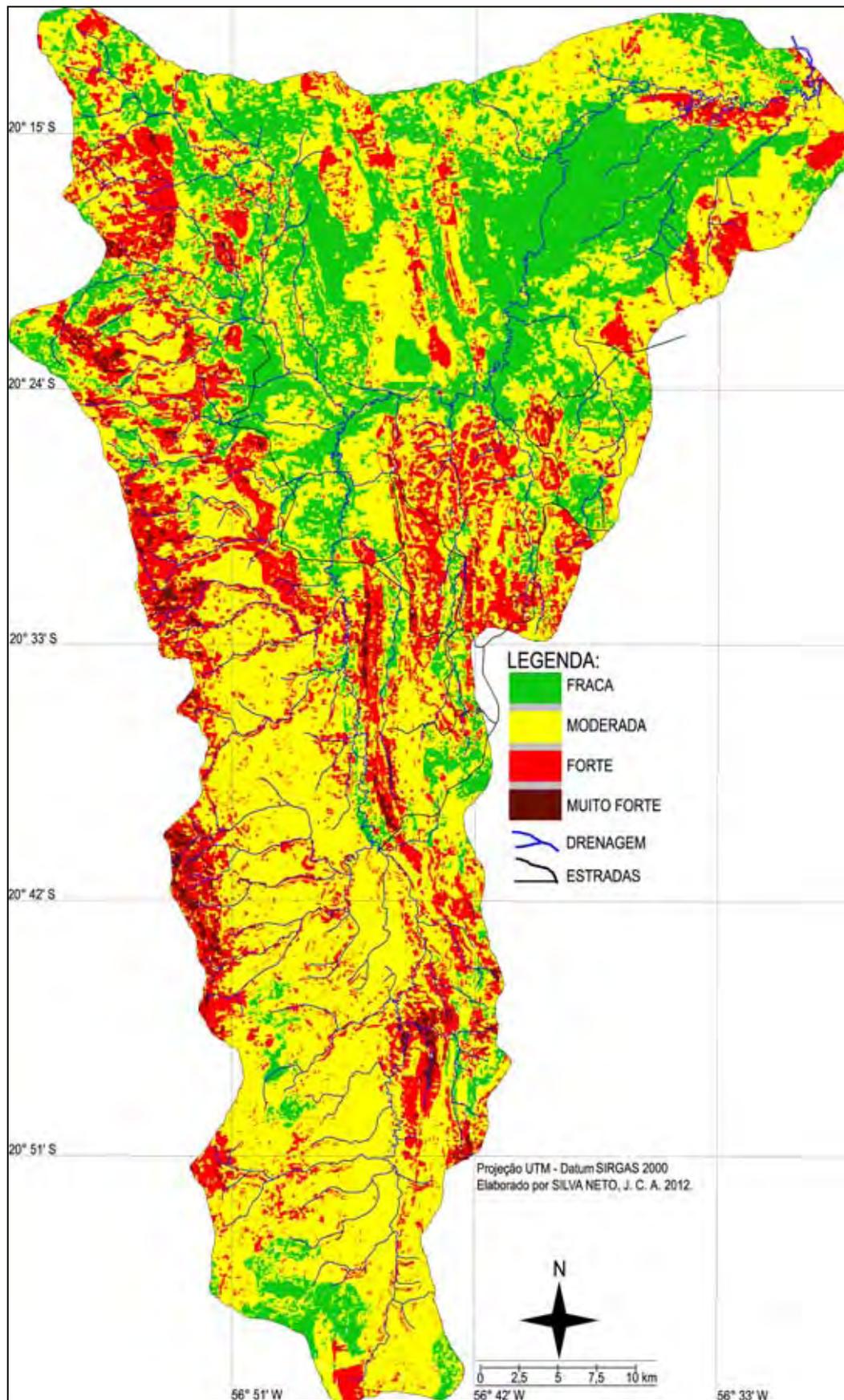
Verificou-se que 2% da área da Bacia do Rio Salobra pode ser enquadrada na classe de Vulnerabilidade à perda do solo Muito Forte (Tabela 9), caracterizada por apresentar correlação do relevo forte ondulado a dissecado, com altitudes acima de 500 metros, formas do terreno côncavo- convergente e declividades acima de 20% associados as rochas pouco coesas, ou seja, alteradas pelas ação intempérica, solos rasos, pouco desenvolvidos, alta intensidade pluviométrica e cobertura vegetal pouco densa.

Tabela 9 - Vulnerabilidade á Perda de Solos 1979

| VULNERABILIDADE À PERDA DE SOLOS 1979 | | |
|---------------------------------------|------------|-----------|
| CLASSES | ÁREA EM KM | ÁREA EM % |
| Muito Forte | 36,79 | 2 |
| Forte | 433,35 | 19 |
| Moderada | 1306,24 | 56 |
| Fraca | 536,56 | 23 |
| Muito Fraca | 0,00 | 0 |

Nessa classe é destacada a associação das rochas da Formação Cerradinho (C), com Vulnerabilidade do Relevo Forte ou Muito Forte, solos rasos como os Chernossolos Rêndzicos ou Neossolos Litólicos (B) e altos valores de intensidade pluviométrica (acima de 550 mm/mês) (D).

Essas variáveis associadas ao uso da terra e cobertura vegetal (E) pouco densa ou áreas utilizadas por pastagens ou solo exposto, definem a classe Vulnerabilidade Muito Forte (F) para á perda de solos (Figura 83).



Mapa 17: Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra – MS em 1979.

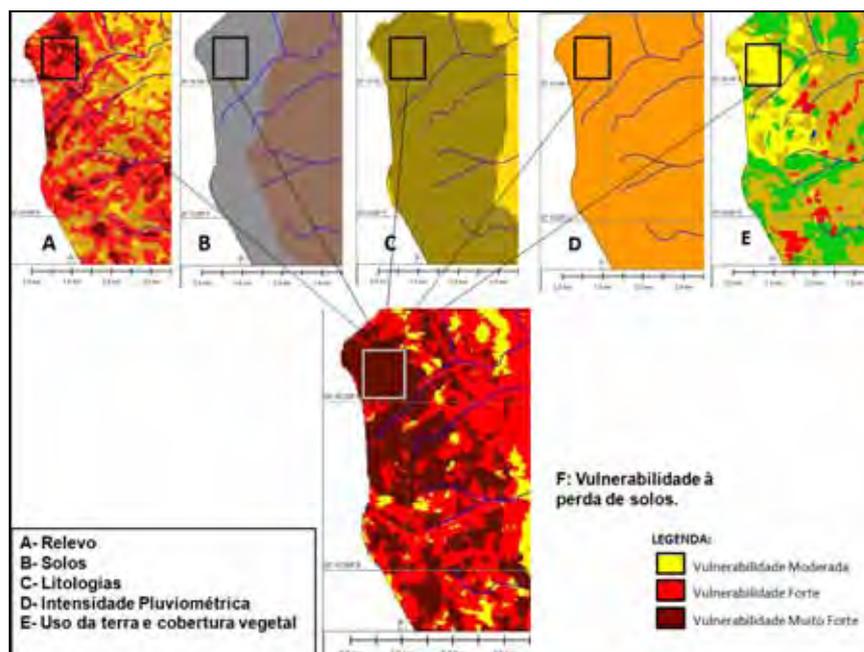
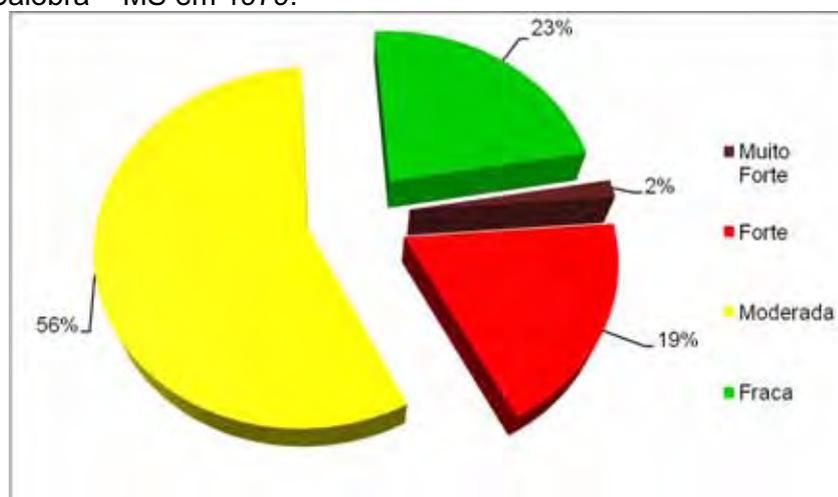


Figura 83- Exemplo da classe de Vulnerabilidade Muito Forte.

Vulnerabilidade Forte:

Também pode ser definida como um ambiente Instável, ocupando 19% da área na Bacia do Rio Salobra (Gráfico 11), esta classe apresenta características semelhantes à classe de Vulnerabilidade Muito Forte, mas, os processos de uso da terra ocorrem de maneira menos intensa, caracteriza-se por apresentar elementos físico-naturais de paisagens Vulneráveis, associados às áreas com cobertura vegetal densa, ou seja, cobertura vegetal normalmente de porte arbóreo ou pastagens (E) (Figura 84).

Gráfico 11: Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra – MS em 1979.



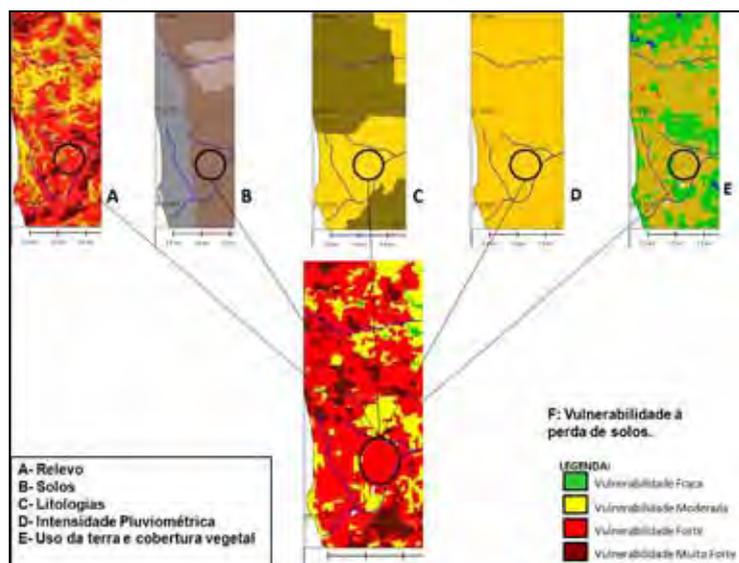


Figura 84- Exemplo da classe Vulnerabilidade Forte.

Vulnerabilidade Moderada

Verificou-se a classe de **Vulnerabilidade Moderada** presente em 56% da área da bacia, esta é uma classe intermediária entre os ambientes instáveis e os ambientes estáveis, pois apresentam condicionantes de paisagens estáveis como relevo plano ou suave ondulado (A) e Cobertura vegetal densa das áreas de floresta (E), mas, apresenta condicionantes físico-naturais de paisagens instáveis como os sedimentos inconsolidados da Formação Pantanal (B), e intensidade pluviométrica (D) (acima de 450 mm/mês) e solos rasos pouco desenvolvidos Chernossolos Rêndzicos (B) vias de regra, o uso da terra é compatível com esses limitantes físicos (Figura 85).

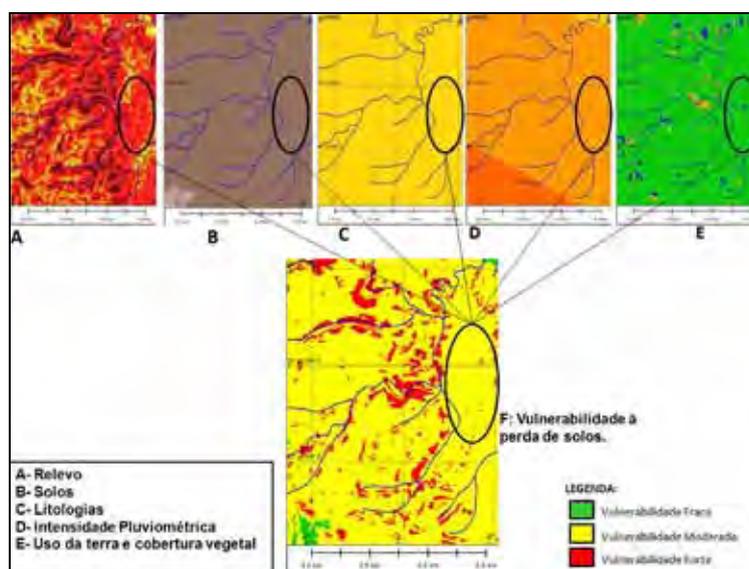


Figura 85- Exemplo da classe de Vulnerabilidade Moderada.

Vulnerabilidade Fraca

No ano de 1979 a classe de vulnerabilidade Fraca ocupou 23% da área da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, esta classe caracteriza-se por apresentar relevo plano ou suave a ondulado (A), Vulnerabilidade do Relevo Fraca ou Muito Fraca, rochas consistentes da Formação Bocaina (C) composta principalmente por Dolomitos, solos profundos e bem desenvolvidos como os Nitossolos (B), Intensidade Pluviométrica entre 425 a 475 mm/ mês, associados à cobertura vegetal densa (Figura 86).

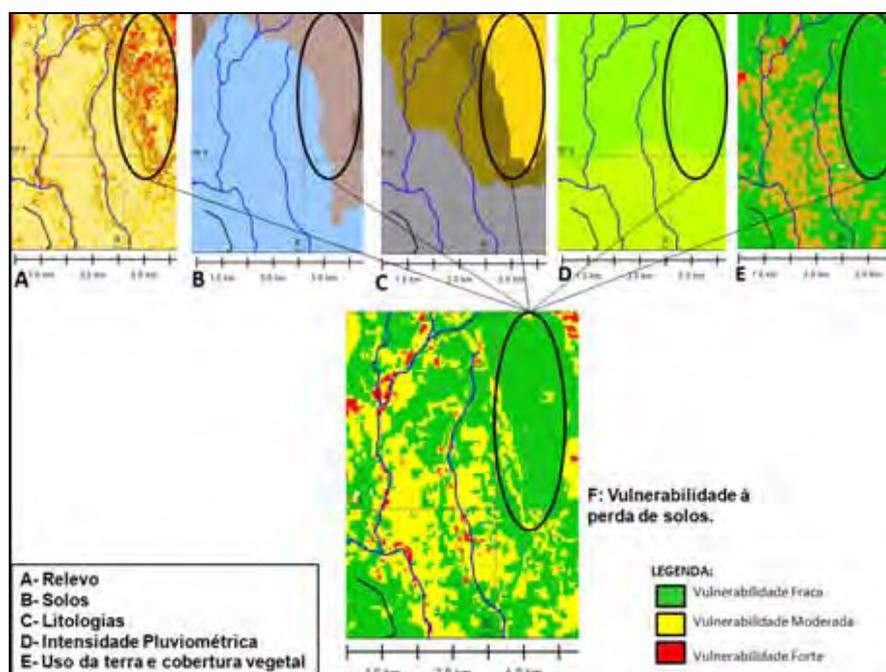


Figura 86 – Exemplo da classe Estável de Vulnerabilidade Fraca.

Considerações sobre vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra – MS, no ano de 2009.

Vulnerabilidade Muito Forte

A análise da Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos no ano de 2009 (Mapa 18) permitiu verificar que de acordo com os elementos da paisagem 3% da área da Bacia do Rio Salobra se enquadra na classe de Vulnerabilidade Muito Forte, que representa as áreas que estão mais vulneráveis à desencadear os processos erosivos potencializados por usos inadequados da terra. (Tabela 10).

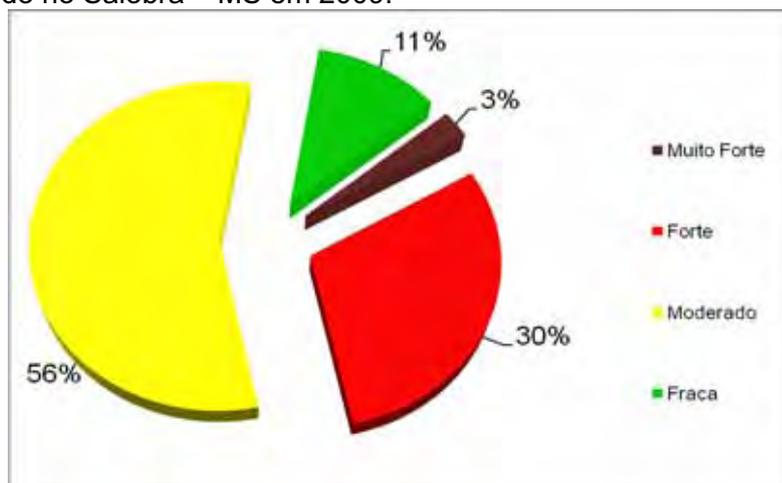
Tabela 10 - Vulnerabilidade à Perda de Solos 2009

| VULNERABILIDADE À PERDA DE SOLOS 2009 | | |
|---------------------------------------|------------|-----------|
| CLASSES | ÁREA EM KM | ÁREA EM % |
| Muito Forte | 61,26 | 3 |
| Forte | 697,95 | 30 |
| Moderado | 1.295,83 | 56 |
| Fraca | 261,95 | 11 |
| Muito Fraca | 0,00 | 0 |

Vulnerabilidade Forte

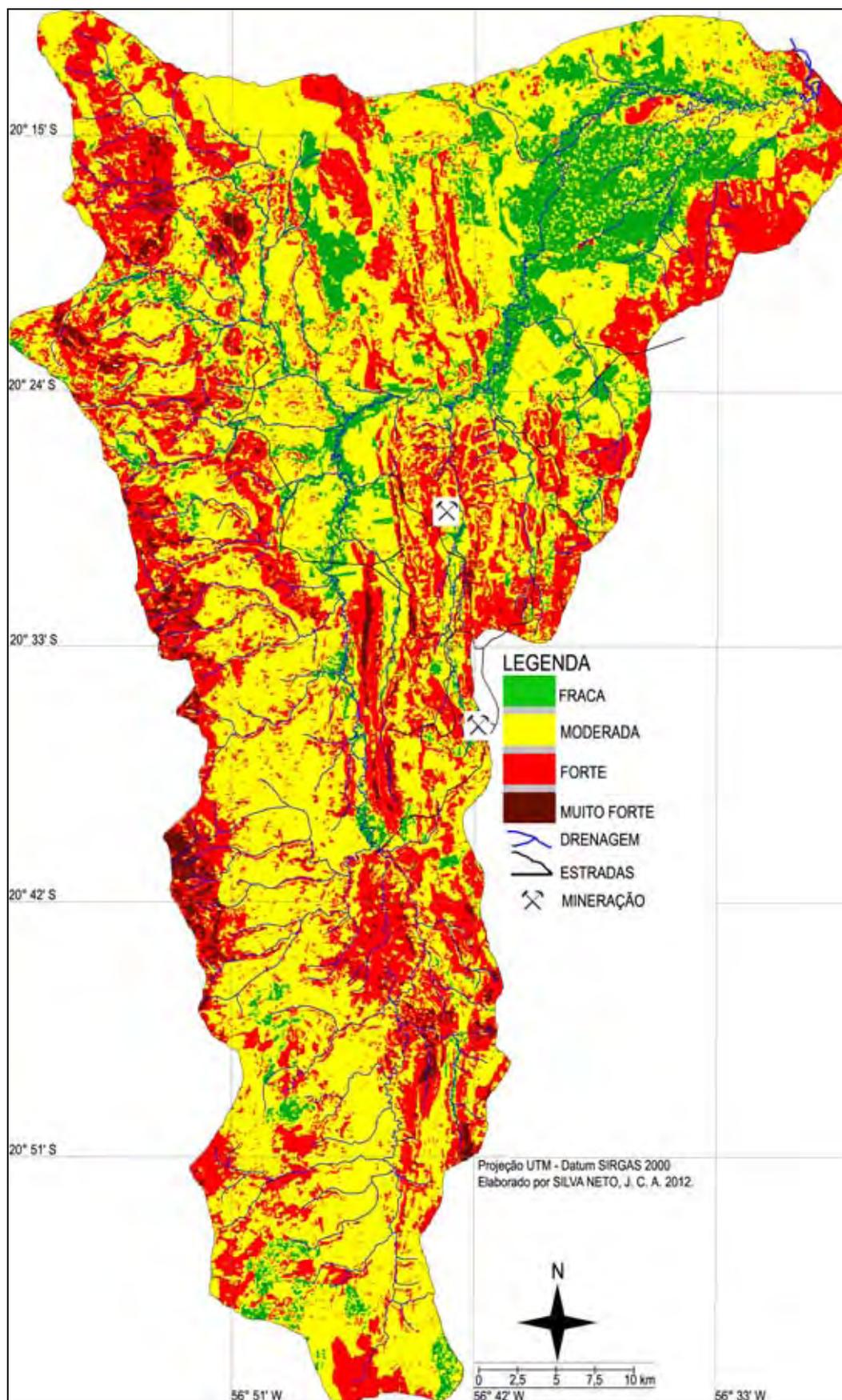
No ano de 2009, a classe de Vulnerabilidade Forte representou 30% da área da bacia do rio Salobra (Gráfico 12), esta classe apresenta características semelhantes à classe de Vulnerabilidade Muito Forte, mas, os processos de uso da terra ocorrem de maneira menos intensa, esta classe também pode ser definida como um ambiente Instável.

Gráfico 12: Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na bacia hidrográfica do rio Salobra – MS em 2009.



Vulnerabilidade Moderada

Esta classe caracteriza-se por apresentar ainda cobertura vegetal capaz de proteger o solo do aceleração dos processos erosivos, foi verificada em 56% da área da bacia, esta é uma classe intermediária entre os ambientes vulneráveis e os ambientes estáveis, e podem caracterizar-se como áreas que apresentam os condicionantes físicos de paisagens vulneráveis e paisagens estáveis, vias de regra, o uso da terra é compatível com esses limitantes físicos.



Mapa 18: Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra – MS em 2009.

Vulnerabilidade Fraca

Os ambientes estáveis estão representados na presente análise pelas classes Fraca, que ocupou 23% da área total da bacia do rio Salobra, e Muito Fraca, que não apresentou porções representativa da área estuda nos dois anos analisados.

Esses ambientes estáveis caracterizam-se por apresentar áreas que correlacionam-se cobertura vegetal densa, relevo plano ou suave a ondulado, rochas coesas, pouco alteradas, associados à solos profundos e bem desenvolvidos.

Análise Temporal da Vulnerabilidade da Paisagem à Perda de Solos

A análise temporal permite comparar uma determinada realidade de uma paisagem pretérita, que provavelmente já tenha sido transformada, com uma realidade presente, que configura as paisagens atuais.

Assim, se analisou a vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra em dois períodos distintos, o primeiro em 1979, por caracterizar uma configuração da paisagem, no qual a ocupação da área da Serra da Bodoquena era inicial, pois o município de Bodoquena (Campão) ainda era um distrito de Miranda, no qual ainda não haviam implantadas as indústrias de cimento e, mineração e os principais assentamentos rurais da área.

Nesse sentido as paisagens devem ser entendidas como resultado das heranças do passado refletidas no presente, resultando em formas e cenários diversos que configuram a paisagem.

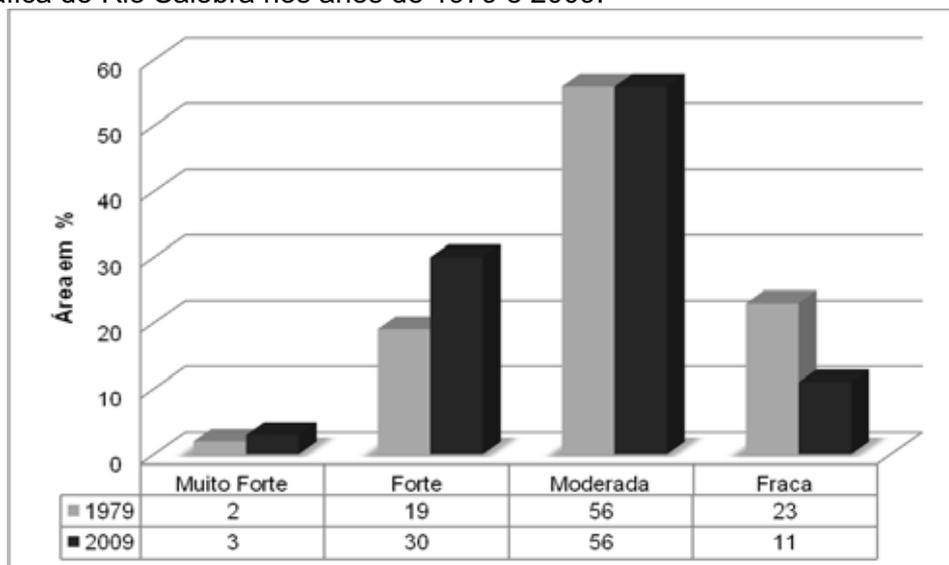
A intensidade da atuação antrópica na natureza associa-se diretamente com o modo como se configuram as paisagens atuais/antrópicas, assim, o entendimento dos processos de atuação antrópica materializada pelos tipos de usos da terra, pode ajudar a compreender essa dinâmica, que é impulsionada principalmente pelas intencionalidades intrínsecas em cada tipo de uso da terra.

Desse modo, remete-se ao conceito de Vulnerabilidade definindo-o como um estado de suscetibilidade à transformação de um estado inicial á um estado atual transfigurado pela ação antrópica.

Por meio dos resultados das análises verificou-se que na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra os ambientes predominantemente intermediários, representados pela classe de Vulnerabilidade Moderada, ocuparam uma porção significativa da área estudada, que corresponderia à 56% nos dois períodos analisados.

Observou-se o aumento dos ambientes instáveis, englobados pelas classes de Vulnerabilidade Forte e Muito Forte, cerca de 12%. No ano de 1979 essas duas classes representaram 21% da área estudada, e no ano de 2009 essas classes somaram 33% da área da bacia hidrográfica do rio Salobra (Gráfico 13).

Gráfico 13- Vulnerabilidade das paisagens à perda de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra nos anos de 1979 e 2009.



O aumento das classes de Vulnerabilidade Muito Forte e Forte, pode ser associado à diminuição da classe de Vulnerabilidade Fraca, caracterizada por apresentarem condições mais estáveis da paisagem. A classe de Vulnerabilidade Fraca em 1979 correspondia à 23% da área da bacia hidrográfica, em 2009 essa classe diminuiu para 11%.

Em face da vulnerabilidade da paisagem, essa constatação deve-se principalmente pela vulnerabilidade natural da área que apresentam em várias porções da bacia hidrográfica, condições ecológicas difíceis e suscetíveis aos processos de degradação das paisagens, porém, deve-se ressaltar que o uso

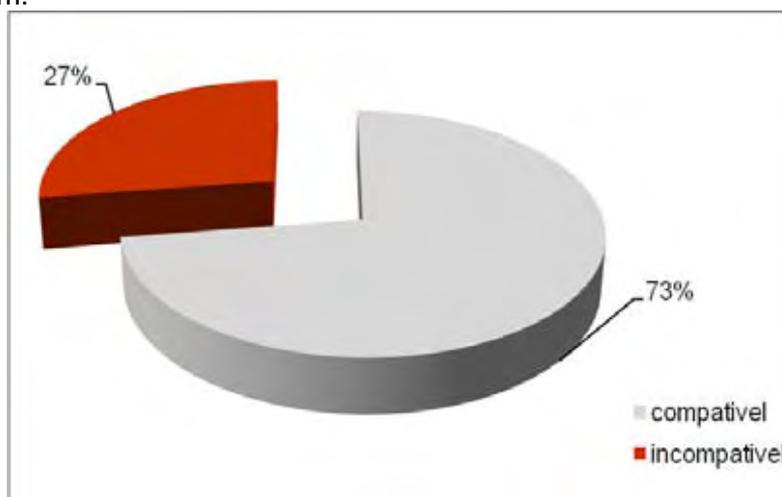
inadequado da terra pode ser o principal responsável pelo aumento das áreas que apresentam as classes de Vulnerabilidade Forte e Muito Forte.

Incompatibilidade entre Vulnerabilidade Natural da Paisagem à perda de solos e uso da Terra.

Visto que um dos objetivos da presente proposta é verificar se há incompatibilidade entre uso da terra e as características físico-naturais da paisagem, elaborou-se um exercício no qual foram correlacionados um Plano de Informação de Vulnerabilidade Natural da Paisagem à perda de solos, resultado da combinação das variáveis: solos, litologias, vulnerabilidade do relevo e intensidade pluviométrica, e do Plano de Informação Uso da Terra e Cobertura Vegetal do ano de 2009, resultando assim, no mapa Incompatibilidade entre uso da terra e vulnerabilidade natural da paisagem (Mapa 19).

Desse modo, verificou-se que 27% da área da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra apresentam características de paisagens vulneráveis e, estão condicionadas a tipos de usos da terra, inadequados com as características naturais da paisagem, possibilitando condições de degradação desse ambiente (Gráfico 14).

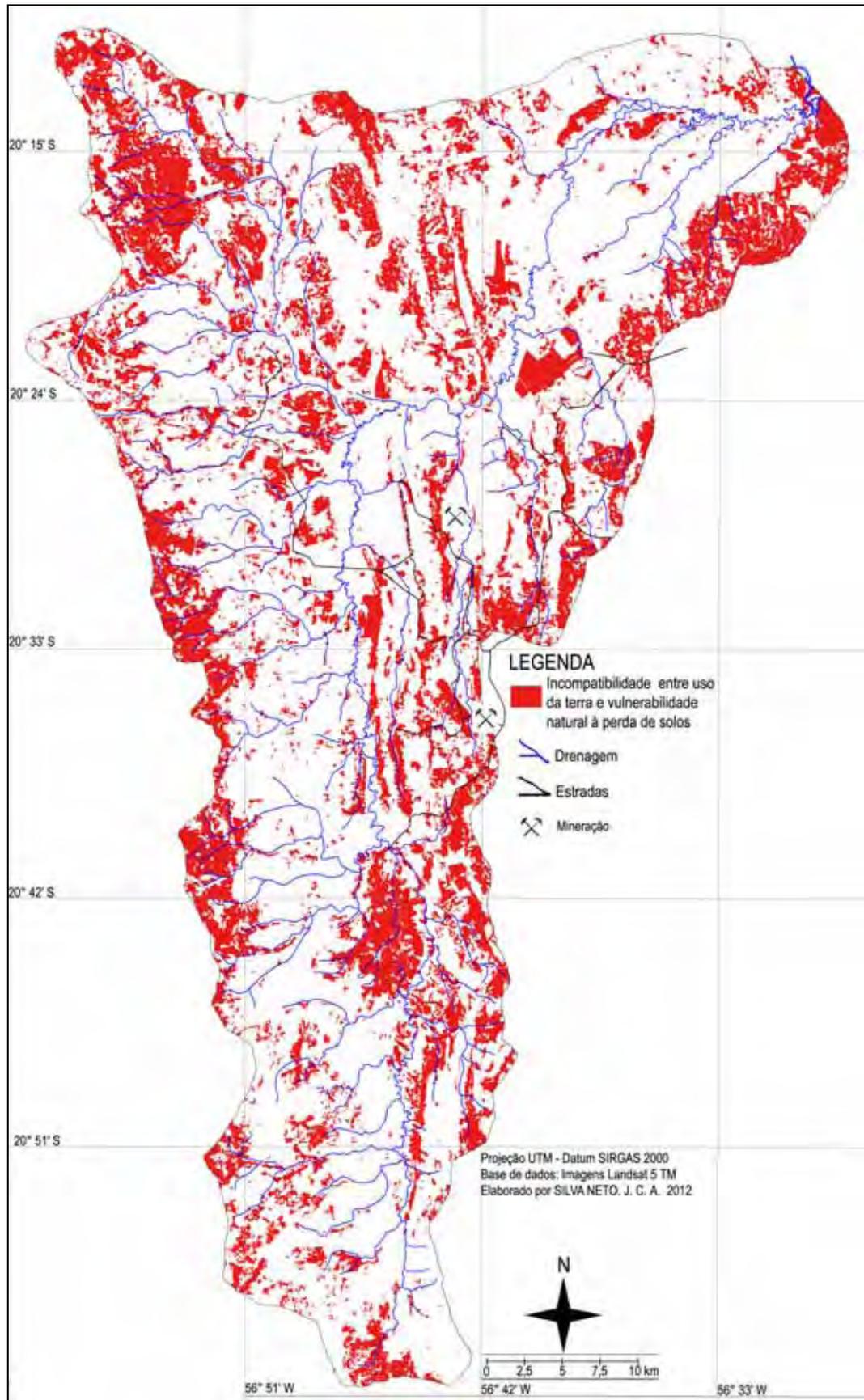
Gráfico 14: Incompatibilidade entre uso da terra e vulnerabilidade natural da paisagem.



O uso da terra na Bacia do Rio Salobra revela que os limitantes físico-naturais da paisagem não são respeitados, pois o processo de uso e ocupação do solo extrapola a utilização de áreas com características de paisagens estáveis,

abarcando nesse processo de apropriação da natureza o uso de ambientes instáveis de maneira intensa.

Segundo Becker e Egler (1996) o conhecimento da Vulnerabilidade Natural das paisagens é importante para se visualizar os possíveis comportamentos dos sistemas naturais diante do processo de apropriação da natureza.



Mapa 19: Incompatibilidade da Vulnerabilidade Natural da Paisagem e Uso da terra.

5.9 - DEFINIÇÃO DE CLASSES PARA O ZONEAMENTO AMBIENTAL

As áreas para zoneamento ambiental foram definidas de acordo com a atual conjuntura da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, que resulta das diversas inter-relações com o uso da terra e associado à outras variáveis que podem comprometer em diferentes níveis as dinâmicas da área, no qual os processos erosivos são destacados na presente proposta como principal problema de ordem ambiental e apresenta uma relação direta com a cobertura vegetal e, sua retirada para práticas agropecuárias torna esses processos mais intensos.

As zonas ambientais são definidas a partir de condicionantes físico-naturais da paisagem, áreas institucionais e áreas que manifestam os processos de apropriação da natureza por meio do uso da terra.

Assim, as zonas ambientais resultam das correlações de variáveis como vulnerabilidade da paisagem à perda de solos, combinadas às classes de Áreas de Preservação Permanente, e as áreas de incompatibilidade legal (Quadro 14).

Quadro 14: Matriz para zoneamento ambiental

| MATRIZ PARA ZONEAMENTO AMBIENTAL | | | | |
|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|---|---|
| ZONAS | ÁREAS | VULNERABILIDADE DA PAISAGEM | RECOMENDAÇÃO | CAPACIDADE |
| PRODUÇÃO | Expansão | Muito Fraca | Podem ser utilizadas para a expansão do potencial produtivo; | Boa capacidade para desenvolvimento de atividade Agrícolas |
| | Consolidação | Fraca | O desenvolvimento de atividades produtivas; podem ser mantidos; | Capacidade boa ou regular, para desenvolvimento de atividades agrícolas de ciclos curtos, sem mecanização |
| | Consolidação/Conservação | Moderada | Área produtiva com restrições de uso | Indicada para pastagem |
| CRÍTICA | Conservação | Moderada Forte | Área com restrições de uso | no caso de uso, necessita-se de medidas conservacionistas criteriosas. |
| | Preservação prioritária | Forte | devem ser preservadas devido a sua forte vulnerabilidade; APPs | principal indicação para essas áreas é a preservação |
| | Preservação/Recuperação | Muito Forte | Vulnerabilidade muito forte, uso incompatível com condicionantes naturais, áreas degradadas | Sem atividade agrícola, áreas degradadas ou fortemente apropriadas no APP |

As zonas ambientais são divididas conforme Becker e Egler (1996) em duas zonas ambientais e essas por sua vez divididas em seis áreas (Figura 87).

A primeira zona é definida como Zona de Produção, no qual é admitido a partir das configurações físico-ambientais da paisagem o desenvolvimento de atividades produtivas que permitam a utilização do potencial natural²⁴ da paisagem. A segunda zona é denominada como Zona Crítica caracterizada por apresentar limitantes físico-ambientais que restringem ou impossibilitam alguns tipos de uso da terra.

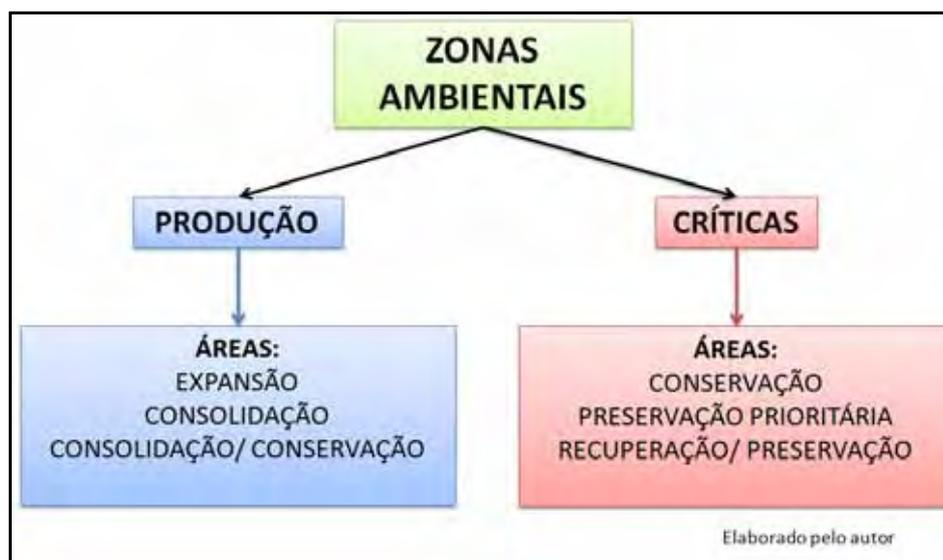


Figura 87 – Organograma das Zonas Ambientais

As Zonas de Produção são divididas nas seguintes áreas:

ÁREAS DE EXPANSÃO: Podem ser utilizadas para a expansão do potencial produtivo; apresentam boa capacidade para desenvolvimento de atividade agrícola, como pecuária, culturas anuais e temporárias, nessas áreas a vulnerabilidade à perda de solos é Muito Fraca. Nessas áreas a paisagem pode suportar práticas agrícolas com utilização de mecanização, e outros implementos agrícolas, essa classe não representou 1% da área estudada.

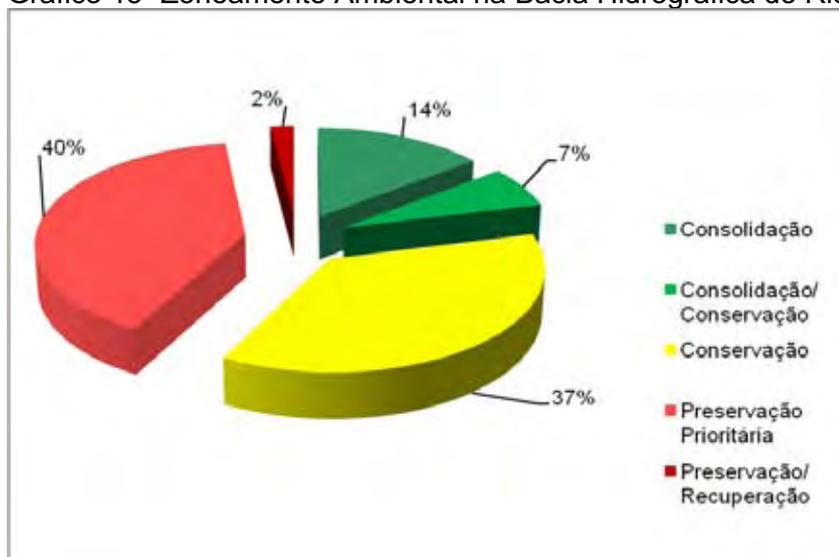
ÁREAS DE CONSOLIDAÇÃO: O desenvolvimento de atividades produtivas pode ser mantido; apresentam capacidade boa ou regular, para desenvolvimento de atividades agrícolas de ciclos curtos (Figura 88), sem mecanização e pastagem; apresenta fraca vulnerabilidade da paisagem à perda dos solos, essa classe corresponde a 14% da área estudada (Gráfico 15).

²⁴ **Potencial natural** - sua disponibilidade de uma base de recursos é fator positivo para o desenvolvimento humano, a ser relativizado pelo acesso social aos recursos (BECKER e EGLER, 1996).



Figura 88: Exemplo de áreas de consolidação, com pequenas culturas de subsistência.

Gráfico 15- Zoneamento Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS.



ÁREAS DE CONSOLIDAÇÃO/ CONSERVAÇÃO: Áreas produtivas com restrições de uso, que apresenta características intermediárias entre as zonas produtivas e críticas, essas áreas são inaptas para qualquer tipo de cultura, mas é indicada para uso com pastagem, essa classe é verificada em 7% da área. Apresenta vulnerabilidade à perda de solos Moderada, por isso, necessita de medidas conservacionistas simples para utilização (figura 89).



Figura 89: Exemplo de áreas de consolidação/ conservação com pastagem.

As Zonas Críticas são divididas nas seguintes áreas:

ÁREAS DE CONSERVAÇÃO: apresentam características ambientais de paisagens moderadas vulneráveis, essas áreas exigem utilização racional dos recursos naturais renováveis na perspectiva de bases sustentáveis. No caso de uso direto dessas áreas são exigidas medidas conservacionistas criteriosas. A principal indicação para essas áreas é a conservação, porém, desde que não ocorra em declividades incompatíveis (>20%) pode ser ocupada por reflorestamento ou pastagem, porém, no caso do uso por pastagem necessita-se de medidas conservacionistas criteriosas. Essa classe foi verificada em 37% da área total estudada (figura 90).



Figura 90: Exemplos de Áreas de Conservação na bacia do Córrego Campina.

ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PRIORITÁRIA: são áreas cuja configuração da paisagem exigem proteção a longo prazo. Nelas é inviabilizado qualquer tipo de uso da terra. As áreas de Preservação Prioritária englobam as paisagens com Forte vulnerabilidade à perda de solos e/ou as Áreas de Preservação Permanente (APPs) e áreas institucionais como as Unidades de Conservação do Parque Nacional da Serra da Bodoquena que estão inseridas na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, essas zonas correspondem à 40% de sua área (Figura 91).



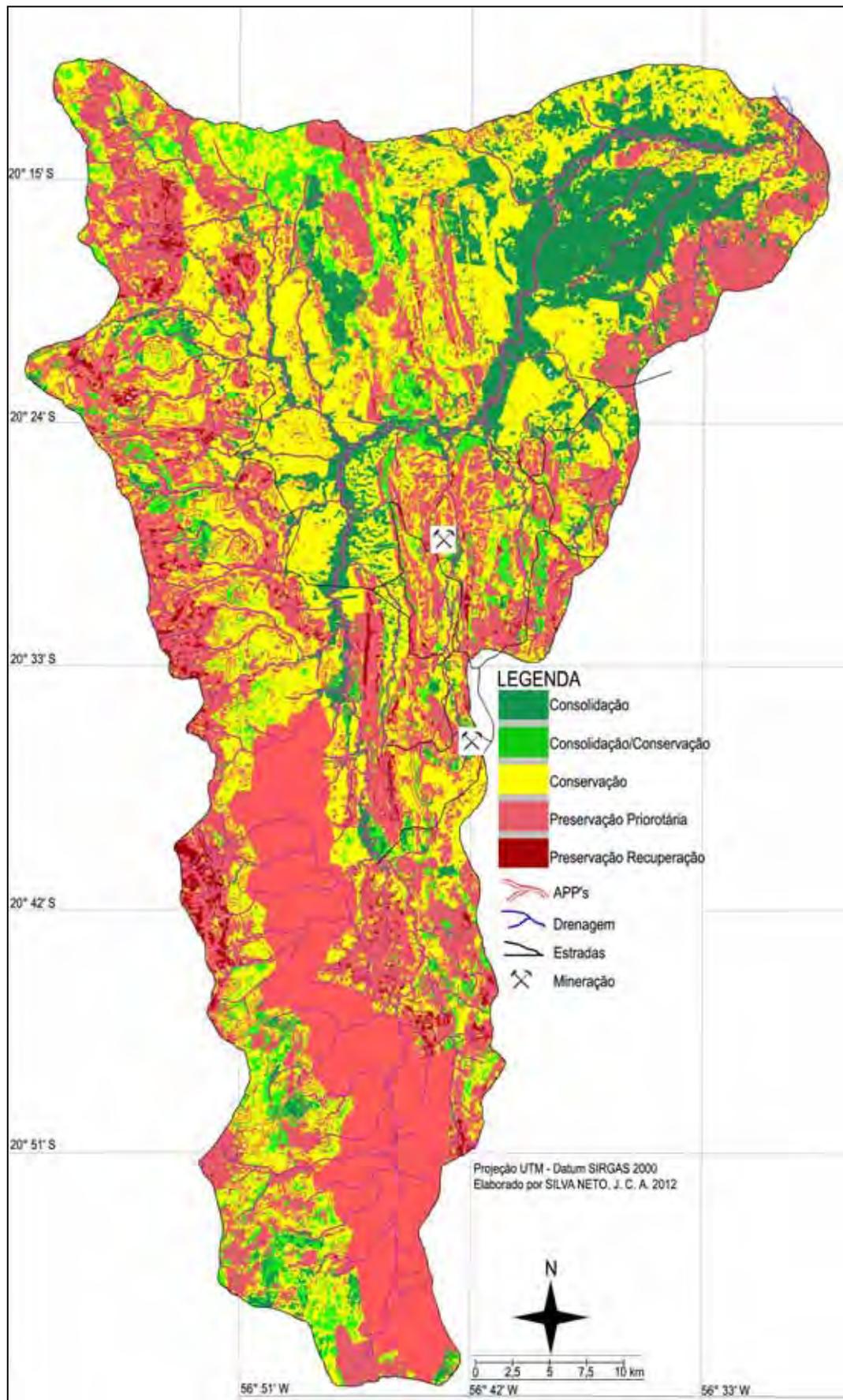
Figura 91 – Exemplo de Área de Preservação Prioritária, com desmatamento em áreas com declividade acentuada e em margens de canais de drenagem.

ÁREAS DE RECUPERAÇÃO/ PRESERVAÇÃO: São áreas em que o tipo de uso da terra é incompatível com a vulnerabilidade à perda de solos (figura 92), são paisagens que apresentam vulnerabilidade muito forte e caracterizam-se por apresentar uso intenso da terra, como solo exposto ou com usos agrícolas (Mapa 20).

Corresponde às áreas que apresentam problemas de degradação dos solos, é indicada para recuperação prioritária, esta área ocupa 2% da área total da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra.



Figura 92: Exemplo de Áreas de Recuperação/ Preservação, observa-se os processos erosivos intensificados em áreas desmatadas.



Mapa 20 – Zoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS.

C

ONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme a proposta teórico-metodológica utilizada na presente pesquisa e os resultados obtidos, pode se fazer as seguintes considerações:

A abordagem teórico-metodológica utilizada na pesquisa ofereceu suporte para as análises conceituais tanto na perspectiva técnica, no caso dos Sistemas de Informações, como na perspectiva teórica da abordagem da análise da paisagem e da perspectiva dialética estabelecida no processo de apropriação da natureza, no qual a Bacia Hidrográfica do Rio Salobra situa-se entre dois extremos: produção e conservação.

Os resultados obtidos na presente pesquisa comprovaram a hipótese inicial de que o ambiente abordado para estudo apresenta uma porção representativa de sua área que está condicionada aos tipos de usos da terra incompatíveis com as características naturais da área, possibilitando condições de degradação dessa paisagem, principalmente pela perda de solos.

A análise da paisagem possibilitou o entendimento da Bacia do Rio Salobra sob um ponto de vista das inter-relações dos seus elementos, no qual a compreensão de sua totalidade está além de uma operação de soma das partes, sendo entendida como resultado direto das inter-relações dos elementos que compõem essa paisagem, cujas imposições do homem à natureza configuram-se como seu principal modificador.

Quanto às ferramentas utilizadas observou-se que os Sistemas de Informações Geográficas contribuíram na otimização do processamento de uma representativa gama de dados, bem como na produção de novas informações, resultado do geoprocessamento.

A análise espacial em SIG mostrou-se como uma ferramenta eficaz na produção de informações sínteses como a Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos e o Zoneamento Ambiental, no qual possibilitou as correlações das variáveis da paisagem.

Quanto à vulnerabilidade da paisagem à perda de solos verificou-se que a Bacia Hidrográfica do Rio Salobra caracteriza-se por apresentar uma porção significativa de sua área com Forte Vulnerabilidade natural à perda de solos.

A vulnerabilidade da paisagem deve ser observada como uma variável de destaque na análise do processo de uso da terra, pois verificou-se na presente investigação a intensificação do processo de uso da terra, caracterizado pela substituição das áreas de floresta por áreas de pastagem ou áreas agrícolas, ocasionando o aumento da vulnerabilidade da paisagem.

Esse processo de uso da terra pode ser explicado pela lógica de apropriação da natureza que ocorre na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, que pode ser definida como um imperativo da racionalidade econômica, cujo objetivo primordial é tornar qualquer área explorável para fins produtivos, independente das características ambientais dessas paisagens.

Desse modo, considera-se que há uma relação direta entre a materialização das intencionalidades socioeconômicas, apresentadas aqui como tipos de uso da terra, e a vulnerabilidade da paisagem, que pode ser explicado pelo processo de entropia da natureza.

Entende-se que à medida em que as paisagens que apresentam vulnerabilidade forte ou muito forte, sofrem a intensificação no uso da terra, essas paisagens passam do seu estado de estabilidade para o estado de instabilidade, ou seja, à medida que as paisagens vulneráveis sofrem intervenção humana elas aproximam-se do processo irreversível de degradação de suas características naturais.

Diante dessa problemática o zoneamento ambiental é apresentado como uma contraposição à racionalidade econômica que impõe um processo de superexploração da natureza.

Nessa perspectiva o zoneamento ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra pode ser utilizado como um instrumento eficaz para auxiliar o ordenamento do território, caracterizado por abordar as distintas configurações socioambientais, cujo objetivo principal visa definir as transformações, técnicas e ritmos que se adequam a cada lugar segundo suas condições específicas (BECKER E EGLER, 1996).

A distinção de cada lugar caracteriza as diferentes zonas ambientais apresentadas no zoneamento ambiental. A identificação dessas áreas pode

auxiliar na implementação de políticas de planejamento e gestão do uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra.

Na área da Bacia do Rio Salobra e na região da Serra da Bodoquena destacam-se algumas medidas que refletem uma preocupação de cunho ambiental na área, como a criação do Parque Nacional da Serra da Bodoquena criado em 2000, o Decreto nº 10.633, de 24 de Janeiro de 2002 do Estado de Mato Grosso do Sul, no qual *“Estabelece regime especial para pesca e navegação no Rio Salobra...”*, e mais recentemente em 2010, a proposta de candidatura do Geopark Bodoquena-Pantanal submetida à UNESCO.

A proposta do GeoPark Bodoquena-Pantanal apresenta importante preocupação socioambiental, como também com as possibilidades de desenvolvimento econômico das comunidades locais.

Observa-se que atualmente os proprietários de pequenos lotes em assentamentos rurais, como por exemplo, o Canaã que localiza-se nos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, estão alheios às possibilidades que as atividades turísticas podem proporcionar do ponto de vista econômico, pois essas atividades são dominadas por empreendimentos particulares, cujos proprietários normalmente não tem nenhum tipo vínculo ou comprometimento com as comunidades locais.

Nesse sentido a preservação das paisagens vulneráveis da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra assume um papel importante no caráter socioeconômico da área, uma vez que o desenvolvimento de atividades econômicas como o turismo, necessita da preservação e conservação das paisagens, cujas comunidades locais residentes nos limites da área estudada podem se beneficiar dessas atividades.

Conforme as dificuldades enfrentadas durante a elaboração da presente pesquisa, pode-se destacar principalmente os seguintes aspectos: a ausência de material cartográfico em escala detalhada, a ausência de estações pluviométricas dentro dos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, o que impossibilitou uma análise mais rigorosa desses dados.

Desse modo, recomenda-se que sejam desenvolvidos estudos que visem à elaboração de material cartográfico detalhado, como por exemplo, o levantamento pedológico detalhado da área, mapeamentos da ocorrência e dos tipos de processos erosivos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra e na Serra da Bodoquena, e mapeamento da vulnerabilidade dos ambientes cársticos. Esses estudos associados à vulnerabilidade da paisagem podem auxiliar em pesquisas futuras, em diagnósticos detalhados sobre capacidade de suporte desse ambiente.

Por fim, destacam-se as informações apresentadas na tese como os mapas de vulnerabilidade do relevo, vulnerabilidade das paisagens à perda de solos, análise temporal de uso da terra e zoneamento ambiental, por apresentar uma nova perspectiva para se analisar a Bacia Hidrográfica do Rio Salobra, no qual essas informações poderão subsidiar pesquisas futuras, além de auxiliar as políticas de planejamento para a área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALMEIDA, F. F. M. **Geologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso), Brasil.** Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM, Rio de Janeiro, v. 219, p. 1-96, 1965.

ALMEIDA, Márcia Ajala. **Política de desenvolvimento e estruturação do espaço regional da área da Bodoquena em Mato Grosso do Sul.** Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia- UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA, Campus de Presidente Prudente, 2005.

ALVARENGA, S. M.; BRASIL, A. E.; DEL'ARCO, D. M. Geomorfologia. In: **Projeto RADAMBRASIL. Folha SF-21 Campo Grande.** Rio de Janeiro: MME, 1982.p. 125-184. (Levantamento de Recursos Naturais, 28).

ALVARES, Claude. Ciência. In: WOLFGANG, Sachs. (editor). **Dicionário do desenvolvimento.** Tradutores: Vera Lúcia M. Joscelyne, Susana de Gyalokay e Jaime A. Clasen. Petrópolis: Vozes, 2000. p. 40-58.

ARAÚJO, H. J. T.; SANTOS NETO, A.; TRINDADE, C. A. H.; PINTO, J. C. A.; MONTALVÃO, R. M. G.; DOURADO, T. D. C.; PALMEIRA, R. C. B.; TASSINARI, C. C. G. Geologia. In: **Projeto RADAMBRASIL. Folha SF-21 Campo Grande.** Rio de Janeiro: MME, 1982. p.9 -124. (Levantamento de Recursos Naturais, 28).

BACCI, Denise de La Corte, ET AL. GEOPARQUE - Estratégia de Geoconservação e Projetos Educacionais. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, Publicação especial, São Paulo, v. 5, p. 7-15, outubro 2009.

BAPTISTA-MARIA, Vivian Ribeiro. **Caracterização das florestas ribeirinhas do rio Formoso e Parque Nacional da Serra da Bodoquena/MS:** quando as espécies ocorrentes e histórico de perturbação para fins de restauração. Tese (Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada) Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007, 133 p.

BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal.** Brasília. SAE- Secretaria de Assuntos Estratégicos/ MMA- Ministério do Meio Ambiente. 1996.

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco, **Conservação do solo.** 4ª Ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BERTRAND, G. Paisage y Geografia Física Global. In MENDOZA, J.G.; JIMINES, J.M. y CANTERO, N. O. (Orgs) **El pensamiento geográfico. Estudio**

interpretativo y antologia de textos (de Humboldt a las tendencias radicales). Madrid: Alianza Editorial, 1982.

BERTRAND, George; BERTRAND, Claude. **A natureza na geografia: Um paradigma de interface.** In: PASSOS, Messias Modesto dos (org.). **Uma Geografia transversal e de travessias: O meio ambiente através dos territórios e das temporalidades.** Maringá: Massoni, 2007, p. 81–97.

BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. **Revista RA'E GA**, Editora UFPR, Curitiba, n. 8, 2004, p. 141-152.

BELTRAME, Ângela da Veiga; **Diagnóstico do Meio Físico de Bacias Hidrográficas: Modelo e Aplicação.** Florianópolis : Editora da UFSC, 1994.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais.** Florianópolis (SC): Ed. da UFSC, v. 3, 2003. p. 877-1436.

BLOOM, A. L. **Superfície da Terra.** São Paulo: Edgard Blücher. 1970.

BOGGIANI, Paulo César, **Análise Estratigráfica da Bacia Corumbá (Neoproterozóico) – Mato Grosso do Sul.** Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar da Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências; São Paulo, 1997.

BOGGIANI, P. C.; et al. Tufas calcárias da serra da Bodoquena. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROS, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Ed). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil.** v. 1, p.249-259, 1999, SIGEP-DNPM-CPRM. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/sitio034/sitio034.pdf>

BOGGIANI, et al. Turismo e conservação de tufas ativas da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul; in: **Tourism and Karst Areas.** Campinas, SeTur/SBE 4(1), p. 55-63, 2011.

BOLÓS, Maria de, Nuevos conceptos en los estudios aplicados de paisaje integrado, In: **Anales de Geografia de la Universidad Complutense**, núm. 7. Ed. Univ. Complutense, 1987.

BOLÓS, M. Antecedentes. In: BOLÓS, M. (org.). **Manual de Ciência Del Paisaje: Teoría, métodos y aplicaciones.** Barcelona: Masson, 1992. p. 03 -11.

BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica. In: GUERRA, Antonio J. Teixeira; SILVA, Antonio. S. da; BOTELHO, Rosângela G. M; (Orgs.) **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações.** Rio Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2005.

CÂMARA, G. Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas: visão atual e perspectivas de evolução. In: ASSAD, E. D. e SANO, E. E. **Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. 1ª ed. Brasília - Embrapa – CPAC, 1993. p. 15-37.

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

CÂMARA et al. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. São José dos Campos: Divisão de Processamento de Imagens: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1996.

CÂMARA, G. et al. Fundamentos Epistemológicos Da Ciência Da Geoinformação, In: CÂMARA, G.; DAVIS, C. e MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE-10506-RPQ/249, 2001a. 125- 140 p.

CÂMARA, G. et al. Álgebra de mapas, In: CÂMARA, G.; DAVIS, C. e MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos. INPE-10506-RPQ/249, 2001b. 221- 240 p.

CÂMARA, G. et al. Técnicas de Inferência Geográfica, In: CÂMARA, G.; DAVIS, C. e MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos. INPE-10506-RPQ/249, 2001c. 241- 288 p.

CÂMARA, G. e MONTEIRO, A. M. V. Cap. 2. Conceitos básicos em ciência da geoinformação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C. e MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos. INPE-10506-RPQ/249, 2001. 7- 41 p.

CÂMARA, G. et al. Análise espacial e geoprocessamento. In: FUCKS S. D.; et al. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. 3ª. edição - on-line, revista e ampliada, São José dos Campos, INPE, 2003. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>

CAMARGO, Luís Henrique Ramos de. **A ruptura do meio ambiente: conhecendo as mudanças ambientais do planeta através de uma nova concepção da ciência: a geografia da complexidade**. 2ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

CAMARGO, Luís Henrique Ramos. Ordenamento territorial e complexidade: por uma reestruturação do espaço social. In: ALMEIDA, Flávio Gomes; SOARES, Luiz Antonio Alves (org.); **Ordenamento Territorial: Coletânea de textos com diferentes abordagens no contexto brasileiro**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 21-60.

CAMARGO, Luís Henrique Ramos de; TEIXEIRA GUERRA, Antonio José. A Geografia da Complexidade: Aplicações das Teorias da Auto-organização ao Espaço Geográfico. In: VITTE, Antonio Carlos (org.). **Contribuições à História e à Epistemologia da Geografia**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 127-162.

CAPRA, Fritjof. **A Teia da Vida**: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. Tradução: Newton Roberval Eicheberg. Ed. 16, São Paulo – Editora Cultrix, 2010.

CAPRA, Fritjof. **O ponto de mutação**: a ciência, a sociedade e a Cultura emergente. Tradução: Alvaro Cabral. Ed. 20, São Paulo – Editora Cultrix, 1997.

CARVALHO JUNIOR, Osmar A; et al. Ambientes Cársticos. In: FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia**: Conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 185-218.

CASSETI, Valter. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2ª Ed. São Paulo: Contexto, 1995.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CLAVAL, Paul. **Epistemologia da Geografia**. Florianópolis: Editora UFSC, 2011.

CORDEIRO, J. P; BARBOSA, C. C. F; CÂMARA, G. **Álgebra de Campos e Objetos**. São José dos Campos, Apostila do curso Análise Espacial de Dados Geográficos, Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. 2007. 26 p.

CORDEIRO, J. P; et.al. Álgebra de campos e objetos. In: FUCKS S. D.; et al. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. 3ª. edição - on-line, revista e ampliada, São José dos Campos, INPE, 2003. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>

CORRÊA, J. A; et al. **Geologia das Regiões Centro e Oeste de Mato Grosso do Sul (Projeto Bodoquena)**. Ministério das Minas e Energia (DNPM), Série Geologia Nº 6, Seção Geologia Básica Nº 3. Brasília. 1979.

COSTA, N. M. C. da; XAVIER DA SILVA, J. Geoprocessamento Aplicado à Criação de Planos de Manejo: O Caso do Parque Estadual da Pedra Branca – RJ, In: XAVIER DA SILVA, J; ZAIDAN, R. T. (orgs.) **Geoprocessamento e Análise Ambiental**: Aplicações. Rio de Janeiro, Editora Bertand Brasil, 2004. p 67 -114.

COSTA, W. M. Ordenamento Territorial e Amazônia: Vinte Anos de Experiências de Zoneamento Ecológico e Econômico. In: BATISTELA, M; MORAN, E. F; ALVES, D. S. (orgs.) **Amazônia**: Natureza e Sociedade em Transformação. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2008. p. 241-275.

CREPANI, E. et al., **Sensoriamento remoto e geoprocessamento Aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos, INPE-8454-RPQ/722. 2001.

CREPANI, E. et al. **Intensidade Pluviométrica: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo**. São José dos Campos, INPE-11237-RPQ/760 2004

CREPANI, E; et al. Zoneamento Ecológico-econômico. In: FLORENZANO, Teresa G. (Org.) **Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo, Oficina de Textos, 2008. p. 285 – 318.

DAVIS, C. e CÂMARA, G., Arquitetura De Sistemas De Informação Geográfica. In: Gilberto Câmara, Clodoveu Davis e Antônio Miguel Vieira Monteiro, **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos. INPE-10506-RPQ/249, 2001. 42- 76 p.

DREW, David. **Processos interativos homem-meio ambiente**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006.

ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL. **GEOPARK BODOQUENA-PANTANAL: Dossiê de candidatura à Rede Global de Geoparks Nacionais sob auspício da Organização das Nações Unidas para Educação, Ciências e Cultura/UNESCO**. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil, 2010.

FELGUEIRAS, Carlos Alberto. Modelagem Ambiental com Tratamento de Incertezas em Sistemas de Informação Geográfica: O Paradigma Geoestatístico por Indicação. **Tese de Doutorado em Computação Aplicada**, Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, São José dos Campos, 1999.

FELGUEIRAS, C. A. e CÂMARA, G. Sistemas de Informações Geográficas do INPE. In: ASSAD, E. D. e SANO, E. E. **Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. 1ª ed. Brasília - Embrapa –CPAC, 1993. p.41-59.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FURTADO. P. P; et al. Vegetação - Estudo Fitográfico In: **Projeto RADAMBRASIL. Folha SF-21 Campo Grande**. Rio de Janeiro: MME, 1982. p. 281-336. (Levantamento de Recursos Naturais, 28).

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. 149-209 p.

GUERRA, A. J. T.. O início do processo erosivo. In: GUERRA, Antonio J. Teixeira; SILVA, Antonio. S. da; e BOTELHO, Rosângela G. M; (Orgs.) **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio Janeiro Editora Bertrand Brasil, 2005. 17-55 p.

HIDROWEB- **Sistema de Informações Hidrológicas**, Série histórica de dados de pluviométricos (on-line); site <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>; acessado em 12 de janeiro de 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Diretoria de Geociências Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente**. IBGE. Manuais Técnicos em Geociências. 2ª edição, Rio de Janeiro, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro: IBGE. Manuais Técnicos em Geociências, 2ª Edição, número 7, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE. Manuais Técnicos em Geociências, 2ª Edição, número 5, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE): **Catálogo de Imagens LANDSAT**; (<http://www.dgi.inpe.br/>).

KARMANN, Ivo; BOGGIANI, Paulo César; SALLUN FILHO, William; Paisagens Cársticas da Serra da Bodoquena (MS), Cap. XXV, In: MANTESSO NETO, Virgínio, *et al.* (orgs.) **Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo, Editora Beca, 2004.

KONECNY, Gottfried. **Geoinformation: Remote sensing, photogrammetry and geographic information systems**. London and New York, Taylor & Francis Group, 2003.

LACERDA FILHO, J. V; et al. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul**. Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. CPRM- Serviço Geológico do Brasil, Campo Grande – MS, 2006.

LANG, Stefan; BLASCHKE, Thomas. **Análise da paisagem com SIG**, tradução Hermann Kux. São Paulo: Oficina de texto. 2009.

LEFF, Enrique. **Epistemologia Ambiental**; 3º Ed. São Paulo: Editora Cortez, 2002.

LEFF, Enrique. **Racionalidade Ambiental**: a reapropriação social da natureza, Tradução: Luís Carlos Cabral; Rio de Janeiro: Editora Civilização Brasileira, 2006.

LEFF, Enrique. **Saber Ambiental**: Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade, Poder. 3º Edição, Petrópolis – RJ: Editora Vozes, 2001.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

MACEDO, E. L. da R., Pedologia – Levantamento Exploratório de Solos In: **Projeto RADAMBRASIL. Folha SF-21 Campo Grande**. Rio de Janeiro: MME, 1982. p. 185-280. (Levantamento de Recursos Naturais, 28).

MARTINS, J. de O. (Coordenador Geral). **Atlas Multirreferencial do Estado de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande, MS. SEPLAN/IBGE, 1990.

MASSONI, Neusa Teresinha. Ilya Prigogine: uma contribuição à Filosofia da Ciência. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, 2308 (2-8) p; 2008.

MATEO, José Manuel; et al. **Geoecologia das Paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental; 2ª Ed. Fortaleza: Edições UFC, 2007.

MELO, Rosângela Maria de; et al. Utilização de Análise Multicriterial na elaboração de mapas de vulnerabilidade do estuário do Rio Formoso/PE. In: **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, INPE. p.6026-6033, 2011.

MENDONÇA, Francisco de Assis, **Geografia e meio Ambiente**; 3ª Ed. São Paulo: Editora Contexto, 1998

MENDONÇA, Francisco de Assis, **Geografia Física: ciência humana?** ; 3ª Ed. São Paulo: Editora Contexto, 2001.

MORIN, Edgard. **Ciência com consciência**. 11ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

MORIN, Edgard. **El Método I: La naturaleza de la naturaleza**. Tradução: Ana Sánchez; 6ª Ed. Espanha: Cátedra, 2001.

MOSS, Michael R., Interdisciplinarity, landscape ecology and the 'Transformation of Agricultural Landscapes'; in: **Landscape Ecology** 15: Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands; p. 303–311, 2000.

NÁPOLES, Carmen Sara. Un acercamiento al tema de la vulnerabilidade social; In: LEMOS, Amália Inês G; ROSS, Jurandir L. Sanches; LUCHIARI, Ailton (org.). **América Latina: sociedade e meio ambiente**; São Paulo: Expressão Popular - Série Por uma geografia Latino-americana. 2008. 139-156 p.

PCBAP – **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai**. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Volumes: I e II, Tomos I e II, Programa Nacional de Meio Ambiente, 1997.

PINTÓ, J. El concepto de paisaje y su aplicación en el planeamiento territorial y ambiental. In: GERAIGES, A. I. & GALVANI E. (org.). **Geografia, tradições e perspectivas: interdisciplinarietà, meio ambiente e representações**. CLACSO. São Paulo, 2009. p.119-139.

PRIGOGINE, Ilya. **O fim das certezas: tempo, caos, e as leis da natureza**. Tradução: Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista - UNESP, 1996.

PRIGOGINE, Ilya. **As leis do caos**. Tradução: Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista - UNESP, 2002a.

PRIGOGINE, Ilya. **Do ser ao devir**. Tradução: Maria Leonor F. R. Loureiro. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista – UNESP; Belém, PA: Editora da Universidade Estadual do Pará, 2002b.

PRUSKI, Fernando F. **Conservação do Solo e Água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa- MG: Editora UFV, 2006.

RECLUS, Élisée. **Do sentimento da natureza nas sociedades modernas**. Organização e tradução: Plínio Augusto Coelho. São Paulo Expressão & arte: Editora Imaginário, 2010.

RECLUS, Élisée. **Da Ação Humana na Geografia Física / Geografia Comparada no Espaço e no Tempo**. Organização e tradução: Plínio Augusto Coelho. São Paulo Expressão & arte: Editora Imaginário, 2010b.

ROBERT MORAES, Antonio Carlos. **A Gênese da Geografia Moderna**; Editora da Universidade de São Paulo, 1989.

ROBERT, Jean. Produção. In: WOLFGANG, Sachs (editor). **Dicionário do desenvolvimento**. Tradutores: Vera Lúcia M. Joscelyne, Susana de Gyalokay e Jaime A. Clasen. Petrópolis, RJ, Vozes, 2000. 267- 283 p.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. **Ecogeografia do Brasil: Subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. Sociedade Industrial e meio ambiente. In: ROSS, Jurandy Luciano Sanches. (Org.) **Geografia do Brasil**. 3ª Ed. São Paulo: Edusp, 2001, p. 211-239.

SAMPAIO LOPES, Eymar Silva. **SPRING Básico: TUTORIAL 10 Aulas - SPRING 5.2 (Versão Windows)**. Revisão: Hilcéa Santos Ferreira. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE, Maio de 2012.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M.; (Orgs.) **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2005.

SÁNCHEZ, R. O. **Zoneamento Agroecológico: Bases para o ordenamento ecológico-Paisagístico do meio rural e florestal**. Cuiabá – MT, Fundação de Pesquisas Cândido Rodon, 1991.

SÁNCHEZ, Roberto O. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Mato Grosso: Ordenamento Ecológico-Paisagístico do meio natural e rural**. Cuiabá – MT, Fundação de Pesquisas Cândido Rodon, 1992.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 2ª ed. São Paulo: Hucitec. 1997.

SBERT, José Maria. Progresso. In: WOLFGANG, Sachs (editor). **Dicionário do desenvolvimento**. Tradutores: Vera Lúcia M. Joscelyne, Susana de Gyalokay e Jaime A. Clasen. Petrópolis, RJ, Vozes, 2000. 59- 83 p.

SHIVA, Vandana. Recursos Naturais. In: WOLFGANG, Sachs (editor). **Dicionário do desenvolvimento**. Tradutores: Vera Lúcia M. Joscelyne, Susana de Gyalokay e Jaime A. Clasen. Petrópolis, RJ, Vozes, 2000. 300- 317 p.

SILVA, ALEXANDRE M.; SCHULZ, HARRY E.; CAMARGO, PLÍNIO B. **Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. 2ª Edição. São Carlos: Editora RIMA, 2007.

SILVA NETO, J. C. A; NUNES, J. O. R. Vulnerabilidade da paisagem à perda de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Salobra-MS. In: **Anais do IX Encontro Nacional da Associação de Pós-graduação em Geografia ENANPEGE**, Goiânia – GO, 2011.

SOUZA, Marcelo Lopes de. **Mudar a Cidade: Uma Introdução Crítica ao Planejamento e à Gestão Urbanos**. 2ª Ed. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, 2003.

SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas. Versão 5.2 para Windows, 32 Bits. Divisão de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE/DPI (Copyright © 1991-2010) URL: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/download.php>

SUERTEGARAY, Dirce; NUNES, João Osvaldo Rodrigues. **A natureza da Geografia Física.** Revista Terra Livre, São Paulo, v. 1, n. 16, 2001.

SUERTEGARAY, Dirce M. A. **Espaço Geográfico Uno e Múltiplo.** In: Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona, Nº 93, 2001.

VALERIANO, M. M. Topodata: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais. Do projeto de Produtividade em Pesquisa “**Modelagem de dados topográficos SRTM**”. CNPq. Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, São José dos Campos, INPE-15318-RPQ/818. 2008a. 75p.

VALERIANO, M. M. Dados Topográficos. In: FLORENZANO, T. G. (org.). **Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais.** São Paulo, Oficina de Textos, 2008b. Cap. 3, p 74 -103.

VALERIANO, M. M; ALBUQUERQUE, P. C. G. Topodata: processamento dos dados SRTM. Do Projeto de Produtividade em Pesquisa CNPq. “**Desenvolvimento de aplicações de dados topográficos SRTM**”. Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, São José dos Campos, INPE-16702-RPQ/854. 2010. 81 p.

VALLEJO, Luiz Renato. Os parques e reservas como instrumentos do ordenamento territorial. In: ALMEIDA, Flávio Gomes; SOARES, Luiz Antonio Alves (org.). **Ordenamento Territorial: Coletânea de textos com diferentes abordagens no contexto brasileiro.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

VITTE, Antonio Carlos. O Desenvolvimento do Conceito de Paisagem e a sua inserção na Geografia Física, **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, ano 06, número 11, 2007.

TAGLIANI, Carlos Roney Armanini. **Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um Sistema Geográfico de Informações.** In: **Anais XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, Belo Horizonte, Brasil, INPE, p. 1657 – 1664; 2003.

THOMAS, Keith; **O homem e o mundo natural: mudança de atitude em relação às plantas e aos animais, 1500-1800.** Tradução: João Roberto Martins Filho; 4ª reimpressão, São Paulo Companhia das Letras, 2001.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TRICART, Jean, **La Tierra viviente**. Madri España, Akal editor, 1981.

TROLL, Carl, El paisaje geografico y su investigacion, In MENDOZA, J.G.; JIMINES, J.M. y CANTERO, N. O. (Orgs) **El pensamiento geográfico. Estudio interpretativo y antologia de textos (de Humboldt a las tendências radicales)**. Madrid: Alianza Editorial, 1982.

WISCHMEIR, W.H. & SMITH, D. D.; **Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning**. USDA Handbook n°537, Washington, 1978.

ANEXOS

ANEXO 1: PONDERAÇÃO INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA 1979

```

{
//declaracoes
Tematico intens1979 ("intens_pluv_1979");
Tabela tabintens (Ponderacao);
MNT pondint1979 ("pond_intens_1979");

//instanciacoas
intens1979 = Recuperar( Nome = "intens_pluv_1979" );
tabintens = Novo( CategoriaIni = "intens_pluv_1979",
    "425_450" : 0.80,
    "450_475" : 0.85,
    "475_500" : 0.90,
    "500_525" : 0.95,
    "525_550" : 1.00,
    "550_575" : 1.00,
    "575_600" : 1.00,
    "600_625" : 1.00,
    "625_1000" : 1.00 );
pondint1979 = Novo( Nome = "intens_pluv_1979" , ResX = 30 ,
ResY = 30 , Escala = 60000 );

//operacoes
pondint1979= Pondere ( intens1979 , tabintens );
}

```

ANEXO 2: PONDERAÇÃO INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA 2009

```

{
//declaracoes
Tematico intens2009 ("intens_pluv_2009");
Tabela tabintens (Ponderacao);
MNT pondint2009 ("pond_intens_2009");

//instanciacoas
intens2009 = Recuperar( Nome = "intens_pluv_2009" );
tabintens = Novo( CategoriaIni = "intens_pluv_2009",
    "525_550" : 1.00,
    "550_575" : 1.00,
    "575_600" : 1.00,
    "600_625" : 1.00 );
pondint2009 = Novo( Nome = "intens_pluv_2009" , ResX = 30 ,
ResY = 30 , Escala = 60000 );

//operacoes
pondint2009= Pondere ( intens2009 , tabintens );
}

```

ANEXO 3: PONDERAÇÃO SOLOS

```

{
//declaracoes
Tematico solos ("solos_salobra");
MNT pond ("pond_solos");
Tabela tabsolos (Ponderacao);
//instanciacoões
solos = Recuperar( Nome = "solos_salobra" );
pond = Novo( Nome = "solos_ponderado" , ResX = 30 , ResY =
30 , Escala = 60000);
tabsolos = Novo( CategoriaIni = "solos_salobra",
"nitossolos" : 0.4,
"cherno_rendz" : 1.00,
"plano_natrico" : 0.4,
"luvissolos" : 0.4,
"plano_hidromor" : 0.4,
"cherno_argiluvico" : 0.4,
"vertissolos" : 0.4,
"gleissolos" : 1.00,
"neo_litolico" : 1.00,
"neo_regolitico" : 1.00 );
//operacoes
pond = Pondere ( solos , tabsolos );
}

```

ANEXO 4: PONDERAÇÃO LITOLOGIAS

```

{
//declaracoes
Tematico geolo("geologia_salobra");
Tabela tabgeol (Ponderacao);
MNT pondgeol ("pond_litologia");

//instaciacoões
geolo = Recuperar( Nome = "geologia_salobra" );
pondgeol = Novo( Nome = "litologia_ponderado" , ResX = 30,
ResY = 30 , Escala = 60000 );
tabgeol = Novo( CategoriaIni = "geologia_salobra",
"Q1p2" : 1.00,
"Q1p1" : 1.00,
"NPbo_c_d" : 0.05,
"NPbo" : 0.05,
"NP3ce_c" : 0.8,
"NP3ce_d" : 0.8,
"NPpu" : 0.5,
"NPcum" : 0.5,
"NPcufl" : 0.6,
"NPcuxt" : 0.6 );
//operacoes
pondgeol = Pondere (geolo , tabgeol);
}

```

ANEXO 5: PONDERAÇÃO FORMAS DO TERRENO

```

{
//declaracoes
Tematico form ("topodata_form_relevo");
Tabela tabform (Ponderacao);
MNT formpond ("pond_forma_terreno");
//instanciacoas
form = Recuperar( Nome = "topodata_form_relevo" );
tabform = Novo( CategoriaIni = "topodata_form_relevo",
    "1- cc_cg" : 1.00,
    "2- rt_cg" : 0.85,
    "3- cv_cg" : 0.75,
    "4- cc_pl" : 0.60,
    "5- rt_pl" : 0.50,
    "6- cv_pl" : 0.40,
    "7- cc_dg" : 0.30,
    "8- rt_dg" : 0.20,
    "9- cv_dg" : 0.00 );
formpond = Novo( Nome = "forma_terreno" , ResX = 30 , ResY =
30 , Escala = 60000);
//operacoes
formpond = Pondere ( form , tabform );
}

```

ANEXO 6: PONDERAÇÃO DECLIVIDADE

```

{
//Declaracoes
Tematico decl ("topodata_declividade");
MNT declpond ("pond_declividade");
Tabela tabdecl (Ponderacao);

//Instanciacoas
decl = Recuperar( Nome = "declividade_1" );
declpond = Novo( Nome = "decliv" , ResX = 30 , ResY = 30 ,
Escala = 60000 );
tabdecl = Novo( CategoriaIni = "topodata_declividade",
    "1 - 0_3" : 0.05,
    "2 - 3_8" : 0.20,
    "3 - 8_20" : 0.60,
    "4 - 20_45" : 0.80,
    "5 - >45" : 1.00);

//Operacoes
declpond= Pondere ( decl , tabdecl );
}

```

ANEXO 7: PONDERAÇÃO HIPSOMETRIA

```

{
//Declaracoes
Tematico hipso ("topodata_hipso");
MNT hipsopond ("pond_hipso");
Tabela tabalt (Ponderacao);

//Instaciacoes
hipso = Recuperere( Nome = "hipsometria" );
tabalt = Novo( CategoriaIni = "topodata_hipso",
              "95_240" : 0.33,
              "240_390" : 0.46,
              "390_490" : 0.60,
              "490_590" : 0.80,
              "590_838" : 1.00 );
hipsopond = Novo( Nome = "hipsometria_pond" , ResX = 30 , ResY =
30 , Escala = 60000 );

//Operacoes
hipsopond= Pondere ( hipso , tabalt );
}

```

ANEXO 8: PONDERAÇÃO CLASSIFICAÇÃO 1979

```

{
//declaracoes
Tematico class1979 ("classificacao_1979");
Tabela tabclass (Ponderacao);
MNT pond1979 ("pond_uso_1979");

//instanciacoes
class1979 = Recuperere( Nome = "classificacao_1979" );
tabclass = Novo( CategoriaIni = "classificacao_1979",
                "mata" : 0.20,
                "areas_umidas" : 0.00,
                "pastagem" : 0.75,
                "plantação" : 0.85,
                "solo_exposto" : 1.00 );
pond1979 = Novo( Nome = "uso1979_ponderado" , ResX = 30 ,
ResY = 30 , Escala = 60000 );

//operacoes
pond1979= Pondere ( class1979 , tabclass );
}

```

ANEXO 9: PONDERAÇÃO CLASSIFICAÇÃO 2009

```

{
//declaracoes
Tematico class2009 ("classificacao_seg_2009");
Tabela tabclass (Ponderacao);
MNT pond2009 ("pond_uso_2009");

//instanciacoas
class2009 = Recuperar( Nome = "classificacao_seg_2009" );
tabclass = Novo( CategoriaIni = "classificacao_seg_2009",
    "mata" : 0.20,
    "areas_umidas" : 0.00,
    "pastagem" : 0.75,
    "lavoura_permanente" : 0.85,
    "lavoura_sazonal" : 0.85,
    "solo_exposto" : 1.00 );
pond2009 = Novo( Nome = "uso2009_ponderado" , ResX = 30 ,
ResY = 30 , Escala = 60000 );

//operacoes
pond2009= Pondere ( class2009 , tabclass );
}

```

ANEXO 10: PONDERAÇÃO ZONEAMENTO AMBIENTAL

```

{
//declaracoes
Tematico zone ("zoneamento_ambiental");
MNT pondzone ("pond_zoneamento");
Tabela tab (Ponderacao);

//instanciacoas
zone = Recuperar( Nome = "zoneamento_ambiental_5" );
pondzone = Novo( Nome = "zoneamento" , ResX = 30 , ResY = 30
, Escala = 60000);
tab = Novo( CategoriaIni = "zoneamento_ambiental",
    "expansao" : 0,
    "consolidacao" : 0.20,
    "consolidacao_conservacao" :0.40,
    "conservacao" : 0.60,
    "preservacao_priori" :0.80,
    "preservacao_recuperacao" : 1.00 );
//operacoes
pondzone = Pondere ( zone , tab );
}

```

ANEXO 11: PONDERAÇÃO INCOMPATIBILIDADE NATURAL

```

{
//declaracoes
Tematico incomp ("incompatibilidade_natural");
MNT pond ("pond_incomp_nat_uso");
Tabela tab (Ponderacao);

//instanciacoas
incomp = Recuperar( Nome = "incomp_uso_vuln" );
pond = Novo( Nome = "incomp_nat" , ResX = 30 , ResY = 30 ,
Escala = 60000 );
tab = Novo( CategoriaIni = "incompatibilidade_natural",
"compativel" : 0.0,
"incompativel" : 1.0 );
//operacoes
pond= Pondere ( incomp , tab );
}

```

ANEXO 12: PONDERAÇÃO ANÁLISE TEMPORAL

```

//declaracoes
Tematico temp ("analise_temporal_uso");
MNT pond ("pond_temporal_uso");
Tabela tab (Ponderacao);

//instanciacoas
temp = Recuperar( Nome = "temporal_uso_2009_1979" );
pond = Novo( Nome = "analise_temporal" , ResX = 30 , ResY =
30 , Escala = 60000 );
tab = Novo( CategoriaIni = "analise_temporal_uso",
"area_preservada" : 0.25,
"area_reflorestada" : 0.50,
"area_agricola" : 0.75,
"area_desmatada" : 1.00 );

//operacoes
pond= Pondere ( temp , tab );
}

```

ANEXO 13: PROGRAMAÇÃO EM LEGAL UTILIZANDO SUPORTE DE DECISÃO AHP PARA GERAÇÃO DO PLANO DE INFORMAÇÕES DE VULNERABILIDADE DO RELEVO

```

{
// Pesos a ser aplicados
// pond_declividade = 0.726
// pond_forma_terreno = 0.172
// pond_hipso = 0.102

// Razao de consistência
// CR = 0.025

// Programa em LEGAL
// Este programa deve ser completado
// pelo usuario para incluir os dados
// apresentados entre os sinais de <>

// Definicao dos dados de entrada

Numerico var1 ("pond_declividade");
Numerico var2 ("pond_forma_terreno");
Numerico var3 ("pond_hipso");

/// Definicao do dado de saida

Numerico var4 ("pond_geomorfo");

// Recuperacao dos dados de entrada

var1 = Recupere (Nome="decliv");
var2 = Recupere (Nome="forma_terreno");
var3 = Recupere (Nome="hipsometria_pond");

// Criacao do dado de saida

var4 = Novo (Nome="geomorfo4", ResX=30, ResY=30,
Escala=60000,
Min=0, Max=1);

// Geracao da media ponderada

var4 = 0.726*var1 + 0.172*var2+ 0.102*var3;
}

```

ANEXO 14: PROGRAMAÇÃO EM LEGAL PARA GERAÇÃO DO PLANO DE INFORMAÇÕES ANÁLISE TEMPORAL DE USO DA TERRA ENTRE 1979 E 2009.

```

{
//declaracoes
Tematico usoini ("classificacao_1979");
Tematico usofim ("classificacao_seg_2009");
Tematico temporal ("analise_temporal_uso");

//instaciacoes
usoini = Recuperar( Nome = "classificacao_1979" );
usofim = Recuperar( Nome = "classificacao_seg_2009" );
temporal = Novo( Nome = "comparacao_uso", ResX = 30 , ResY =
30 , Escala = 60000 );
//operacoes
temporal= Atribua ( CategoriaFim = "analise_temporal_uso" )
{
    "area_preservada" : ((usoini == "mata" || usoini ==
"areas_umidas") && (usofim==
"mata" || usofim=="areas_umidas")),
    "area_reflorestada" : ((usoini == "pastagem" || usoini
== "solo_exposto" || usoini == "plantação") && (usofim==
"mata" || usofim=="areas_umidas")),
    "area_agricola" : ((usoini == "pastagem" || usoini ==
"solo_exposto" || usoini == "plantação") && (usofim==
"pastagem" || usofim== "solo_exposto" || usofim==
"lavoura_permanente" || usofim== "lavoura_sazonal")),
    "area_desmatada" : ((usoini == "mata" || usoini ==
"areas_umidas") && (usofim== "pastagem" || usofim==
"solo_exposto" || usofim== "lavoura_permanente" || usofim==
"lavoura_sazonal"))
};
}

```

ANEXO 15: PROGRAMAÇÃO EM LEGAL PARA GERAÇÃO DO PLANO DE INFORMAÇÕES DE INCOMPATIBILIDADE NATURAL ENTRE USO DA TERRA E VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DE SOLOS.

```

{
//declaracoes
Tematico uso ("classificacao_seg_2009");
Tematico vulnat ("vulnerabilidade_natu");
Tematico incomp ("incompatibilidade_natural");
//instanciacoes
uso = Recuperar( Nome = "classificacao_seg_2009" );
vulnat = Recuperar( Nome = "vulnerabilidade_natu5_2009" );
incomp = Novo( Nome = "incomp_uso_vuln", ResX = 30, ResY =
30 , Escala = 60000 );

//operacoes
incomp= Atribua ( CategoriaFim = "incompatibilidade_natural"
)
{
    "compativel" : ((uso == "floresta"|| uso ==
"areas_umidas"|| uso == "pastagem"|| uso == "cultura"|| uso
== "cultura_2") && (vulnat == "muito_fraca"||vulnat
=="fraca")),
    "compativel" : (uso == "solo_exposto" && vulnat ==
"muito_fraca"),
    "compativel" : ((uso == "floresta"|| uso ==
"areas_umidas"|| uso == "pastagem") && vulnat == "moderada"),
    "compativel" : ((uso == "floresta"|| uso ==
"areas_umidas") && (vulnat == "forte"||vulnat
=="muito_forte")),
    "incompativel" : ((uso == "solo_exposto"|| uso ==
"cultura"|| uso == "cultura_2") && vulnat == "moderada"),
    "incompativel" : ((uso == "solo_exposto"|| uso ==
"pastagem"|| uso == "cultura"|| uso == "cultura_2") &&
(vulnat == "forte"||vulnat=="muito_forte"))
};
}

```

ANEXO 16: PROGRAMAÇÃO EM LEGAL PARA GERAÇÃO DO PLANO DE INFORMAÇÕES DE FORMAS DO TERRENO.

```

{
//Declaracoes
Tematico vert ("topodata_Curv_vert");
Tematico horiz ("topodata_Curv_horiz");
Tematico forma ("topodata_form_relevo");

//Instanciacoes
vert = Recuperere( Nome = "curv_vert_1" );
horiz = Recuperere( Nome = "curv_hor_1" );
forma = Novo( Nome = "forma_relevo", ResX = 30 , ResY = 30 ,
Escala = 60000 );

//Operacoes

    forma = Atribua ( CategoriaFim = "topodata_form_relevo"){
        "cc_cg" : ((vert == "concavo_1" || vert ==
"concavo_2") && horiz == "convergente_1" || horiz ==
"convergente_2"),
        "rt_cg" : (vert == "retilinea" && (horiz ==
"convergente_1" || horiz == "convergente_2")),
        "cv_cg" : ((vert == "convexo_1" || vert ==
"convexo_2") && horiz == "convergente_1" || horiz ==
"convergente_2"),
        "cc_pl" : ((vert == "concavo_1" || vert ==
"concavo_2") && horiz == "planar"),
        "rt_pl" : (vert == "retilinea" && horiz == "planar"),
        "cv_pl" : ((vert == "convexo_1" || vert ==
"convexo_2") && horiz == "planar"),
        "cc_dg" : ((vert == "concavo_1" || vert ==
"concavo_2") && horiz == "divergente_1" || horiz ==
"divergente_2"),
        "rt_dg" : (vert == "retilinea" && (horiz ==
"divergente_1" || horiz == "divergente_2")),
        "cv_dg" : ((vert == "convexo_1" || vert ==
"convexo_2") && horiz == "divergente_1" || horiz ==
"divergente_2")
    };
}

```

ANEXO 17: PROGRAMAÇÃO EM LEGAL PARA GERAÇÃO DO PLANO DE INFORMAÇÕES DE INCOMPATIBILIDADE LEGAL ENTRE USO DA TERRA E APP' s.

```

{
//Declaracoes

Tematico uso ("uso_2009_recl");
Tematico apps ("apps");
Tematico incomp ("incomp_uso2009");

//Instanciacoes

    uso = Recuperere( Nome = "mapa_uso");
    apps = Recuperere( Nome = "mapa_apps" );
    incomp = Novo( Nome = "mapa_incomp", ResX = 30 , ResY = 30 ,
Escala = 60000 );

//Operacoes

incomp= Atribua ( CategoriaFim = "incomp_uso2009" ) {
    "compativel" : ((uso == "sem_uso" || uso ==
"uso_agric") && apps == "sem_restricao"),
    "incompativel" : (uso == "uso_agric" && apps ==
"com_restricao")
};
}

```

ANEXO 18: PROGRAMAÇÃO EM LEGAL UTILIZANDO SUPORTE DE DECISÃO AHP PARA GERAÇÃO DO PLANO DE INFORMAÇÕES DE VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DE SOLOS EM 2009.

```

{
// Pesos a ser aplicados
// pond_geomorfo = 0.385
// pond_intens_2009 = 0.087
// pond_litologia = 0.143
// pond_solos = 0.385

// Razao de consistência
// CR = 0.008

// Programa em LEGAL
// Este programa deve ser completado
// pelo usuario para incluir os dados
// apresentados entre os sinais de <>

// Definicao dos dados de entrada

Numerico var1 ("pond_geomorfo");
Numerico var2 ("pond_intens_2009");
Numerico var3 ("pond_litologia");
Numerico var4 ("pond_solos");

// Definicao do dado de saida

Numerico var5 ("vulnerabilidade_nat");

// Recuperacao dos dados de entrada

var1 = Recupere (Nome="geomorfo4");
var2 = Recupere (Nome="intens_pluv_2009");
var3 = Recupere (Nome="litologia_ponderado");
var4 = Recupere (Nome="solos_ponderado");

// Criacao do dado de saida

var5 = Novo (Nome="vulnerabilidade_nat5_2009", ResX=30,
ResY=30, Escala=60000,
Min=0, Max=1);

// Geracao da media ponderada

var5 = 0.385*var1 + 0.087*var2+ 0.143*var3+ 0.385*var4;
}

```

ANEXO 19: PROGRAMAÇÃO EM LEGAL UTILIZANDO SUPORTE DE DECISÃO AHP PARA GERAÇÃO DO PLANO DE INFORMAÇÕES DE VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DE SOLOS EM 1979.

```

{
// Pesos a ser aplicados
// pond_geomorfo = 0.385
// pond_intens_1979 = 0.087
// pond_litologia = 0.143
// pond_solos = 0.385

// Razao de consistência
// CR = 0.008

// Programa em LEGAL
// Este programa deve ser completado
// pelo usuario para incluir os dados
// apresentados entre os sinais de <>

// Definicao dos dados de entrada

Numerico var1 ("pond_geomorfo");
Numerico var2 ("pond_intens_1979");
Numerico var3 ("pond_litologia");
Numerico var4 ("pond_solos");

// Definicao do dado de saida

Numerico var5 ("vulnerabilidade_nat");

// Recuperacao dos dados de entrada

var1 = Recupere (Nome="geomorfo4");
var2 = Recupere (Nome="intens_pluv_1979");
var3 = Recupere (Nome="litologia_ponderado");
var4 = Recupere (Nome="solos_ponderado");

// Criacao do dado de saida

var5 = Novo (Nome="vulnerabilidade_nat5_1979", ResX=30,
ResY=30, Escala=60000,
Min=0, Max=1);

// Geracao da media ponderada

var5 = 0.385*var1 + 0.087*var2+ 0.143*var3+ 0.385*var4;
}

```

ANEXO 20: PROGRAMAÇÃO EM LEGAL UTILIZANDO SUPORTE DE DECISÃO AHP PARA GERAÇÃO DO PLANO DE INFORMAÇÕES DE VULNERABILIDADE DA PAISAGEM À PERDA DE SOLOS EM 1979.

```

{
// Pesos a ser aplicados
// pond_uso_1979 = 0.333
// vulnerabilidade_nat = 0.667

// Razao de consistência
// CR = 0.001

// Programa em LEGAL
// Este programa deve ser completado
// pelo usuario para incluir os dados
// apresentados entre os sinais de <>

// Definicao dos dados de entrada

Numerico var1 ("pond_uso_1979");
Numerico var2 ("vulnerabilidade_nat");

// Definicao do dado de saida

Numerico var3 ("vulnerabilidade_1979");

// Recuperacao dos dados de entrada

var1 = Recupere (Nome="uso1979_ponderado");
var2 = Recupere (Nome="vulnerabilidade_nat5_1979");

// Criacao do dado de saida

var3 = Novo (Nome="vulnerabilidade_1979_2", ResX=30,
ResY=30, Escala=60000,
Min=0, Max=1);

// Geracao da media ponderada

var3 = 0.333*var1 + 0.667*var2;
}

```

ANEXO 21: PROGRAMAÇÃO EM LEGAL UTILIZANDO SUPORTE DE DECISÃO AHP PARA GERAÇÃO DO PLANO DE INFORMAÇÕES DE VULNERABILIDADE DA PAISAGEM À PERDA DE SOLOS EM 2009.

```

{
// Pesos a ser aplicados
// pond_uso_2009 = 0.333
// vulnerabilidade_nat = 0.667

// Razao de consistência
// CR = 0.001

// Programa em LEGAL
// Este programa deve ser completado
// pelo usuario para incluir os dados
// apresentados entre os sinais de <>

// Definicao dos dados de entrada

Numerico var1 ("pond_uso_2009");
Numerico var2 ("vulnerabilidade_nat");

// Definicao do dado de saida

Numerico var3 ("vulnerabilidade_2009");

// Recuperacao dos dados de entrada

var1 = Recupere (Nome="uso2009_ponderado");
var2 = Recupere (Nome="vulnerabilidade_nat5_2009");

// Criacao do dado de saida

var3 = Novo (Nome="vulnerabilidade_2009_4", ResX=30,
ResY=30, Escala=60000,
Min=0, Max=1);

// Geracao da media ponderada

var3 = 0.333*var1 + 0.667*var2;
}

```

ANEXO 22: PROGRAMAÇÃO EM LEGAL PARA GERAÇÃO DO PLANO DE INFORMAÇÕES DE ZONEAMENTO AMBIENTAL

```

{
//declaracoes
Tematico zonas ("zonas");
Tematico apps ("apps");
Tematico hipso ("topodata_hipso");
Tematico incomp ("app_incompatibilidade_legal");
Tematico zoneamento ("zoneamento_ambiental");
//instanciacoas
zonas = Recuperar( Nome = "zonas" );
apps = Recuperar( Nome = "app" );
hipso = Recuperar( Nome = "hipso_2" );
incomp = Recuperar( Nome = "app_incompatibilidade" );
zoneamento = Novo( Nome = "zoneamento_ambiental_7", ResX =
30 , ResY = 30 , Escala = 60000 );

//operacoes
zoneamento= Atribua ( CategoriaFim = "zoneamento_ambiental"
)
{
    "expansao" : zonas== "expansao",
    "consolidacao" : zonas== "consolidacao" || (zonas==
"consolidacao_conservacao" && hipso == "95_200"),
    "consolidacao_conservacao" : zonas==
"consolidacao_conservacao",
    "conservacao" : zonas== "conservacao" ,
    "preservacao_priori" : (apps== "apps" && zonas==
"expansao" || zonas== "consolidacao" || zonas==
"consolidacao_conservacao" || zonas== "conservacao" ),
    "preservacao_priori" : (apps== "apps" || zonas==
"preservacao_priori"),
    "preservacao_recuperacao" : (zonas==
"preservacao_recuperacao" || incomp== "incompativel")
};
}

```