UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

EM MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA TERRA E DO AMBIENTE – PPGM

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL À PERDA DE SOLO NO MUNICÍPIO DE JEREMOABO (BA)

ALINE SOUZA ALMEIDA

FEIRA DE SANTANA - BAHIA
MARÇO DE 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

EM MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA TERRA E DO AMBIENTE – PPGM

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL À PERDA DE SOLO NO MUNICÍPIO DE JEREMOABO (BA)

ALINE SOUZA ALMEIDA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Drª. Joselisa Maria Chaves
Co – Orientadora: Drª. Rosangela Leal Santos

FEIRA DE SANTANA - BAHIA
MARÇO DE 2011

ALINE SOUZA ALMEIDA

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL À PERDA DE SOLO NO MUNICÍPIO DE JEREMOABO (BA)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Data de aprovação: 29 de março de 2011

BANCA EXAMINADORA:

_____

Drª. Joselisa Maria Chaves (UEFS) – Orientadora

_____

Drª. Diana Sarita Hamburger (UF- ABC) – Examinadora Externa

_____

Dr. Thomas Vincent Gloaguen (UFRB) - Examinador Externo

.

Autorizo a divulgação total ou parcial desse trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte

Ficha catalográfica: Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

Almeida, Aline Souza

A444a Avaliação da vulnerabilidade ambiental à perda de solo no município de Jeremoabo (BA) / Aline Souza Almeida. - Feira de Santana - Bahia, 2011.

180 f. : il.

Orientadora: Joselisa Maria Chaves
Co-Orientadora: Rosangela Leal Santos

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais)– Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Exatas, Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, 2011.

1. Desertificação – Jeremoabo, BA. 2. Vulnerabilidade ambiental. 3. Sensoriamento remoto. 4. Sistema de informação geográfica. I. Chaves, Joselisa Maria. II. Santos, Rosangela Leal. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Departamento de Exatas. V. Título.

CDU: 631.458

"Não existe qualquer tarefa que não garanta problemas e obstáculos.

Eles existem, mas somente aqueles que persistirem

bravamente irão atingir seus objetivos."

Autor desconhecido

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a Universidade Estadual de Feira de Santana, que me proporcionou construir uma base teórica fortificada e também pela possibilidade de cursar este programa de mestrado.

A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao PPGM pelo auxílio às viagens de campo, que sem elas seria impossível à construção dessa dissertação.

Um muito obrigado a minha orientadora, professora Joselisa Chaves, que me acompanha desde a iniciação cientifica (2006), e que nas horas necessárias está sempre presente, me incentivando.

Agradeço imensamente a minha co-orientadora Rosangela Leal Santos, pelo acompanhamento às viagens de campo e por muitas vezes ter sido meu porto seguro.

Aos ex-funcionários do PPGM: Tiago – que sempre foi solícito; Juciane pela amizade, auxílio e resenhas nas pausas para o descanso; e também a Eurico.

Muitíssimo obrigado ao amigo Filipe, que sempre, sempre esteve presente quando eu mais precisava. Ao inesquecível amigo Beto, por compartilhar comigo dúvidas e experiências. A Daniela, pelas trocas de idéias.

Aos “amigos PPGM” – Angelo, Liliam, Leilton, Rogério, Jefersson, Lúcio, Liamara, Danusa e um obrigado especial a Ana Isabel, pela imensa e inquestionável ajuda, que sem você este trabalho não seria o mesmo. Enfim, obrigada a todos pela criação e fortalecimento de conhecimentos nas discussões em sala.

Aos professores João Henrique e Oriana Silva pelo auxílio e indicações.
Ao professor Edson Sano pelo auxílio na tradução do resumo.

Aos professores com quem tive aulas, pois muitos foram sustentáculos na construção dessa dissertação.

Aos colegas e amigos que acompanharam os períodos de angustia durante a construção dessa dissertação, e que sempre me deram forças para continuar trilhando meu caminho.

Ao grupo solos, do Projeto Mandacaru, Jobabe, Tayse, Leônidas, Ramon, Murilo, Vando, Marquinhos e Elizângela, pois as viagens de campo não seriam as mesmas sem vocês. E um obrigada especial a Jobabe, por de alguma forma, ter contribuído para o termino deste trabalho.

Enfim, um muito obrigado à família UEFS, por estar sempre presente tanto nos momentos de dificuldades quanto nas alegrias.

RESUMO

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL À PERDA DE SOLO NO MUNICÍPIO DE JEREMOABO (BA)

O município de Jeremoabo situa-se na região semi-árida da Bahia. Devido a características intrínsecas do ambiente e ao mau uso do solo, a degradação ambiental vem se acelerando nesse município, configurando-se em área potencial para desenvolvimento de processos de desertificação. O objetivo desse trabalho é analisar as variáveis naturais e antrópicas de forma integrada para gerar a carta de vulnerabilidade ambiental à perda de solo do município. Dados primários, referentes ao mapa de uso e cobertura do solo, produzido a partir do processamento digital de imagem de satélite, e o mapa de vulnerabilidade para o tema Geomorfologia, resultante do processamento do modelo digital de terreno, foram integrados com os dados secundários, obtidos dos mapas disponíveis de geologia, solos e clima. A modelagem dos dados foi realizada a partir de uma adaptação da metodologia proposta por Crepani e com auxílio de técnicas de sensoriamento remoto e de sistema de informação geográfica. Para cada variável e atributos analisados, foi inserido um valor de vulnerabilidade por meio de técnica de reclassificação de mapas. Ao fim desta etapa, seguiu-se a álgebra de mapas, onde foi obtida a carta de vulnerabilidade ambiental à perda de solo. Foi possível identificar áreas com diferentes graus de degradação e, consequentemente, com diferentes graus de susceptibilidade ao processo de desertificação.

Palavras-chave: Vulnerabilidade Ambiental, Jeremoabo, Desertificação.

ABSTRACT

EVALUATION OF ENVIRONMENTAL VULNERABILITY TO SOIL LOSS IN THE JEREMOABO MUNICIPALITY, BAHIA STATE

The municipality of Jeremoabo is located in the semiarid region of Bahia State. Because of both natural, environmental characteristics and unsustainable land use, this municipality is facing an accelerated environmental degradation. Consequently, it presents high potential for development of desertification processes. The objective of this study was to analyze the natural and anthropogenic variables in a integrated way to generate the municipality´s map of environmental vulnerability to the soil loss. Primary data regarding land use and land cover map, produced from satellite image processing, and map of vulnerability to the Geomorphology, produced from digital elevation model, were integrated with secondary data which were obtained from available maps of geology, soils, and climate. Data modeling was conducted based on an adapted methodology proposed by Crepani and on support from remote Sensing and geographical information system. For each attribute of each variable, it was defined a value of vulnerability by using map reclassifying techniques. Next, the map of environmental vulnerability was obtained through the algebra maps. It was possible to identify areas with different degrees of degradation and, consequently, areas with different degrees of susceptibility to the process of desertification.

Keywords: Environmental Vulnerability, Jeremoabo, Desertification.

SUMÁRIO

Agradecimentos---------- *vi*
Resumo---------- *viii*
Abstract---------- *ix*
Sumário---------- *x*
Lista de Quadros---------- *xv*
Lista de Figuras---------- *xvi*
Lista de Gráficos---------- *xviii*
Lista de Siglas---------- *Xix*

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO---------- 20
1.2 OBJETIVOS---------- 23
1.2.1 Objetivo Geral---------- 23
1.2.2 Objetivo Específico---------- 23
1.3 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS---------- 24
1.4 MATERIAIS UTILIZADOS NA PESQUISA ---------- 27

CAPÍTULO 2

REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL DA PESQUISA

2.1 **INTRODUÇÃO**---------- 29
2.2 ***VARIÁVEIS AMBIENTAIS DO MUNICÍPIO DE JEREMOABO* – BA: UMA *ANÁLISE PAUTADA NOS ESTUDOS INTEGRADOS DA PAISAGEM***---------- 30
***2.2.1 Pressupostos Teóricos Sobre o Processo de* Desertificação**---- 30
2.2.1.1 Desertificação no Brasil---------- 35
2.2.2 Paisagem, Sistema e Geossistema: Pressupostos para uma Análise Integrada---------- 38
2.3 **AS GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE AMBIENTAL: O SENSORIAMENTO REMOTO E O PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM NA CONFECÇÃO DA CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DO**

SOLO NO MUNICÍPIO DE JEREMOABO-BA---------- 47
2.3.1 Um Olhar Teórico Sobre o Sensoriamento Remoto---------- 47
2.3.1.1 O Sensor Tm (Thematic Mapper) do Landsat 5---------- 49
2.3.1.2 O Processamento Digital de Imagem na Análise Ambiental---- 51
2.4 **AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL À PERDA DE SOLO NO MUNICÍPIO DE JEREMOABO-BA**---------- 54
2.4.1 Conceituando Vulnerabilidade Ambiental---------- 55
2.4.1.1 Pressupostos Teórico-Metodológicos Sobre Vulnerabilidade Ambiental ---------- 58
2.4.1.1.1 Valores de vulnerabilidade para a Geologia ---------- 59
2.4.1.1.2 Valores de vulnerabilidade para a Geomorfologia------ 59
2.4.1.1.3 Valores de vulnerabilidade para o Solo ---------- 59
2.4.1.1.4 Valores de vulnerabilidade para o Uso do Solo--------- 60
2.4.1.1.5 Valores de vulnerabilidade para o Clima ---------- 60
2.4.2 Sistema de Informação Geográfica, Modelos e Modelagem: Pressupostos Teóricos Para Uma Integração de Dados Ambientais- 61
2.4.2.1 O Sistema de Informação Geográfica (SIG) e sua Importância para a Análise Ambiental---------- 61
2.4.2.2 Modelagem e Modelos em Sistemas Ambientais---------- 65

CAPÍTULO 3

ÁREA DE ESTUDO: AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS DO MUNICÍPIO DE JEREMOABO – BA

3.1 **INTRODUÇÃO**---------- 70
3.2 **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**---------- 72
3.3 **LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO** ---------- 73
3.3.1 Caracterização Geológica---------- 74
3.3.1.1 Cenozóico **-** *Formações Superficiais* ---------- 76
3.3.1.2 Mesozóico **-** *Formação Marizal* ---------- 76
3.3.1.3 Grupo Massacará - *Formação Poço Verde*---------- 76
3.3.1.*3.1 Formação São Sebastião*---------- 76
3.3.1.*3.2 Grupo Ilhas*---------- 76
3.3.1.4 Grupo Santo Amaro - *Formação Candeias* ---------- 76
3.3.1.5 Grupo Brotas - *Formação Sergi* ---------- 77
3.3.1.*5.1 Formação Aliança*---------- 77
3.3.1.6 Paleozóico - *Formação Juá* ---------- 77
3.3.1.7 Neoproterozóico - *Suíte Intrusiva Itaporanga* ---------- 77
3.3.1.*7.1 Grupo Macururé*---------- 77
3.3.1.8 Mesoproterozóico - *Complexo Marancó* ---------- 77
3.3.2 Aspectos Geomorfológicos ---------- 78

3.3.3 Estrutura Pedológica---------- 82
3.3.3.1 Argissolo Vermelho-Amarelos Eutróficos (PVAe)---------- 84
3.3.3.2 Latossolo - Vermelho-Amarelo Distróficos (LVAd)--------- 84
3.3.3.3 Luvissolo Crômico Ortico (TCo)---------- 85
3.3.3.4 Neossolos Quartzarênicos (RQ) e Litólicos (Distróficos – RLd e Eutrófico – RLe)---------- 85
3.3.3.5 Planossolo Háplico Eutrófico (SXen)---------- 86
3.3.3.6 Vertissolo (V)---------- 86
3.3.4 Cobertura Vegetal---------- 88
3.3.4.1 Prosopis Juliflora: a Algaroba em Jeremoabo ---------- 91
3.3.5 Recursos Hídricos ---------- 92
3.3.6 Caracterização Climática---------- 95
3.4 **ANÁLISE AMBIENTAL DA PAISAGEM DE JEREMOABO**---------- 99

CAPÍTULO 4

AS GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE AMBIENTAL: O SENSORIAMENTO REMOTO E O PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM NA CONFECÇÃO DA CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE JEREMOABO-BA

Resumo---------- 107
4.1 INTRODUÇÃO---------- 107
4.2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO---------- 109
4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS---------- 110
4.3.1Técnicas de Processamento Digital de Imagem Utilizadas na Pesquisa---------- 111
4.3.1.1 Correção Geométrica – Registro---------- 112
4.3.1.2 Recorte---------- 112
4.3.1.3 Composição Colorida - RGB---------- 113
4.3.1.4 Aumento de Contraste---------- 114
4.3.1.5 A Classificação da Imagem---------- 115
4.3.2 Trabalho de Campo---------- 116
4.3.3 Validação da Carta de Uso e Ocupação de Jeremoabo---------- 118
4.4 O PÓS-PROCESSAMENTO: O MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO---------- 121
4.4.1 As Classes de Uso do Solo de Jeremoabo---------- 123
4.4.1.1 Agricultura/Pastagem ---------- 123
4.4.1.2 Cobertura Vegetal: Caatinga Arbórea, Arbustiva Herbácea e Parque---------- 126
4.4.1.3 Corpos d'água---------- 128
4.4.1.4 Área Construída ---------- 128
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS---------- 130
REFERÊNCIAS---------- 132

CAPÍTULO 5

MODELAGEM DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL À PERDA DE SOLO NO MUNICÍPIO DE JEREMOABO-BA

Resumo---------- 135
5.1 INTRODUÇÃO---------- 135
5.2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO---------- 137
5.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS---------- 139
5.3.1 Variáveis utilizadas para Modelagem da Vulnerabilidade Ambiental---------- 140
5.3.1.1 Valores de Vulnerabilidade para o Tema Solo ---------- 141
5.3.1.2 Valores de Vulnerabilidade para o Tema Geologia---------- 143
5.3.1.3 Valores de Vulnerabilidade para o Tema Geomorfologia---------- 145
5.3.1.3.1 Declividade---------- 146
5.3.1.3.2 Amplitude Altimétrica ---------- 150
5.3.1.3.3 Dissecação do Relevo---------- 152
5.3.1.4 Valores de Vulnerabilidade para o Tema Uso do Solo---------- 155
5.3.1.5 valores de vulnerabilidade para o tema clima---------- 157
5.4 MODELAGEM DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL À PERDA DE SOLO---------- 158
5.4.1 Modelo 1 – Gerado a partir de Crepani (2001)---------- 158
5.4.2 Modelo 2 – Gerado a partir da análise dos valores das variáveis com maior expressão de vulnerabilidade---------- 163
5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS ---------- 168
REFERÊNCIAS ---------- 170

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

***6.1* CONCLUSÕES**---------- *174*
***6.2* RECOMENDAÇÕES**---------- *178*
REFERÊNCIAS---------- *180*

ANEXOS

ANEXO 01 - Dados pluviométricos de Jeremoabo para o período entre 1964 e 1985

ANEXO 02 - Distribuição Percentual das Chuvas em Jeremoabo com Relação aos Totais Anuais.

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 1

1.1 Tipos de dados e procedimentos/objetivos usados na pesquisa---------- 27

CAPÍTULO 2

2.1 Características das bandas espectrais do sensor TM do Landsat 5--------- 50

2.2 Chaves de interpretação de objetos e feições representativas em Imagens TM e ETM+ Landsat, 3(B), 4(G) e 5(R)---------- 53

2.3 Categorias Morfodinâmicas---------- 57

2.4 Avaliação da estabilidade das Categorias Morfodinâmicas---------- 57

2.5 Síntese das características das variáveis analisadas na pesquisa ---------- 61

CAPÍTULO 3

3.1 Unidades Geomorfológicas de Jeremaobo---------- 81

3.2 Síntese das principais características dos solos de Jeremoabo---------- 86

3.3 Balanço Hídrico para o município de Jeremoabo-Ba do período entre 1964 e 1985---------- 98

CAPÍTULO 4

4.1 Escala de Importância do Índice Kappa ---------- 119

4.2 Relação das classes mapeadas, suas áreas e percentagem ---------- 123

CAPÍTULO 5

5.1 Tipos de solo: Valores de Vulnerabilidade---------- 142

5.2 Litologia: Valores de Vulnerabilidade---------- 144

5.3 Declividade: Valores de Vulnerabilidade---------- 147

5.4 Amplitude Altimétrica: Valores de Vulnerabilidade---------- 151

5.5 Dissecação do relevo: valores de Vulnerabilidade---------- 152

5.6 Uso e cobertura do solo: Valores de Vulnerabilidade---------- 156

5.7 Intensidade Pluviométrica: Valores de Vulnerabilidade---------- 157

5.8 Relação da percentagem das classes de vulnerabilidade para o Modelo 1 (CREPANI, 2001) e Modelo 2 (gerado na dissertação)---------- 166

LISTA DE FIGURAS

	CAPÍTULO 1	
1.1	Localização do município de Jeremoabo na Bahia ----------	*25*
1.2	Etapas metodológicas do desenvolvimento da pesquisa----------	*26*
	CAPÍTULO 2	
2.1	Áreas Susceptíveis a Desertificação no Semiárido Brasileiro----------	*36*
2.2	Comportamento espectral dos diferentes alvos da superfície----------	*48*
2.3	Modelo esquemático representativo do conceito de Vulnerabilidade Natural e Ambiental----------	*56*
2.4	Arquitetura de um Sistema de Informação Geográfica----------	*64*
	CAPÍTULO 3	
3.1	Etapas Metodológicas da Pesquisa----------	*72*
3.2	Localização do município de Jeremoabo na Bahia ----------	*73*
3.3	Mapa Geológico de Jeremoabo----------	*75*
3.4	Compartimentos geomorfológicos de Jeremoabo----------	*78*
3.5	Tabuleiro dissecado do Vaza-Barris: relevo plano, destacando ao fundo forma Geomorfológica evidenciando processos erosivos---------	*80*
3.6	Tipos de solo de Jeremoabo----------	*83*
3.7	Vegetação e uso do solo em Jeremoabo----------	*89*
3.8	Caatinga arbóreo/arbustiva preservada na propriedade de seu Zezé (Comunidade de Valério)----------	*90*
3.9	Presença de algarobas em Jeremoabo. Área com ocupação e expansão da espécie----------	*92*
3.10 e 3.11	Bacia do rio Vaza-Barris e seus usos: pastagem para o gado e banho para as crianças----------	*93*
3.12	A Hidrografia de Jeremoabo: o rio Vaza-Barriz que corta o município de leste a oeste----------	*94*
3.13	Atuação das correntes perturbadas Norte, Sul, Leste e Oeste no Nordeste do Brasil. Fonte: Nimer, 1989----------	*96*
3.14	Pluviograma de Schröder representando o percentual de chuvas em cada ano e mês----------	*97*
3.15	Representação gráfica do Balanço Hídrico----------	*99*
3.16	Desenvolvimento de crostas salinas decorrente da irrigação----------	*100*
3.17	Processo de ravinamento em Jeremoabo----------	*101*
	CAPÍTULO 4	
4.1	Localização do Município de Jeremoabo-Ba. Imagem do satélite Landsat 5 com uma composição colorida RGB 543----------	*108*
4.2	Etapas Metodológicas da Pesquisa----------	*111*
4.3	Manipulação do histograma da imagem, utilizando o aumento de contraste gaussiano----------	*114*
4.4 e 4.5	Recorte da cena 216/67 de 01/11/2008: a - Imagem sem realce; e b - imagem realçada.----------	*115*
4.6	Imagem Landsat 5 com composição colorida 543RGB e pontos de controle de campo relacionados às fotos registradas de cada região visitada----------	*117*

4.7	Carta imagem de uso e ocupação do solo do município de Jeremoabo----------	*119*
4.8	Procedimentos para a confecção do mapa de uso do solo de Jeremoabo----------	*121*
4.9	Mapa editado de uso e ocupação do solo de Jeremoabo com base na imagem do satélite Landsat 5 cena 216/67 ----------	*122*
4.10	Remoção da vegetação através de queimadas e ocupação do terço inferior da encosta com agricultura de subsistência (mandioca)---------	*124*
4.11	Área com remoção da vegetação e área destinada à pastagem do gado----------	*125*
4.12	Recorte da imagem de satélite revelando pixels de agricultura e pastagem e fotos correspondentes: no leito do vaza-barris área com plantação em consórcio de palma e capim para o gado e na área leste do município áreas destinadas à pastagem----------	*126*
4.13	Os diferentes portes da cobertura vegetal de Jeremoabo representados na imagem de satélite----------	*127*
4.14	Detalhe da algaroba na estrada e imagem de sua expansão no município----------	*128*
4.15	Semente da algaroba e sacas a serem vendidas (imagens superior) e madeira sendo empilhadas no caminhão para a venda----------	*128*
4.16	Imagem de satélite com detalhe do corpo d'água mapeado e foto correspondente----------	*129*
4.17	Uso e Ocupação do Solo em Jeremoabo e fotos representativas de suas classes----------	*130*
	CAPÍTULO 5	
5.1	Localização do município de Jeremoabo-Ba----------	*138*
5.2	Etapas da modelagem para gerar a Carta de Vulnerabilidade Ambiental à perda de solo----------	*140*
5.3	Modelagem da Vulnerabilidade à perda de solo para o tema Solo do município de Jeremoabo-BA----------	*143*
5.4	Modelagem da Vulnerabilidade à perda de solo para o tema Geologia do município de Jeremoabo-BA----------	*145*
5.5	Etapas da modelagem do mapa de Vulnerabilidade Geomorfológica--	*146*
5.6	Histograma gerado a partir da variável Declividade, com destaque para os valores máximos e mínimos e a área de concentração desses valores----------	*147*
5.7	Modelagem da Vulnerabilidade para o tema Declividade do município de Jeremoabo-BA----------	*148*
5.8	Mapa Hipsométrico de Jeremoabo. Elaborado com base no MDT------	*149*
5.9	MDT com extração automática da drenagem----------	*150*
5.10	Modelagem da Vulnerabilidade para o tema Amplitude Altimétrica do município de Jeremoabo-BA----------	*151*
5.11	Rede de drenagem sobre relevo sombreado: intensidade de dissecação: 1 - fraca; 2 – média; e 3 – forte----------	*152*
5.12	Modelagem da Vulnerabilidade à perda de solo para o tema Dissecação do Relevo do município de Jeremoabo-Ba----------	*153*
5.13	Modelagem da vulnerabilidade a perda de solo para o tema	*154*

	Geomorfologia	
5.14	Modelagem da vulnerabilidade à perda de solo para o tema Uso do Solo no município de Jeremoabo-Ba----------	*156*
5.15	Modelagem da vulnerabilidade à perda de solo para o tema Clima no município de Jeremoabo-Ba----------	*158*
5.16	Modelagem da vulnerabilidade ambiental à perda de solo para o município de Jeremoabo-Ba----------	*160*
5.17	Mapa Editado da Vulnerabilidade Ambiental à Perda de Solo para o Município de Jeremoabo-Ba.----------	*161*
5.18	Representação da produção da carta de vulnerabilidade para o Modelo 2.----------	*163*
5.19	Modelagem da Vulnerabilidade à perda de solo de Jeremoabo utilizando as variáveis solo, geologia, uso do solo e dissecação do relevo----------	*165*
5.20	Formas de degradação do solo em Jeremoabo: A- área salinizada, B- devido à irrigação; C- desenvolvimento de voçorocas; D- queimadas para a prática agrícola; e solo exposto com ravinamento----------	*168*

LISTA DE GRÁFICOS

CAPÍTULO 3

3.1	Distribuição Percentual das Formações Geológicas de Jeremoabo---------	74
3.2	Distribuição percentual das classes de solo de Jeremoabo----------	82

CAPÍTULO 5

5.1	Espacialização das classes de declividade por área no município de Jeremoabo----------	149
5.2	Distribuição Percentual das Classes de Uso do Solo de Jeremoabo--------	155
5.3	Percentual das classes de vulnerabilidade à perda de solo de Jeremoabo----------	162
5.4	Percentagem das Áreas de Vulnerabilidade de Jeremoabo-BA----------	166

LISTA DE SIGLAS

ASD	Áreas Susceptíveis a Desertificação
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DN	Número Digital
EMBASA	Empresa Baiana de Abastecimento de Água
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GPS	Sistema de Posicionamnto Global
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IGBE	Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
INGÁ	Instituto de Gestão das Águas e Clima
INPE	Instituto de Pesquisas Espaciais
MaxVer	Máxima Verossimilhança
MDT	Modelo Digital de Terreno
ONU	Organização das Nações Unidas
PAE-Bahia	Plano Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca na Bahia
PAN-Brasil	Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca
PDI	Processamento Digital de Imagem
RMS	Root Mean Square (Erro Médio Quadrático)
SIG	Sistema de informação Geográfica
SR	Sensoriamento Remoto
SRH	Superintendência de Recursos Hídricos do Estado da Bahia
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TGS	Teoria Geral dos Sistemas
UNCCD	Convenção Internacional das Nações Unidas de Combate à Desertificação
UTB	Unidades Territoriais Básicas
UTM	Universal Transversa de Mercator
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

"A problemática ambiental gerou mudanças globais em sistemas socioambientais complexos que afetam as condições de sustentabilidade do planeta, propondo a necessidade de internalizar as bases ecológicas e os princípios jurídicos e sociais para a gestão democrática dos recursos naturais. Estes processos estão intimamente vinculados ao conhecimento das relações sociedade-natureza: não só estão associados a novos valores, mas a princípios epistemológicos e estratégias conceituais que orientam a construção de uma racionalidade produtiva sobre bases de sustentabilidade ecológica e equidade social". (LEFF, 2002 p. 59-60)

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 INTRODUÇÃO

A população que habita as terras do semi-árido nordestino sofre com longos períodos de seca, e é impulsionada a buscar melhores condições de vida, ocupando áreas favoráveis a seu desenvolvimento e da agricultura. Porém, muitas vezes, esta ocupação ocorre sem planejamento, o que pode provocar a degradação do ambiente, e tornar sua recuperação irreversível, devido à falta de recursos socioeconômicos dessa população.

A ação antrópica, aliada às características do ambiente, como regime irregular das chuvas, solos pobres em nutrientes orgânicos (restrição pedológica), o relevo e a cobertura vegetal, conferem ao semi-árido brasileiro um frágil equilíbrio e uma vulnerabilidade à perda do solo acentuada. Tendo em vista a interrelação dos componentes da natureza – solo, relevo, clima, vegetação e hidrografia – sabe-se que qualquer alteração em um desses componentes irá afetar a natureza como um todo, quebrando assim o seu equilíbrio dinâmico, já que a mesma não é estática e está sempre em constante evolução (ROSS, 1994).

Quando este equilíbrio é rompido, pode-se verificar fortes impactos ambientais, como compactação do solo, erosão acelerada e também a desertificação. No caso do nordeste do Brasil, e mais especificamente do município de Jeremoabo-Ba, o uso intensivo do solo tem provocado o processo de desertificação, que segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2004) é a degradação da terra de zonas áridas, semi-áridas e subúmidas secas, fruto de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades antópicas.

Tendo em vista tal problemática, surge à necessidade de gestão e planejamento dos recursos, sejam eles renováveis ou não, pensando no equilíbrio ambiental e também no bem estar da população, para que se possa assegurar a existência desses recursos às sociedades futuras, pois é do ambiente que retiram todos os recursos necessários à sobrevivência na Terra. Nos últimos anos a

questão ambiental tornou-se foco de propagandas midiáticas, voltadas muitas vezes, a promoção de empresas, porém, essa preocupação deve ser levada a sério, pois o desgaste e escassez dos recursos naturais são evidentes.

Por isso, instrumentos de planejamento e gestão estão sendo desenvolvidos, visando identificar os problemas ambientais e propor ações mitigadoras que possam garantir a resolução dessas questões. Um exemplo disso, é o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), que é um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, pelo qual pretende-se realizar estudos que coadunem a perspectiva ambiental a sócio econômica, desenvolvendo estratégias para garantir o uso racional dos recursos naturais.

Um dos produtos do ZEE é a carta de vulnerabilidade a perda de solo, que é um importante instrumento no trabalho de planejamento físico territorial, pois ela permite conhecer as fragilidades e potencialidade do meio, identificando meios estáveis, intermediários e instáveis, ou seja, meios mais ou menos susceptíveis a erosão. Dessa forma, é relevante o seu conhecimento, tendo em vista que poderá ser identificado onde a atuação humana pode provocar maiores danos ao ambiente, e assim, definir uma melhor direção às ações implementadas no espaço geográfico, visando preservar as áreas mais susceptíveis a degradação.

O semiárido brasileiro apresenta grande fragilidade no que diz respeito às suas variáveis ambientais: os solos, em sua maioria, são rasos. A Caatinga apresenta-se rala e esparsa, em muitas áreas, grande parte dos rios, são intermitentes, e o período chuvoso é curto, o que provoca longos períodos de estiagem. Essas características garantem a essa região, uma vulnerabilidade natural à erosão, que quando aliada ao uso intensivo do solo, a exploração dos recursos naturais, acentua a vulnerabilidade ambiental (vulnerabilidade natural associada ao uso do solo), provocando, além de danos ao ambiente, conseqüências sociais e econômicas para o homem, como a perda da produtividade agrícola.

Muitos trabalhos estão sendo realizados nessa linha de pesquisa, como é o caso de Sporl (2001) que analisa a fragilidade ambiental para a Bacia do rio Jaguari-Mirim com aplicação de três modelos, dois propostos por Ross (1994) e o outro por Crepani - INPE (2001), fazendo uma comparação dos resultados dos três métodos.

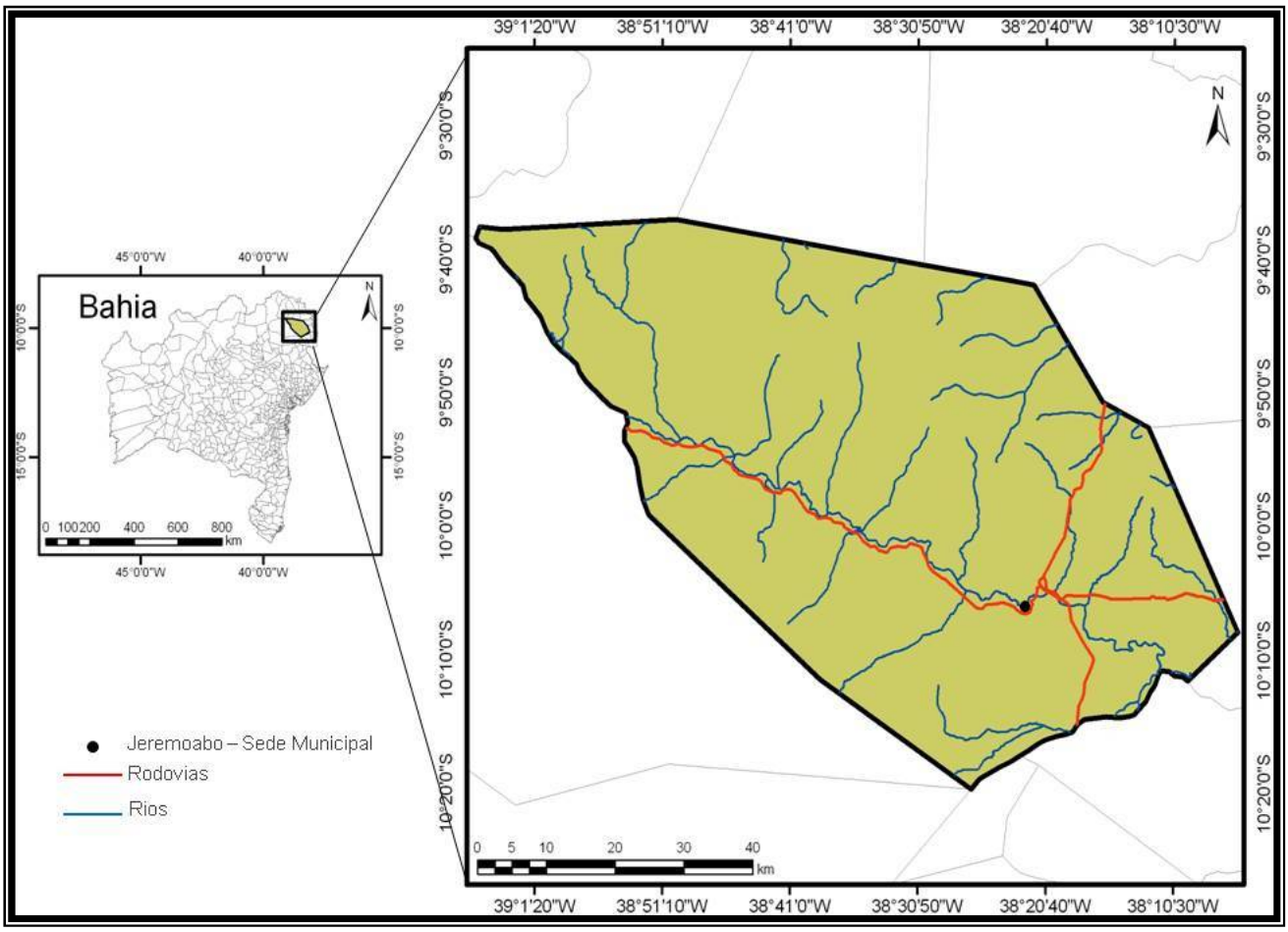
Outro trabalho importante é o de Gomes (2005), que faz uma avaliação da vulnerabilidade em região semi-árida (Parnamirim-Pe), utilizando o Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento. Outra contribuição é a de Valles (2008) que também utiliza as técnicas de Sensoriamento Remoto para gerar a carta de vulnerabilidade natural à perda de solo aplicando a uma área no Estado do Mato Grosso do Sul.

Dada à importância desse estudo, esta pesquisa busca desenvolver essa temática no município de Jeremoabo-Ba (Figura 01). A escolha desse município se justifica devido ao fato deste apresentar sérios problemas de degradação ambiental, provocados pelo intenso e contínuo uso antrópico. Este aspecto de Jeremoabo, associado as suas características ambientais, tem desencadeado o processo de desertificação, que tem causado problemas tanto ambientais quanto sociais para a população.

Por isso, esta pesquisa está inserida no projeto: *Mandacaru quando fulora na seca...: estudo multidisciplinar sobre processos de desertificação, estratégias adaptativas e empoderamento das comunidades que habitam nos sertões do estado da Bahia. Este projeto objetiva desenvolver medidas que possam mitigar os efeitos desse processo tão agressivo ao meio.*

Para este estudo, serão usadas técnicas de Sensoriamento Remoto e de Sistema de informação Geográfica (SIG), que são importantes ferramentas para o monitoramento ambiental de grandes áreas, pois permitem análises espaço-temporais cada vez mais precisas e indicam novos caminhos para a pesquisa científica, possibilitando ainda a inserção de novas informações ao banco de dados e, consequentemente, gerar novos mapas temáticos.

Figura 1.1 - Localização do município de Jeremoabo na Bahia.



Fonte: SRH (2003).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo central dessa dissertação é modelar a vulnerabilidade Ambiental à perda de solo para o município de Jeremoabo-Ba.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para efetivação do objetivo proposto será necessária a execução dos seguintes objetivos específicos:

1) Organizar um Banco de Dados em ambiente SIG das variáveis ambientais: geologia, geomorfologia, vegetação, solo e uso e ocupação do solo, caracterizando o município de Jeremoabo para cada variável citada;
2) Construir o mapa de uso e ocupação do solo para o município de Jeremoabo-Ba;
3) Processar o Modelo Digital de Terreno (MDT) para extração automática da declividade, amplitude altimétrica e índice de dissecação do relevo.
4) Usar técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG para produção, organização e integração das variáveis para geração da carta de vulnerabilidade à perda de solo, identificando áreas mais propensas a desenvolver o processo de desertificação.
5) Identificar possíveis áreas de maior vulnerabilidade e sua relação com o processo de desertificação.

1.3 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS

Para a realização desta pesquisa foram usados como suporte, materiais cartográficos como mapas, cartas topográficas, imagens de satélite, além de softwares para manipulação e tratamento de imagens. A pesquisa será realizada em sete etapas (Figura 1.2):

i) Revisão teórica sobre a temática em questão, utilizando livros, periódicos, teses e dissertações de bibliotecas digitais como a do INPE;
ii) Levantamento de dados disponíveis do município de Jeremoabo-Ba sejam eles vetoriais e/ou *raster,* em órgãos como o INPE (imagens digitais), CPRM, etc.
iii) Organização de um banco de dados, constituído de tabelas, gráficos, mapas e imagens de satélite.
iv) Gerar mapa de uso do solo a partir de imagem de satélite e do Processamento Digital de Imagem, utilizando o software Envi 4.6 e o ArcGis 9.3;

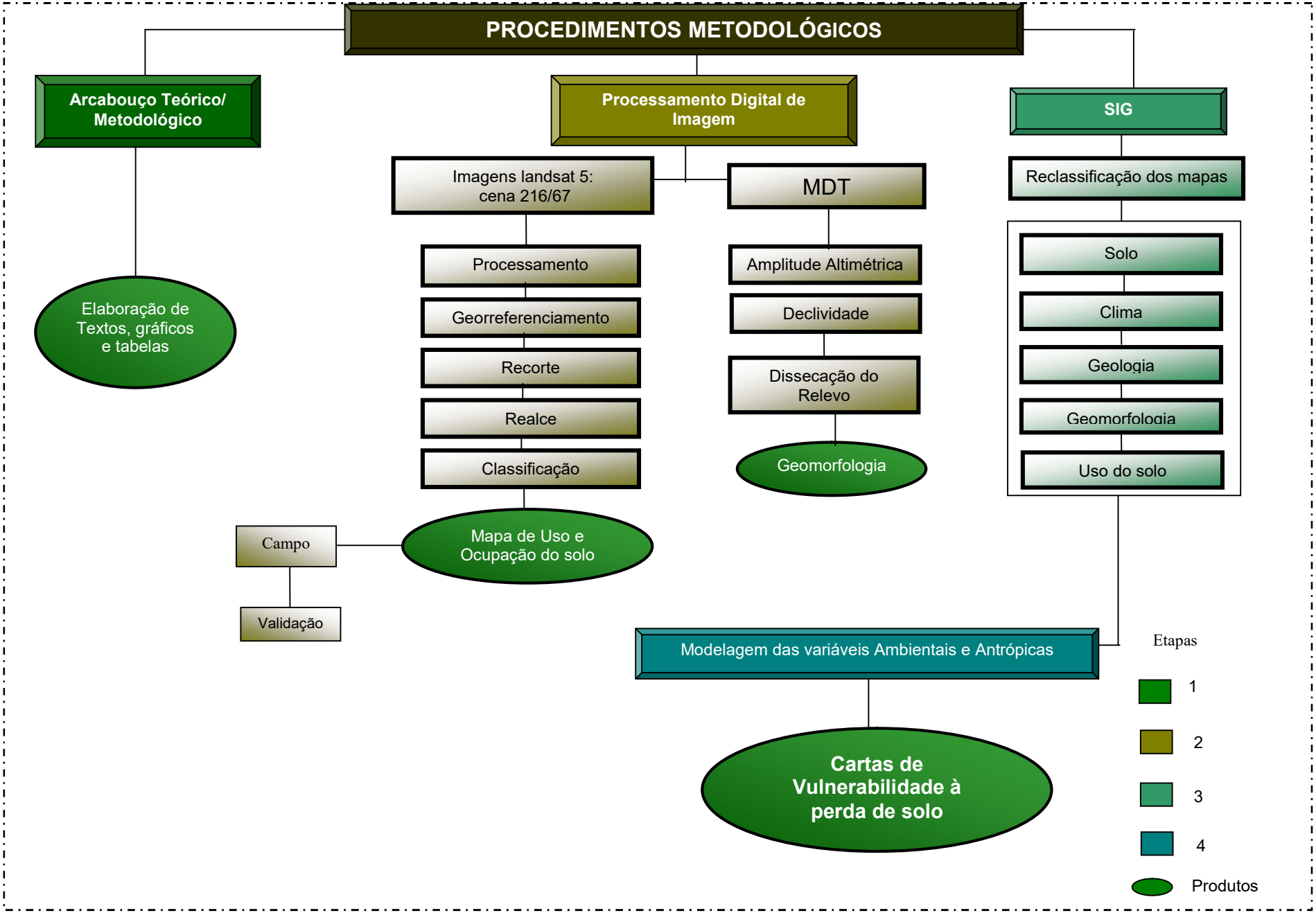
v) Modelagem das variáveis ambientais e antrópicas em ambiente SIG. Esta etapa consiste na entrada e processamento dos dados existentes, onde foi utilizado os softwares ArcMap e SPRING.

vi) Reclassificação dos mapas, identificando o grau de vulnerabilidade para todas as variáveis ambientais e antrópicas;

vii) Gerar mapa de vulnerabilidade a perda de solo para o referido município.

Tais etapas visam fazer uma análise integrada da paisagem, e assim identificar áreas susceptíveis a erosão, sendo possível realizar uma intervenção ambiental de forma mais precisa, minimizando os impactos provocados pela ação antrópica.

Figura 1.2 - Etapas metodológicas do desenvolvimento da pesquisa.



1.4 MATERIAIS UTILIZADOS NA PESQUISA

Em uma pesquisa geográfica de cunho ambiental, a utilização de diversos dados e informações são imprescindíveis. Por se tratar de uma análise espacial, os dados, sejam eles primários e/ou secundários, devem possuir uma localização no espaço geográfico.

Destarte, os dados utilizados nessa pesquisa foram convertidos para um sistema único de coordenadas e *datum* horizontal. Os mapas e imagens de satélite usados na modelagem foram projetados para o sistema de coordenada Universal Transversa de Mercator (UTM) e *datum* horizontal WGS-84, zona 24 hemisfério Sul. Os dados georreferenciados e os procedimentos e objetivos de seu uso na pesquisa são discriminados no quadro 1.1, seguido da fonte de obtenção dos mesmos.

Quadro 1.1 - Tipos de dados e procedimentos usados na pesquisa

	TIPO DE DADOS	PROCEDIMENTOS/ OBJETIVOS	FONTE
Imagens Digitais: Ópticas e Radar	**Imagens do sensor TM Landsat 5. Órbita/ ponto 216/67. Bandas 5, 4 e 3.**	Realizar o Processamento Digital da Imagem; Gerar mapa de uso e cobertura do solo	Imagens disponíveis no sitio do INPE
	Modelo Digital de Terreno (MDT)	Gerar automaticamente mapas de Declividade, amplitude altimétrica e índice de dissecação do relevo, visando caracterizar geomorfologicamente a região.	INPE (Topodata)
	Limite político-administrativo do município de Jeremoabo.	Localização geográfica da área de estudo.	Sig Bahia - SRH (2003);

Mapas	**Mapa Geológico digital da Bahia**	Subsidiar a Caracterização fisiográfica da área; Mapas base para modelagem da Vulnerabilidade Ambiental em ambiente SIG;	CPRM (2003); Radam Brasil (1983).
	Mapa digital de Solo da Bahia		Sig Bahia - SRH (2003); Radam Brasil (1983).
	Mapa Geomorfológico digital da Bahia		Sig Bahia - SRH (2003); MDT; Radam Brasil (1983).
	Mapa digital da cobertura vegetal da Bahia		Sig Bahia - SRH (2003); NDVI (processamento da imagem de satélite).
	Mapa digital de uso e cobertura do solo de Jeremoabo.	Caracterização dos diversos usos do solo do município; Integrar o banco de dados para a modelagem ambiental	Processamento da Imagem de Satélite
	Mapa digital da hidrografia da Bahia	Subsidiar a caracterização ambiental da área de estudo.	Sig Bahia - SRH (2003);
	Mapa digital das rodovias da Bahia	Análise do sistema rodoviário de Jeremoabo. Caracterização do município.	Sig Bahia - SRH (2003).
Trabalho de Campo	**Pontos de controle obtidos com o GPS.**	Reconhecimento da área de estudo; Auxiliar na identificação de classes no Processamento Digital da Imagem.	Atividades de campo.
	Registro fotográfico.	Subsidiar a caracterização dos pontos coletados.	

CAPÍTULO 2

REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL DA PESQUISA

CAPÍTULO 2

REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL DA PESQUISA

2.1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação conta com seis capítulos, organizados em forma de artigos, com exceção do primeiro, onde se tem a introdução, com o objetivo geral e específico e os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa; o segundo que trata da base teórica, bem como o último, que consta das considerações finais.

O capítulo 2 trata do referencial teórico discutido nos três artigos, o primeiro deles, capítulo 3, se refere às **Variáveis Ambientais do Município de Jeremoabo – Ba: Uma Análise Pautada Nos Estudos Integrados da Paisagem,** onde são discutidos os conceitos de Paisagem, Sistema, Geossistema e Ecodinâmica, sobre o ponto de vista de Bertalanfy (1977), Bertrand (2004), Sotchava (1977) e Tricart (1977), principais expoentes dessas correntes. Além disso, são discutidos também os conceitos de desertificação e sua abrangência na Bahia, já que o município de Jeremoabo vem desenvolvendo tal processo.

No referencial do segundo artigo, capítulo 4, **As Geotecnologias na Análise Ambiental: O Sensoriamento Remoto e o Processamento Digital de Imagem na Confecção da Carta de Uso e Ocupação do Solo no Município de Jeremoabo-Ba,** discutimos o papel do Sensoriamento Remoto e do Processamento Digital de Imagem na confecção do mapa de Uso e Ocupação do solo de Jeremoabo.

Já no terceiro artigo, capítulo 5, **Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental à Perda de Solo no Município de Jeremoabo-Ba,** discutimos os conceitos de Vulnerabilidade e os pressupostos teórico-metodológicos para o desenvolvimento da carta de vulnerabilidade ambiental, utilizando no Banco de Dados, os mapas desenvolvidos no artigo 3 e 4. Já no capítulo 6, tecemos as considerações finais.

2.2 VARIÁVEIS AMBIENTAIS DO MUNICÍPIO DE JEREMOABO – BA: UMA ANÁLISE PAUTADA NOS ESTUDOS INTEGRADOS DA PAISAGEM

O artigo 1 (capítulo 3) se configura na análise das características físicas da área de estudo, bem como na abordagem dos aspectos sociais e econômicos do município. Essa análise será pautada nos estudos de cunho integrado da paisagem. Como o município está inserido numa área propensa a desertificação, iniciaremos nossas discussões entendendo como se dá esse fenômeno e quais suas dimensões.

2.2.1 Pressupostos teóricos sobre o processo de Desertificação

As discussões a cerca do processo de desertificação no mundo não são recentes. Desde a década de 1930 essa temática vem sendo discutida, devido a um fenômeno ocorrido no meio oeste americano (conhecido como “Dust Bowl”), quando uma intensa degradação dos solos afetou uma área de cerca de 380 mil km^2 agravados por uma forte seca entre os anos de 1929 e 1932 (MATALLO JUNIOR, 2003; LUZ, 2007). Porém, este termo se consolidou apenas em 1949, quando o cientista francês Aubreville, utilizou-o para caracterizar a forte degradação na África Tropical e Subtropical.

A partir daí as preocupações com a desertificação ganharam relevância global. Diversas conferências foram realizadas nos últimos anos, demonstrando a preocupação dos governantes com as causas e conseqüências desse fenômeno, tão dinâmico e necessariamente antrópico (MMA, 2004).

Em 1972, ocorreu a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, em Estocolmo e cinco anos mais tarde, em 1977, ocorreu à conferência de Nairobi – Quênia, sob os auspícios da Organização das Nações Unidas (ONU). Posteriormente foi realizada a Rio-92, de onde foi possível confeccionar diversos documentos consubstanciados sobre a desertificação (como o Protocolo de Compromisso para Combate a Desertificação), relatando o conceito, área de abrangência, causas, efeitos e planos de ação para os diversos países integrantes das áreas susceptíveis à desertificação.

Após vários conceitos sobre o termo desertificação, já considerado um problema ambiental, a Convenção Internacional das Nações Unidas de Combate à Desertificação (CCD) definiu desertificação como sendo “a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas” (MMA, 2004). Devido à preocupação com este fenômeno o dia 17 de junho de 1994 foi consagrado como o “Dia Mundial de Luta Contra a Desertificação”.

Sabe-se, porém, que este conceito apresenta algumas fragilidades teóricas e metodológicas, como a amplitude conceitual, pois a idéia de degradação é muito ampla, podendo abranger a degradação dos solos, da vegetação, dos recursos hídricos, etc (MATALLO JUNIOR, 2001).

Outro fator a ser apontado é a ocorrência de desertificação em áreas úmidas e sub-úmidas, que estão em forte degradação ambiental por sofrerem descontroladas intervenções humanas. Um exemplo desse fato ocorre no Brasil, em uma região do Rio Grande do Sul, que por estar sobre influência de intensa ação antrópica sofre processos acelerados de degradação ambiental. A este tipo de degradação, fora dos padrões conceituais de desertificação apropriados até então, Suertegaray (2000) denominou de arenização.

Para além dos conflitos internos ao conceito de desertificação adotado nacionalmente, há ainda conflitos conceituais acerca dos termos deserto, seca e desertificação. No que concerne ao termo deserto, Conti (2008) afirma que o mesmo pressupõe um sistema natural adaptado, com características e limites espaciais definidos. Apresenta clima árido, a precipitação é escassa e a evaporação excede a precipitação média anual, resultando num fraco desenvolvimento da biosfera, e consequentemente apresenta grandes vazios demográficos. Já o conceito de desertificação indica processo, é um fenômeno dinâmico, associado a longos períodos secos, da ordem de décadas.

Conti (*op. cit*) aponta que seca “indica uma prolongada falta de chuvas, que poderia se estender por dois ou três anos”. Porém, um conceito mais consistente foi expresso pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), em 1986, onde afirma que “há seca em uma região quando a precipitação anual for inferior a 60% da normal, durante mais de dois anos consecutivos, em mais de 50% de sua superfície”. Ou seja, subentende-se que um sistema poderá suportar uma baixa

nas precipitações durante um ano, porém, se esta se repetir no ano seguinte, esse sistema sofrerá sérias conseqüências.

Outro conceito de seca pode ser encontrado no documento da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação, que entende seca como um “fenômeno que ocorre naturalmente quando a precipitação registrada é significativamente inferior aos valores normais, provocando um sério desequilíbrio hídrico que afeta negativamente os sistemas de produção dependentes dos recursos da terra” (MMA, 2004).

Matallo Junior (2001) afirma que algumas pessoas pensam que seca e desertificação são um único e mesmo fenômeno e que se fosse eliminada os efeitos da seca (provendo água), os problemas com a desertificação também se findariam. O que não procede, pois seca e desertificação são fenômenos distintos e ele aponta causas para esse conflito conceitual:

- A seca é um fenômeno mais antigo e mais "visível" do que a desertificação;
- A desertificação é um processo que ocorre durante lapsos de tempo relativamente grandes (10 ou mais anos), enquanto a seca é um evento marcado claramente no tempo;
- Isso faz com que as perdas de produtividade e da produção sejam atribuídas às secas,
- Em muitos casos o processo de desertificação não alcança a "condição de deserto", o que pode dificultar sua visualização;
- Falta de acompanhamento de campo do comportamento da produtividade, erosão etc.; muito mais visíveis do que a desertificação;

Observa-se assim, que o processo de desertificação, ao contrário do que o próprio nome pode sugerir, não condiciona a formação ou ampliação de desertos, já que este é um Bioma, porém, condicionam a paisagem a apresentar características tipo desérticas, como a escassez de recursos hídricos, a perda de solos, da biodiversidade, etc.

As áreas que sofrem processos de desertificação suscitam grandes impactos ambientais, sociais, econômicos e políticos que realimentam as principais causas desse fenômeno. Assim como em outras literaturas pertinentes

à temática, Rodriguez (2006), citando Vasconcelos Sobrinho (2004) enumera as principais causas desse processo, separando-as em causas naturais e antrópicas.

Principais causas naturais:

- Baixo índice de pluviosidade;
- Distribuição irregular das precipitações através do ano;
- Temperaturas do ar e do solo relativamente elevadas;
- Baixa umidade relativa do ar;
- Intensa luminosidade e amplo fotoperiodismo;
- Velocidade e temperatura dos ventos;
- Índices de transpiração e evapotranspiração elevados;
- Balanço hídrico deficitário;
- Variações climáticas globais de origens diversas;
- Profundidade dos solos, composição e espessura dos horizontes que servem de substrato à cobertura vegetal, permeabilidade aos líquidos e aos gases e incapacidade de reter as águas da chuva;
- Equilíbrio ecológico instável.

Principais causas antrópicas:

- Lavoura itinerante;
- Incompetência no manejo do solo;
- Criação extensiva;
- Queimadas;
- Destruição dos estoques de semente, resultado da criação extensiva e das queimadas;
- Destruição dos agentes polinizadores, devido à prática crescente de aplicação de pesticidas.

Esse fenômeno implica num processo de degradação ambiental das terras onde vive a maior parte da população pobre do mundo. Este processo que, mesmo apresentando mais causas naturais, é desencadeado pela ação antrópica, promove um desequilíbrio multiescalar, afetando os aspectos físico, químico, biológico e sócio-econômico dos ambientes.

O Protocolo de Compromisso para Combate a Desertificação, assinado na conferência de Nairob, entende por combate à desertificação as atividades que fazem parte do aproveitamento integrado da terra nas zonas áridas, semiáridas e sub-úmidas secas com vistas ao seu desenvolvimento sustentável, e que têm por objetivo:

I. A prevenção e/ou redução da degradação das terras,

II. A reabilitação de terras parcialmente degradadas, e

III. A recuperação de terras degradadas. (MMA, 2004).

O processo de desertificação é um fenômeno de escala global, se considerarmos que cerca de 1/3 das áreas continentais são desérticas e semidesérticas. Além de ser um fenômeno dinâmico é também preocupante, pois reduz a biodiversidade, há perda na produtividade das terras agrícolas e gera uma instabilidade econômica e política. Ela compromete a produtividade biológica e econômica das terras, à medida que impede - através de intensos processos de intemperismo e erosão, que a mesma se desenvolva, comprometendo a produção de alimentos e consequentemente, ameaçando a segurança alimentar. Por isso, o ex-Secretário-Geral das Nações Unidas Kofi Annan alertou, afirmando que a desertificação *"*é uma das formas mais alarmantes de degradação ambiental" (BARBOSA, 2007).

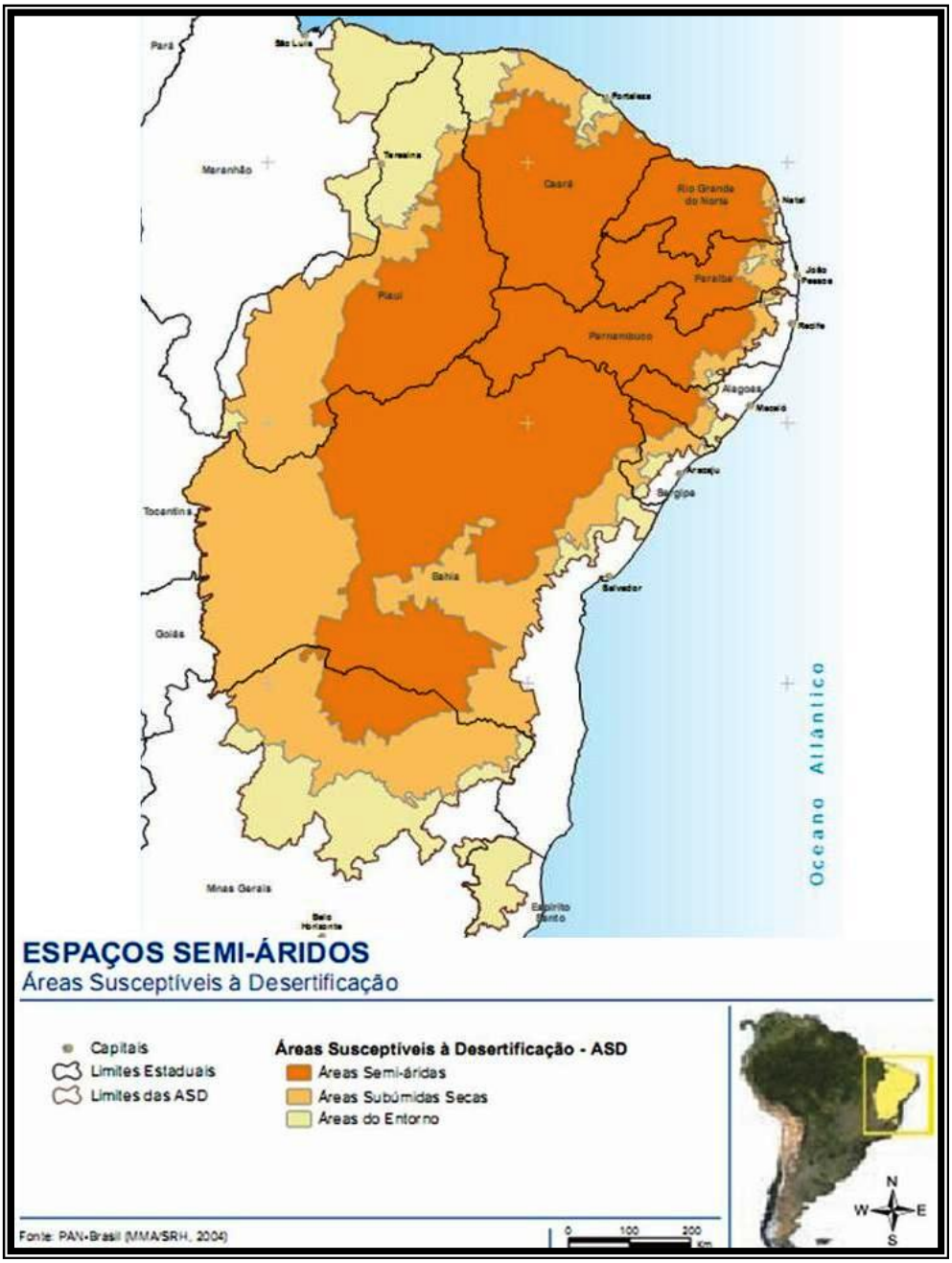
2.2.1.1 A Desertificação no Brasil

Para atender ao compromisso firmado na Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD), o Brasil vem desenvolvendo planos para mitigar as causas e efeitos da desertificação em seu território. Desde o inicio de 1995 o Ministério do Meio Ambiente vem desenvolvendo uma série de atividades relacionadas a essa problemática, como curso de capacitação, sensibilização da população, treinamento de agricultores, apoio a ações de nível local, etc. (MATALLO JUNIOR, 2003).

Outra medida foi à elaboração, em dezembro de 2004, do PAN-Brasil - Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – que contou com a participação de entidades governamentais e não-governamentais. O PAN-Brasil (MMA, 2004) diagnosticou que as Áreas

Susceptíveis à Desertificação (ASD) estão concentradas na Região Nordeste (Figura 2.1), nas áreas enquadradas no polígono das secas, onde predominam os climas semi-áridos e subúmidos secos. A ASD abrange cerca de 1.338.076 Km^2, equivalentes a 15,72% do território nacional e abrigam mais de 31,6 milhões de habitantes (18,65% da população brasileira) incluindo a área de Caatinga.

Figura 2.1 - Áreas Susceptíveis a Desertificação no Semiárido Brasileiro.



Fonte: MMA, 2007.

As ASD abarcam regiões semiáridas, subúmidas secas e áreas do entorno. Estas, apesar de não se enquadrarem no padrão climático considerado susceptível à desertificação, sua inserção na ASD se justifica pelo fato de apresentarem características comuns às áreas semiáridas e subúmidas secas. Elas apresentam elevada ocorrência de secas e a vegetação típica do semiárido brasileiro, que é a caatinga.

Os critérios considerados para a definição das áreas do entorno foram os seguintes: i) municípios do entorno que tenham sido afetados por secas, e tenham sido atendidos oficialmente por programas de emergência de seca, administrados pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste Sudene; ii) municípios do entorno que também façam parte da área do Bioma Caatinga, conforme estudos realizados pelo Conselho Nacional da Reserva da Biosfera do Bioma Caatinga (BEZERRA, 2004); e iii) municípios adicionados à área de atuação da Sudene, a partir do disciplinamento da Lei nº 9.690, de 15/07/1998, como os incluídos no Estado do Espírito Santo (MMA, 2007).

As ASD abrangem um total de 1.488 municípios dos nove Estados do Nordeste, além do norte de Minas Gerais e do norte do Espírito Santo (MMA, 2007). O PAN-Brasil buscou identificar os fatores que contribuem para o processo de desertificação buscando medidas para minimizar seu efeito e conter seu avanço sobre o território. Este programa reflete o compromisso do governo com o processo de transformação da sociedade brasileira e está centrado nos seguintes eixos temáticos (MORAIS, 2008):

- Combate à Pobreza e à Desigualdade;
- Ampliação Sustentável da Capacidade Produtiva;
- Preservação, Conservação e Manejo Sustentável de Recursos Naturais;
- Gestão Democrática e Fortalecimento Institucional.

Dentro destes eixos, as ações estão relacionadas à melhoria na educação, fortalecimento da agricultura familiar, assistência social, melhorias na infra-estrutura, como abastecimento de água e saneamento ambiental, revitalização de

bacias hidrográficas, manejo sustentável dos recursos, monitoramento e avaliação ambiental, entre outros.

A região nordeste do Brasil apresenta alguns núcleos de desertificação, como o Seridó (Rio Grande do Norte e Paraíba), o núcleo de Irauçuba (Ceará), de Cabrobó (Pernambuco) e o núcleo de Gilbués. Além destes, o INGÁ - Instituto de Gestão das Águas e Clima - identificou 52 municípios vulneráveis ao processo de desertificação no Estado da Bahia, situados no entorno das regiões de Guanambi, Juazeiro, Irecê e Jeremoabo.

- **Região de Guanambi**: Palmas de Monte Alto, Caetité, Matina, Igaporã, Candiba, Sebastião Laranjeiras, Urandi, Lagoa Real, Iuiú, Pindaí, Licínio de Almeida, Guanambi, Malhada e Livramento de Nossa Senhora.
- **Região de Irecê**: São Gabriel, Jussara, Central, Uibaí, Ibititá, João Dourado, Ibipeba, Barra do Mendes, Barro Alto, Canarana, Cafarnaum, Itaguaçu da Bahia, Lapão, Presidente Dutra, América Dourada e Irecê;
- **Região de Juazeiro**: Remanso, Sento Sé, Casa Nova, Sobradinho, Curaçá, Campo Formoso, Jaguararí, Abaré e Juazeiro.
- **Região de Jeremoabo**: Canudos, Uauá, Macururé, Rodelas, Chorrochó, Paulo Afonso, Glória, Santa Brígida, Pedro Alexandre, Coronel João de Sá, Novo Triunfo, Antas e Jeremoabo.

Em convênio com a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), o INGÁ realizou o mapeamento detalhado das condições de degradação ambiental e o processo de desertificação, avaliando as fragilidades e potencialidades dessas regiões, usando para tanto, indicadores físicos, biológicos e socioeconômicos, além de ferramentas das Geotecnologias, como o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informação Geográfica.

Este mapeamento visou à construção de um Plano Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca na Bahia – PAE-Bahia – que permitiu ao Estado conhecer a dinâmica do fenômeno da desertificação no território baiano, inserindo assim, planos e metas para mitigar seus efeitos e

conter a intensa degradação (ambiental, social e econômica) provocada por tal processo.

2.2.2 Paisagem, Sistema e Geossistema: Pressupostos para uma Análise Integrada

No contexto da geografia aplicada, atualmente permeiam os estudos voltados à análise integrada do ambiente, que analisa o espaço geográfico de forma holística. Mas vale lembrar que estes estudos não são recentes. A busca por um método que integre a natureza (com seus elementos físicos e ecológicos) e a sociedade (com seus aspectos econômicos, políticos e culturais) remonta a origens longínquas, sendo que o enfoque é voltado às concepções de paisagem e geossistemas, influenciados diretamente pelo pensamento sistêmico desenvolvido no século XIX.

A Teoria Geral dos Sistemas (TGS) foi difundida na década de 30 pelo biólogo austríaco Ludwing Von Bertalanffy. Para ele o sistema está em toda parte envolvendo organismos individuais, sistemas sociais e ecossistemas, e dessa forma, somos obrigados a tratar de forma sistêmica todos os campos do conhecimento (BERTALANFFY, 1977).

O termo sistema já era bastante usado por diversos campos da ciência, o que o distingue na TGS é abordagem diferencial dada aos estudos das partes, que não são analisadas isoladamente, e sim, num conjunto, em sua totalidade. Assim, Bertalanffy (1977) tece as seguintes considerações sobre essa teoria:

> Concepções e pontos de vista gerais semelhantes surgiram em várias disciplinas da ciência moderna. Enquanto no passado a ciência procurava explicar os fenômenos observáveis reduzindo-os à interação de unidades elementares investigáveis independentemente umas das outras, na ciência contemporânea aparecem concepções que se referem ao que é chamado um tanto vagamente “totalidade”, isto é, problemas de organização, fenômenos que não se resolvem em acontecimentos locais, interações dinâmicas manifestadas na diferença de comportamento das partes quando isoladas ou quando em configuração superior, etc. Em resumo, aparecem “sistemas” de várias ordens, que não são inteligíveis mediante a investigação de suas respectivas partes isoladamente (BERTALANFFY, p. 60-61, 1977).

Alicerçada em tal premissa, Bertalanffy (1977) nos conduz a afirmar que para um estudo sistêmico a análise deve partir do todo, e não das partes e processos isoladamente, pois é a interação dinâmica das partes quem vai proporcionar o entendimento da totalidade dos fatos, ou seja, a soma das partes analisadas isoladamente não forma um todo.

Dessa forma, qualquer elemento a ser pesquisado, que revele forte conexão entre suas partes, pode ser objeto da análise sistêmica. Jean Tricart também contribui para a análise sistêmica, afirmando que "um sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos" (TRICART, p. 19, 1977).

Os sistemas apresentam características e uma dinâmica própria (representada pela entrada e saída de matéria e energia), formados por um conjunto de componentes inter-relacionados, que quando desagregados, não apresentam as mesmas características quando analisados em sua totalidade. De fato, a análise integrativa sistêmica é o elemento norteador dos estudos da paisagem, que visam analisar e monitorar a qualidade do ambiente, que por sua vez é compartimentado, em unidades geossistêmicas ou geoambientais, para melhor entendimento de sua totalidade.

Nesse ínterim, emerge as discussões em torno do termo Paisagem, agora balizadas sobre o viés da Teoria Sistêmica. Porém, cabe salientar que as especulações geográficas sobre a paisagem são muito antigas e que o termo se refere a um dos temas mais complexos da Geografia, devido a sua variada etimologia, aliada a questões de ordem teórica, metodológica e epistemológica. Diversos conceitos sobre a concepção de paisagem foram discutidos ao longo dos anos, sendo sua evolução acompanhada pelo desenvolvimento da Ciência Geográfica. Troppmair (2006) sintetiza alguns posicionamentos:

> (...) segundo Schmithuesen (1963), para alguns tem apenas significado "visual ou artístico" (Landschaftsbild), para outros, paisagem significa um "espaço vivenciado", para um 3º grupo o termo representa um "espaço limitado com determinadas características" (Idiochor), outros consideram paisagem apenas o que foi "criado pela própria natureza" (Naturlandschaft), ao contrário de outro grupo para o qual paisagem é o espaço "criado

> pela ação do homem" (Kulturlandschaft). Podemos citar um 6º grupo que considera paisagem no sentido empregado por A. Humboldt, o "caráter integrado (único) do espaço" (Gesamtcharakter einer Gegend). Este último enfoque de paisagem é aceito por geógrafos.

No escopo dessa discussão, destaca-se a percepção de paisagem de Alexander Von Humboldt no final do século XVIII, onde ele revela a intrínseca relação dos elementos naturais (elementos geomorfológicos, biogeográficos e climatológicos) com as organizações humanas ao longo da história:

> O mundo físico se reflete no mais íntimo do nosso ser, em toda a sua verdade. Tudo quanto dá caráter individual a uma paisagem: o contorno das montanhas que limitam o horizonte num longínquo indeciso, a escuridão dos bosques de pinheiros, a corrente que se escapa de entre as selvas e bate com estrépido nas rochas suspensas, cada uma destas coisas tem existido, em todos os tempos, em misteriosas relações com a vida íntima dos homens (HUMBOLDT, 1808, p. 212 *apud* MARQUES NETO, 2008).

Embora tal reflexão já demonstre uma visão sistêmica, os estudos de análise da paisagem apresentavam um caráter reducionista, pois analisava seus elementos de forma fragmentada, considerando seus elementos individualmente sem dar conta de suas conexões. Porém, com a incorporação da Teoria Geral dos Sistemas, com seu arcabouço teórico-metodológico, a Geografia passa a estudar a paisagem segundo sua dinâmica, apontando sua funcionalidade e sua organização, derivada do jogo de interações entre os elementos constituintes.

Destarte, incorporando o método sistêmico em sua análise, Bertrand (2004) esclarece a abrangência e integração da concepção de paisagem, abordando todos os elementos que a compõe, inserindo também a perspectiva evolutiva da paisagem:

> A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. [...] É preciso frisar bem que não se trata somente da paisagem 'natural' mas da paisagem total integrando todas as implicações da ação antrópica (BERTRAND, 2004).

Rogerie (1969) e Mateo (1998) citados por Rodrigues et all (2007) afirmam que diferentes interpretações sobre o termo paisagem (“Landscape”, “Landschaft” e “Paisaje”) foram difundidas, servindo de núcleo a diferentes concepções cientificas, das quais se destacam:

1 – *Paisagem como aspecto externo de uma área ou território*: associa a paisagem a interpretações estéticas, sendo resultado de diferentes percepções.

2 – *Paisagem como formação natural*: surge a partir da inter-relação dos elementos naturais, existindo três subgrupos:

a) Conceito de gênero de qualquer nível, utilizando como sinônimo, termos como complexo territorial natural, geocomplexo ou geossistema natural.

b) Interpretação regional, que concebe a paisagem como unidade taxonômica.

c) Interpretação tipológica concebe a paisagem como um território com traços comuns.

3 – *Paisagem como formação antropo-natural*: consiste num sistema territorial composto por elementos naturais e antropotecnogênicos que modificam as propriedades da paisagem natural original. Considera a existência de paisagens naturais, antroponaturais e antrópicas, o que se conhece como paisagens atuais ou contemporâneas.

4 – *Paisagem como sistema econômicosocial*: é a área onde vive a sociedade humana e é composto por uma determinada capacidade funcional para o desenvolvimento das atividades econômicas.

5 – *Paisagem cultural*: concebe a paisagem como resultado da ação da cultura ao longo do tempo, modelando-se por um grupo cultural, a partir de uma paisagem natural.

Os autores afirmam que destes, o conceito apropriado pelas ciências biológicas e geográficas é o da paisagem como formação antroponatural. Nesse sentido, pode-se considerá-la como:

- Um sistema que contém e reproduz recursos;
- Como um meio de vida e da atividade humana;
- Como um laboratório natural e fonte de percepção estética.

Dessa forma, percebe-se que as paisagens são formações complexas, caracterizada por sua estrutura e heterogeneidade nos elementos que a compõe e pelas múltiplas relações que se estabelecem tanto interna quanto externa a elas.

O estudo pautado na perspectiva sistêmica resultou na década de 1960, numa nova maneira de vê as paisagens. De cunho originalmente geográfico, surge no seio dessa ciência o conceito de geossistema, que a luz da análise integrada da paisagem vem consolidar a abordagem sistêmica no campo da Geografia teórica e aplicada.

O conceito de geossistema nasce originalmente em duas correntes distintas de pensamento: a primeira é a corrente russa, cujo expoente é Sotchava, em seguida, tem-se a corrente de base francesa onde se destaca a figura de Bertrand.

O geógrafo soviético Sotchava introduziu o termo geossistema na literatura russa na década de 1962, aplicando-o a estudos da paisagem. Sotchava salienta que os "geossistemas são sistemas dinâmicos, flexíveis, abertos e hierarquicamente organizados, com estágios de evolução temporal, numa modalidade cada vez maior sob influência do homem" (SOTCHAVA, 1977). Embora reconheça os geossistemas como fenômenos naturais, o autor afirma que há uma conexão real entre os fatores econômicos e sociais e os elementos biofísicos que compõem a paisagem.

Direcionando sua análise a organização da paisagem, Sotchava (1977) afirma que as unidades espaciais são dependentes da organização geográfica, assim, estabelece três categorias hierárquicas de grandezas espaciais: topológica, regional e planetária. Em escala decrescente, seu sistema taxonômico é subdivido em duas categorias, que *a priori,* apresentam-se excludentes, mas que são caracterizadas por sua interdependência e atuação na estruturação do geossistema. Estas unidades são denominadas de geômeros - consideradas estruturas homogêneas – e os geócoros – que por sua vez, são estruturas tidas como heterogêneas.

Já o biogeógrafo francês Bertrand (1972) inseriu o conceito de Geossistema na literatura geográfica francesa, tomando como base os conhecimentos da "ciência da paisagem", mostrando que os estudos a cerca da

paisagem deve partir do conceito e método geossistêmico. Ele define geossistema como “situado numa determinada porção do espaço, sendo o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução” (CHRISTOFOLETTI p.42, 1999).

O geossistema não apresenta uma grande homogeneidade fisionômica, evidenciando um mosaico de paisagens que representam seus diferentes estágios de evolução. Assim Bertrand afirma que as delimitações geográficas das unidades de paisagem são arbitrarias, pois não há sistema eficaz que respeite os limites próprios de cada fenômeno, existindo uma dominância física em sua taxonomia. A classificação das paisagens deve ocorrer em função da escala, situando-a no tempo e no espaço.

Para Bertrand (1971 apud ROSS 2006) o sistema de classificação das paisagens pauta-se em seis níveis taxonômicos temporoespaciais: zona, domínio e região como unidades superiores e geossistema, geofácies e geótopo como unidades inferiores. A zona corresponde à primeira grandeza e é definida pela zonalidade climática (como o estudo da zona tropical). O domínio é a segunda grandeza e corresponde a divisões dentro de uma determinada zona (o domínio dos cerrados na zona tropical). A região (terceira grandeza) é uma área bem delimitada no interior de um domínio.

Quanto às unidades inferiores, o geossistema corresponde a uma paisagem nítida e que pode ser facilmente identificável em uma foto aérea. São resultantes da combinação de fatores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos. Os geofácies correspondem a um setor fisionomicamente homogêneo, onde se desenvolvem uma mesma face de evolução do geossistema. Já o geótopo é a menor unidade homogênea do geossistema.

Num esforço inicial Bertrand difundiu a concepção de geossistema como categoria de análise e um nível de classificação dentre um conjunto de seis táxons, dificultando a delimitação na prática, do que seria realmente um geossistema. Como solução a essa problemática, o autor afirma que essa delimitação pode ser realizada tomando por base a vegetação da área, pois ela representaria a síntese do meio. Contudo, sabe-se que isso não é regra geral (ROSS, 2006), pois a vegetação nem sempre é a variável dominante na

paisagem. Admite-se assim que a proposta taxonômica de Bertrand já surgia com problemas de representação cartográfica

Outra proposta de delimitação do geossistema é apresentada por Bertrand, onde ele considera três elementos: o sistema de evolução, o estágio atual (clímax) e o sentido de sua dominância (progressiva, regressiva e de estabilidade). Baseado na teoria biorresistásica de H. Erhart, ele afirma que há dois tipos de geossistema, ou seja, os que estão em biostasia, considerados mais ou menos estáveis, e os que estão em resistasia, onde prevalecem as atividades erosivas, portanto são instáveis. Essa classificação também apresenta problemas, pois não se pode afirma com absoluta certeza que um geossistema está em estado biostático por que está conservado, ou que está em resistasia, em estágio de regressão.

No Brasil, um os precursores da discussão sobre geossistema foi Monteiro iniciada em 1968, quando do seu ingresso na USP, estendendo-se até 1978 onde ele inicialmente teve contato com o artigo de Bertrand, traduzido por Olga Cruz, e posteriormente, o próprio veio a traduzir o texto do soviético Sotchava sobre geossistema (MONTEIRO, 2000). O autor considera que o geossistema constitui um "sistema singular, complexo, onde interagem os elementos humanos, físicos, químicos e biológicos, e onde os elementos sócio-econômicos não constitui um sistema antagônico e oponente, mas sim estão incluídos no funcionamento do sistema" (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Outro autor que também trabalha a concepção geossistêmica em seus estudos é Christofoletti (1999), que afirma que os geossistemas:

> representam a organização espacial resultante da interação dos elementos componentes físicos da natureza (clima, topografia, rochas, vegetação, animais, solos) possuindo expressão espacial na superfície terrestre e representando uma organização (sistema) composta por elementos, funcionando através de fluxos de energia e matéria (CHRISTOFOLETTI, 1999 p. 37).

Outra contribuição à análise integrada da paisagem é oriunda das concepções de Tricart (1977), a morfodinâmica. Segundo Rodrigues (2001) a abordagem morfodinâmica "é prima – irmã" da teoria geossistêmica e constitui

numa importante ferramenta para o estudo integrado da paisagem capaz de identificar unidades de planejamento físico-territorial.

Tricart (op. cit) reconhece três meios morfodinâmicos: os meios estáveis, os intergrades e os meios fortemente instáveis. A ocorrência desses meios está fortemente ligada a características especificas no ambiente. Nos meios morfodinamicamente estáveis pode-se encontrar uma cobertura vegetal densa, capaz de frear os processos mecânicos da morfogênese; uma dissecação moderada, sem incisão violenta dos cursos d'água; e ausência de manifestações vulcânicas. Essas condições favorecem o desenvolvimento da pedogênese. Já os meios intergrades se configuram na passagem dos meios estáveis a instáveis, apresentando um balanço entre a pedogênese e a morfogênese. Nos meios fortemente instáveis prevalecem os processos morfogenéticos, e o ambiente apresenta características peculiares, como solos rasos, instabilidade tectônica, relevos fortemente dissecados e inexistência de cobertura vegetal densa (TRICART, 1977).

A abordagem sistêmica na Geografia foi consolidada através da análise dos geossistemas, que passou a ser utilizado como conceito chave entre os especialistas dos estudos da paisagem. Os produtos síntese dessa abordagem devem contemplar de forma sintética as informações muiti-temáticas pesquisadas. Segundo Ross (1995) existem cinco produtos síntese: as Unidades dos Sistemas Naturais, Unidades dos Sistemas Sócio-Econômicos, Unidades Integradas dos Sistemas Naturais e Sócio-Econômicos, Unidade das Fragilidades Potenciais e Emergentes e das Derivações Ambientais e transgressões Legais.

Observa-se que através do conhecimento integrado da paisagem é possível gerar produtos que indiquem a melhor forma de utilização dos recursos naturais, primando pela sua existência às gerações futuras, já que é sabido que a paisagem é uma herança, como afirma Ab'Saber (2003). Para ele os povos herdam paisagens pelas quais são responsáveis, ou ao menos deveriam ser e que todos, desde o mais alto escalão do governo até um simples cidadão têm uma parcela de responsabilidade permanente, no sentido da utilização não-predatória dessa herança.

2.3 AS GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE AMBIENTAL: O SENSORIAMENTO REMOTO E O PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM NA CONFECÇÃO DA CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE JEREMOABO-BA

Nesta seção discutiremos o que é Sensoriamento Remoto e suas potencialidades; as características físicas do sensor e das bandas do satélite Landsat 5 utilizadas na pesquisa, bem como o papel do Processamento Digital de Imagem para a análise ambiental.

2.3.1 Um Olhar Teórico sobre o Sensoriamento Remoto

Atualmente, o Sensoriamento Remoto (SR) é uma ferramenta das geotecnologias mais utilizadas para o mapeamento ambiental de grandes áreas, devido à facilidade em se obter imagens, o custo com o mapeamento e também a atualização das mesmas, o que possibilita estudos periódicos sobre determinadas regiões. Diversos autores discutem seus princípios e conceitos, bem como sua importância. Novo (2008), afirma que o Sensoriamento Remoto:

> pode ser definido como sendo a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações (NOVO 2008 p. 4).

Dessa forma, o Sensoriamento Remoto torna-se um ferramental indispensável à aquisição de dados da superfície terrestre sem o contato direto do homem com o fenômeno de interesse, como explica Jensen (2008):

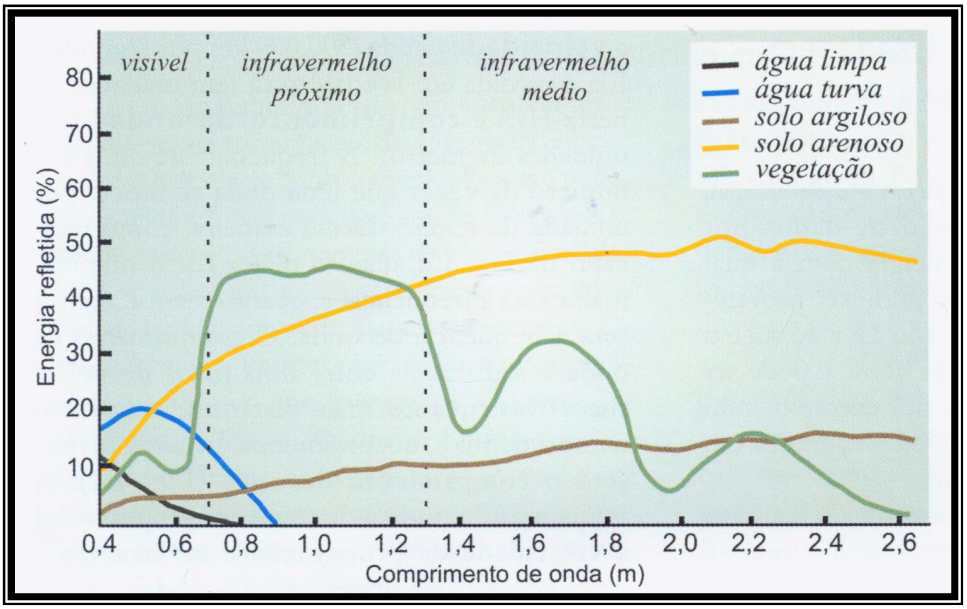
> O Sensoriamento Remoto é a ciência (arte, para alguns) de adquirir informações sobre objetos ou fenômenos na superfície da Terra sem contato direto com estes. Isto é feito pela captura e registro da energia refletida ou emitida, seguido do processamento, análise e aplicação destes dados.

Não fugindo a regra, Lillesand e Kieffer (2008) também afirmam que o Sensoriamento Remoto é a ciência e arte de obter informações de um objeto, área ou fenômeno através da análise de dados adquiridos sem o contato direto com o fenômeno de interesse.

De forma indiscutível, é notório que para obtenção da imagem de SR, é necessário que haja interação entre a radiação eletromagnética e os alvos da superfície terrestre. Estes diferentes alvos (rochas, solo, vegetação, água, etc.) apresentam comportamentos espectrais distintos, devido às suas propriedades biológicas, físicas e químicas e do meio que os cerca.

Ao interagir com os alvos, a radiação eletromagnética pode ser absorvida, refletida, transmitida e refletida por eles de forma seletiva, o que possibilita conhecer a porção especifica do espectro eletromagnético absorvida, e assim, identificar a assinatura espectral de cada alvo nos diferentes comprimentos de onda (Figura 2.2).

Figura 2.2 - Comportamento espectral dos diferentes alvos da superfície



Fonte: Florenzano (2007).

Assim sendo, torna-se possível analisar uma imagem de satélite conhecendo que comprimento de onda que é absorvido por determinado alvo,

bem como a intensidade de sua reflectância, o que facilita a identificação dos alvos e torna mais precisa as informações sobre determinada região.

Dessa forma, é possível medir, com razoável precisão e à distância, as propriedades espectrais dos alvos e fenômenos da superfície terrestre, por meio de sensores instalados a bordo de aeronaves e satélites. Nesta pesquisa foram utilizados dados obtidos do sensor TM (Thematic Mapper), instalado no satélite Landsat 5.

2.3.1.1 Sensor TM (Thematic Mapper) do Landsat 5

A análise da imagem de satélite perpassa pelo conhecimento do sensor que a gerou. Nesta pesquisa foram usadas imagens provenientes do satélite Landsat 5 que foi lançado em março de 1984. O TM é um sensor óptico que registra a energia nas regiões do visível, infravermelho refletido, infravermelho de ondas curtas (SWIR) e infravermelho termal do espectro eletromagnético.

Da série Landsat (1, 2, 3, 4, 5 e 7), excetuando o Landsat 7 ETM+, o sensor TM é o que apresenta as melhores características no que diz respeito as resolução espectral, espacial, temporal e radiométrica. Ele opera com sete bandas espectrais, sendo três na região do visível, três no infravermelho refletido e uma na região termal.

Os dados do Landsat TM possuem um IFOV de 30 x 30 metros projetados no terreno, para as bandas de 1 a 5 e 7, enquanto a banda 6 – infravermelho termal – tem uma resolução espacial de 120 x 120 metros (MOREIRA, 2007; JENSEN, 2008; NOVO, 2008). As bandas do TM foram escolhidas tomando por base sua importância na penetração da água, discriminação de tipos e vigor de vegetação, medidas de umidade de plantas e solos, diferenciação de nuvens, neve e gelo e identificação de alteração hidrotermal em certos tipos de rochas (JENSEN, 2008).

O sistema Landsat - 5 TM apresenta uma órbita circular de 98,2º, posicionados em órbita de 705 Km, ciclo de 16 dias e velocidade de 7,7 km/s e o tempo de obtenção de uma cena de 24 segundos. A seguir, é apresentado o quadro 2.1 com as principais características das bandas deste satélite.

Quadro 2.1 - Características das Bandas Espectrais do Sensor TM - Landsat 5

Banda	Faixa Espectral (µm)	Região do Espectro	Resolução Espacial (m)	Características
1	0,45-0,52	Azul	30	Maior penetração em corpos d'água. Fornece suporte para análise de uso da terra, solo e vegetação.
2	0,52-0,60	Verde	30	Cobre a região entre as bandas de absorção pela clorofila no azul e no vermelho e responde a reflectância da vegetação sadia no verde.
3	0,63-0,69	Vermelho	30	É útil para discriminação da vegetação e para delinear os limites de classe de solos e tipos de rochas.
4	0,76-0,90	IV Próximo	30	É muito sensível a quantidade de biomassa da vegetação e/ou área foliar. É útil para identificar culturas e para realçar contraste entre solo/cultura e terra/água.
5	1,55-1,75	IV Médio	30	É útil para estudos de estresse de culturas e no vigor das plantas. Usadas também para diferenciar nuvem, neve e gelo.
6	10,4-12,5	IV Termal	120	É útil para localizar atividade geotermal, mapeamento da inércia termal, investigações geológicas, classificação e analise de estresse na vegetação e umidade de solo.
7	2,08-2,35	IV Médio	30	Discriminação de informações geológicas. Usadas para identificar zonas de alterações hidrotermal em rochas,

Fonte: Adaptado de Jensen, 2008 e Moreira, 2007.

2.3.1.2 O Processamento Digital de Imagem na Análise Ambiental

A imagem de satélite, produto do Sensoriamento Remoto, para ser interpretada e analisada com mais facilidade pelo homem, deve passar por uma série de procedimentos a fim de ressaltar as características dos alvos. Esses procedimentos são conhecidos como Processamento Digital de Imagem - PDI - onde sua principal função é facilitar a interpretação da imagem pelo usuário (CROSTA, 1992).

As imagens orbitais quando adquiridas, devem ser corrigidas antes de serem utilizadas, mesmo sabendo que algumas distorções são corrigidas na estação de recepção das imagens. Este processo compõe uma das fases mais importantes do tratamento da imagem: o pré-processamento, que é seguido do processamento propriamente dito e a fase de pós-processamento. Essas etapas são assistidas por softwares computacionais.

A manipulação da imagem orbital passa por vários processos (OLIVEIRA, 2008): retificação e restauração de imagem (utilizada para corrigir distorções geométricas, calibrar os dados radiométricos e eliminar ruídos presentes nos dados); realces ou transformações na imagem digital (sua função é aumentar as distinções visuais entre as características da imagem, aumentando a quantidade de informações que podem ser interpretadas visualmente); e classificação de Imagem (objetiva determinar a cobertura da terra ou identificar/evidenciar algum alvo ou objeto presente na superfície terrestre, como litologia, solos, minerais etc.).

Essas tecnologias estão sendo bastante usadas na avaliação de terras secas, monitorando a degradação do solo e os recursos hídricos, pois permite avaliar o ambiente em sua totalidade e de forma integrada, possibilitando um maior entendimento do mesmo. As técnicas de PDI permitem realizar estudos específicos nas paisagens semiáridas, pois essas paisagens apresentam como característica grande variação climática, com oscilação entre estações secas e úmidas durante o ano e entre diferentes anos, o que afeta as características do solo, que ora estão úmidos, ora secos, bem como da vegetação.

Esta afirmação está de acordo com a análise de Carvalho (2007), quando ele afirma que:

> No semi-árido, o solo constitui o principal componente da resposta espectral detectada pelos sistemas sensores, visto que o índice de cobertura vegetal do terreno em geral é menor do que 30%. Os solos geralmente apresentam baixo conteúdo de matéria orgânica e baixa umidade. Solos claros ou avermelhados são mais freqüentes. Essas características favorecem a utilização de sensoriamento remoto nesse tipo de estudo, por permitir avaliar a extensão da área de solo degradada (CARVALHO, 2007).

Tendo em vista a heterogeneidade do semiárido brasileiro, é necessário conhecer a área de estudo, bem como o comportamento espectral dos alvos, a fim de aplicar as técnicas necessárias para melhor identificação dos mesmos. Pautado nessas informações, diversos autores tem estudado o semiárido brasileiro usando técnicas de Sensoriamento Remoto, o próprio Carvalho (2007) utiliza essas técnicas para avaliar a desertificação no sudoeste do Estado do Piauí.

Outro trabalho de grande relevância é o de Freire (2004) que realiza o mapeamento espectro-temporal da desertificação na região do Xingó. O autor teve por objetivo, avaliar o potencial das técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) para identificar áreas susceptíveis à desertificação.

Lopes (2005) também contribui com as discussões a cerca do uso de técnicas de SR para identificar processos de desertificação, ao modelar os parâmetros biofísicos para avaliar o risco a desertificação numa região do estado de Pernambuco. Dessa forma, percebe-se a importância do SR para modelar aspectos ambientais e econômicos da região semiárida, e mais especificamente de áreas em processo de desertificação, como é o caso do município de Jeremoabo.

Com isso, para identificar os diversos alvos na imagem, fruto de diferentes regiões do espectro eletromagnético é comum o uso de princípios de interpretação de imagens. O quadro 2.2 apresenta as principais chaves de interpretação de objetos, segundo Florenzano (2008). O quadro mostra as principais feições encontradas nas imagens de satélite Landsat.

Quadro 2.2 - Chaves de interpretação de objetos e feições representativas em Imagens TM e ETM+ Landsat, 3(B), 4(G) e 5(R).

OBJETO	CHAVE DE INTERPRETAÇÃO
Área Urbana	Cor magenta (rosa); textura ligeiramente rugosa; forma irregular; localização junto a rodovias.
Solo Exposto	Cor magenta (dependendo do tipo de solo, pode ser bem claro, tendendo ao branco); textura lisa; forma regular; localização junto a áreas urbanas (área terraplanada para loteamentos, instalação de indústria, shopping center etc.) ou áreas agrícolas (preparadas para cultivo ou recém-colhidas).
Área Desmatada	Cor magenta; textura lisa; forma regular;
Área Agrícola	Cor magenta (solo preparado ou cultura colhida), verde-claro (cultura em estágio inicial) e verde mais forte (cultura sadia e madura); textura lisa; forma regular/geométrica; padrão de talhões (divisão em parcelas); presença de sombras (áreas escuras) em culturas mais altas.
Áreas de Pastagem	Cor magenta (solo preparado e pastagem seca) e verde (pastagem densa e verde); textura lisa (pastagem plantada) e ligeiramente rugosa (pasto sujo); forma irregular;
Área de Reflorestamento	Cor magenta (solo preparado) e verde (reflorestamento adulto); textura lisa; forma regular; presença de carreadores; são comuns talhões grandes.
Área de mata/capoeira	Cor verde-escuro; textura rugosa; forma irregular;
Corpos d'água (rios, lagos, represas e oceano)	Cor azul (material em suspensão) ou preta (água limpa); textura lisa; forma irregular; linear retilínea ou curvilínea para rios.
Área Úmida ou Inundada	Cor azul-escuro; textura lisa; forma irregular; localização junto de corpos d'água.
Área Queimada	Cor preta; textura lisa; forma irregular, em geral.
Cicatrizes de Escorregamento	Cor magenta-claro a vermelho quando, ou se, a rocha e o solo estiverem exposto; se houver samambaia, por exemplo, a cor será verde-claro; textura lisa; forma alongada ou elíptica.
Tálus	A cor vai depender da cobertura vegetal; forma em leque; localização na parte inferior da vertente.

Planície Fluvial	A cor vai depender da cobertura e do uso da terra; textura lisa; forma alongada; localização junto ao rio.
Planície Costeira	A cor vai depender da cobertura e do uso da terra; textura lisa; forma alongada ou circular; localização junto ao mar.
Terraço Fluvial	A cor vai depender da cobertura e do uso da terra; textura lisa; forma alongada; localização adjacente a planície fluvial.
Colinas	A cor vai depender da cobertura e do uso da terra; textura ligeiramente rugosa; forma circular; pequeno sombreamento.
Morrotes	A cor vai depender da cobertura e do uso da terra; textura rugosa; forma circular; pequeno sombreamento.
Morros com topos arredondados	A cor vai depender da cobertura e do uso da terra; textura rugosa; forma circular; sombreamento médio.
Morros/serras com topos angulares	A cor vai depender da cobertura e do uso da terra; textura rugosa; forma linear; sombreamento acentuado.
Escarpa	A cor vai depender da cobertura e do uso da terra no reverso da escarpa; na escarpa, em geral, com vegetação, a cor será verde ou preta, devido ao sombreamento acentuado.

Fonte: Florenzano, 2008.

Estes elementos, chave de interpretação de imagem, podem ser tomados como base para a interpretação, porém, é aconselhável que o autor elabore seus próprios elementos de interpretação. Dessa forma, aliando o conhecimento teórico e os conhecimentos da área de estudo, foi possível analisar e interpretar a imagem de satélite, resultando na construção do mapa de uso e ocupação do solo para o município de Jeremoabo.

2.4 - AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL À PERDA DE SOLO NO MUNICÍPIO DE JEREMOABO-BA

A base teórica abordada neste capítulo é referente ao que é Vulnerabilidade Ambiental, ao sistema de Informação Geográfica (SIG) e Modelos e Modelagem em Sistemas Ambientais, que resultará na execução da modelagem da carta de vulnerabilidade Ambiental.

2.4.1 Conceituando Vulnerabilidade Ambiental

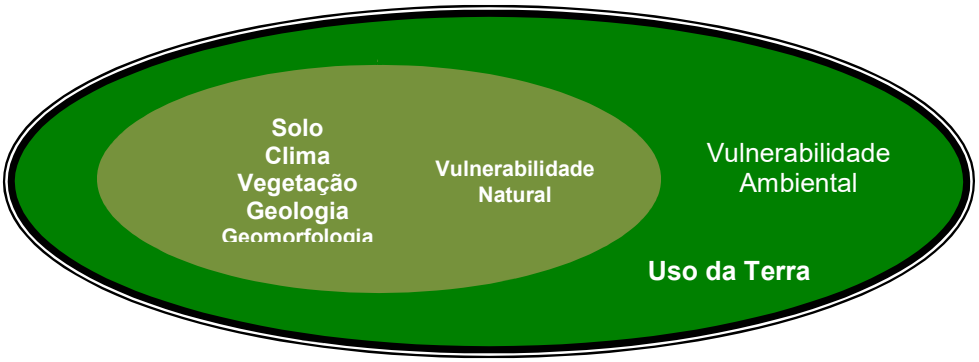
Conceitos sobre vulnerabilidade são abordados por diversos outros autores. Grigio (2003), baseado em Andersen & Gosken (1989), afirma que "vulnerabilidade ambiental consiste em qualquer conjunto de fatores ambientais de mesma natureza que, diante de atividades que estão ocorrendo ou que venham a ocorrer, poderá sofrer adversidades e afetar, de forma total ou parcial, a estabilidade ecológica da região em que ocorre".

Tagliani (2003) também aborda o conceito de vulnerabilidade ambiental, afirmando que é a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer. Ele avalia esta definição segundo três critérios: o de fragilidade intrínseca, que está condicionada ás características inerentes ao substrato físico (litológica, relevo, declividade); a sensibilidade, que é condicionada á proximidade de ecossistemas sensíveis (como recursos hídricos e comunidades vegetais); e ao grau de maturidade dos ecossistemas, condicionada pelo tempo de evolução do substrato.

Ross (1994) aponta que a maior ou menor fragilidade dos ambientes naturais é função das características genéticas de suas variáveis. Já Kawakubo (2005) afirma que a fragilidade potencial de uma área pode ser definida como a vulnerabilidade natural que um ambiente apresenta em função de suas características físicas como a declividade e o tipo de solo, já a fragilidade ambiental considera, além das características físicas, os graus de proteção que os diferentes tipos de uso e cobertura vegetal exercem sobre o ambiente.

Percebe-se que houve uma evolução do conceito de vulnerabilidade, que foi subdivida em vulnerabilidade natural e vulnerabilidade ambiental. Aqui, abordaremos a vulnerabilidade natural como à fragilidade intrínseca das variáveis que compõem a paisagem, enquanto que por vulnerabilidade ambiental entende-se a susceptibilidade de um ambiente a vulnerabilidade natural associada ao uso da terra (Figura 2.3).

Figura 2.3 – Modelo Representativo do Conceito de Vulnerabilidade Ambiental



O mapeamento de áreas que apresentam vulnerabilidade ambiental permite identificar o grau de fragilidade da área, avaliar as potencialidades do meio de forma integrada. Assim, é possível analisar áreas que apresentam baixo nível de vulnerabilidade, e áreas mais frágeis, com alto nível de vulnerabilidade, onde é necessária uma intervenção antrópica que busque minimizar a degradação dessa área. Ross (1994) afirma que:

> O conhecimento das potencialidades dos recursos naturais passa pelos levantamentos dos solos, relevo, rochas e minerais, das águas, do clima, da flora e fauna, enfim de todas as componentes do estrato geográfico que dão suporte a vida animal e do homem. Para análise da fragilidade, entretanto, exige-se que esses conhecimentos sejam avaliados de forma integrada, calcada sempre no principio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre as suas componentes físicas e bióticas (ROSS 1994 p. 65).

Percebe-se que o estudo das fragilidades do ambiente perpassa pela análise integrada da paisagem, devendo ser analisado sob o prisma da Teoria Geral dos Sistemas, que parte do pressuposto que as trocas de matéria e energia (*input e output*) se processam através de relações de equilíbrio dinâmico.

Assim, para subsidiar a análise sistêmica da paisagem, Crepani *et al*. (2001) desenvolveram uma metodologia para a geração de cartas de vulnerabilidade à perda de solo tomando como base os princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977). Essa metodologia vem dar suporte ao Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) da Amazônia e de outras regiões, onde estabelece uma relação baseada nos processos de morfogênese e pedogênese. Então, quando há o

predomínio da morfogênese prevalecem os processos erosivos modificadores das formas de relevo, e quando há o predomínio da pedogênese prevalecem os processos formadores de solos.

Nesta metodologia é condicionada à paisagem uma escala de vulnerabilidade a partir dos princípios da Ecodinâmica de Tricart (1976, 1977) que estabelece as seguintes categorias morfodinâmicas (Quadro 2.3):

Quadro 2.3 - Categorias Morfodinâmicas

CATEGORIAS MORFODINÂMICAS E CARACTERÍSTICAS		
Meios Estáveis	Meios Intergrades	Meios Fortemente Instáveis
• Cobertura vegetal densa; • Dissecação moderada; • Ausência de manifestações vulcânicas	Balanço entre as Interferências Morfogenéticas e Pedogenéticas.	• Ocorrências de variações fortes e irregulares de ventos e chuvas; • Relevo com vigorosa dissecação; • Presença de solos rasos; • Inexistência de cobertura vegetal densa; • Planícies e fundos de vales sujeitos a inundações; e • Geodinâmica interna intensa.

Fonte: Adaptado de Tricart, (1976, 1977).

A avaliação desses princípios permitiu a criação de um modelo que indique o estágio de evolução morfodinâmica da paisagem, onde é possível indicar o grau de vulnerabilidade para cada categoria, conforme o quadro 2.4.

Quadro 2.4 - Avaliação da estabilidade das Categorias Morfodinâmicas

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

Fonte: Crepani, 2001.

Ross (1994), também desenvolveu metodologias baseadas nos princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977), sendo uma pautada nos Índices de Dissecação

do Relevo, e a outra nas Classes de Declividade. O autor ampliou o uso do conceito de Ecodinâmica, estabelecendo as Unidades Ecodinâmicas Instáveis em diversos níveis, desde Instabilidade Muito Fraca a Muito Forte, estendendo também às Unidades Ecodinâmicas Estáveis (de Instabilidade Emergente Muito Fraca a Muito Forte).

A diferença entre os três modelos (os dois propostos por ROSS e o proposto por CREPANI – INPE) está na forma de analisar o espaço geográfico: Ross parte da análise dos temas isoladamente até chegar às unidades homogêneas complexas, enquanto Crepani identifica inicialmente as unidades homogêneas na imagem de satélite e posteriormente agrupa as variáveis temáticas que caracterizam cada unidade.

Outra diferença está no cálculo para identificar os graus de fragilidade dos ambientes; enquanto Ross parte da hierarquização das variáveis, condicionando maior valor ao relevo, Crepani classifica os graus de vulnerabilidade através da média aritmética das variáveis. Ou seja, para Ross o relevo é a componente mais expressiva da paisagem, enquanto para Crepani as variáveis têm o mesmo peso. As propostas de ambos os autores são bastante usadas na literatura, ficando a cargo do analista a escolha da metodologia que melhor represente seus objetivos.

2.4.1.1 Pressupostos Teórico-Metodológicos sobre Vulnerabilidade Ambiental

Os procedimentos aplicados nesta pesquisa foram adaptados da metodologia desenvolvida pelo INPE (Crepani, *et al.*1996, 2001), que tem como base os princípios da ecodinâmica (TRICART, 1977), onde são considerados os processos de pedogênese e morfogênese, ou seja, áreas de predominância da morfogênese, que implica em processos modificadores do relevo, e áreas de predominância da pedogênese, onde prevalecem os processos formadores de solo.

Para a atribuição de valores a cada um dos temas na escala de vulnerabilidade destacaram-se características das variáveis em questão como espessura e maturidade do solo, grau de coesão das rochas, densidade de cobertura vegetal, entre outros.

2.4.1.2 Vulnerabilidade para o Tema Geologia

No que concerne a variável geologia o grau de coesão das rochas é a informação básica a ser integrada a partir dos critérios estabelecidos pela Ecodinâmica, pois sabe-se que em rochas pouco coesas podem prevalecer os processos erosivos, modificadores das formas de relevo (morfogênese), enquanto que nas rochas bastante coesas devem prevalecer os processos de intemperismo e formação de solos (pedogênese).

2.4.1.3 Vulnerabilidade para o Tema Geomorfologia

Para o tema geomorfologia utilizamos as variáveis: declividade, amplitude altimétrica e dissecação do relevo, oriundas do processamento do Modelo Digital de Terreno (MDT). Dessa forma, aos relevos planos a suavemente ondulados, como as superfícies pediplanadas, os interflúvios tabulares e as colinas de topos aplainados, receberam valores de vulnerabilidade baixa. Enquanto as formas caracterizadas por relevos ondulados dissecados em colinas, receberam valores de vulnerabilidade intermediários. Já as formas caracterizadas por relevos fortemente ondulados a escarpados, dissecados em cristas, ravinas e pontões, receberam valores de alta vulnerabilidade (CREPANI, 2001).

2.4.1.4 Vulnerabilidade para o Tema Solo

De acordo com a metodologia de Crepani (2001), para estabelecer o valor de vulnerabilidade para o tema solo adota-se como principal característica o grau de desenvolvimento ou maturidade do solo. Sabe-se que este, dentro do processo morfodinâmico, participa como produto direto do balanço entre a morfogênese e a pedogênese, o que vai indicar solos mais ou menos desenvolvidos.

A partir da análise dos processos morfogenéticos é possível identificar se uma unidade de paisagem natural é considerada estável ou instável, pois em regiões onde predominam os processos de pedogênese, vão favorecer a formação de solos bastante desenvolvidos, intemperizados e envelhecidos, enquanto que em unidades que predominam a morfogênese, há um predomínio

de processos erosivos em detrimento aos processos de formação e desenvolvimento do solo.

2.4.1.5 Vulnerabilidade para o Tema Vegetação e Uso do Solo

As características adotadas para atribuição do valor de vulnerabilidade a este tema foi a densidade da cobertura vegetal, a pastagem e agricultura e áreas antropizadas, que foram obtidos através de análise documental, interpretação de imagens de satélite e trabalho de campo. A densidade de cobertura vegetal de uma unidade de paisagem natural contribui para a proteção do terreno contra os processos erosivos, assim, foi atribuído para as altas densidades de cobertura vegetal valor próximo a 1.0 (um), enquanto as áreas antropizadas receberam valores próximos a 3.0, pois representam áreas instáveis.

2.4.1.6 Vulnerabilidade para o Tema Clima

O conhecimento do clima é fundamental para entender os processos que caracterizam uma unidade de paisagem. Ele é responsável pelo tipo de cobertura vegetal de uma região, bem como pelo controle direto do intemperismo/erosão, através da intensidade da precipitação pluviométrica. A ação da água da chuva provoca o intemperismo nas rochas e a erosão hídrica nos solos, assim, o solo é o agente passivo da erosão.

A quantidade ou pluviosidade total, a intensidade pluviométrica e a distribuição sazonal, são características da chuva responsáveis pelos processos erosivos. Porém, dá-se especial importância a intensidade pluviométrica, pois ela representa a relação entre as outras duas (quanto chove e quando chove numa região). Sua relevância é verificada quando se sabe que uma elevada pluviosidade anual, mas bem distribuída ao longo de um período, tem um poder erosivo menor do que uma precipitação anual mais reduzida, contudo, concentrada durante certo período. Esta situação é corrente na Região Nordeste, que tem seu volume de chuvas concentrado durante um período do ano (dezembro a abril), o que provoca uma extensiva denudação das regiões semi-áridas.

Dessa forma, as regiões que apresentam menores índices pluviométricos anuais e maior duração para o período chuvoso receberão valores próximos à estabilidade 1.0. Aos valores intermediários associam-se valores para a vulnerabilidade/estabilidade entorno de 2.0 e às unidades localizadas em áreas de maiores índices de pluviosidade anual e menor duração do período chuvoso atribui-se valores próximos da vulnerabilidade 3.0.

Uma síntese das características das variáveis abordadas nesta pesquisa pode ser visualizada no quadro 2.5.

Quadro 2.5 - Síntese das características das variáveis analisadas na pesquisa

TEMAS	CARACTERÍSTICAS
Geologia	- História da Evolução Geológica - Tipo de Rocha e Grau de Coesão (pouco coesas - processos modificadores do relevo. Bastante coesas - processos de formação de solos).
Geomorfologia	- Amplitude altimétrica - Grau de dissecação - Declividade
Pedologia	- Maturidade dos Solos
Vegetação	- Densidade da Cobertura Vegetal
Clima	- Intensidade Pluviométrica (Pluviosidade anual/ Duração do Período Chuvoso)

Fonte: Crepani (2001).

2.4.2 Sistema de Informação Geográfica, Modelos e Modelagem: Pressupostos Teóricos Para Uma Integração de Dados Ambientais

2.4.2.1 O Sistema de Informação Geográfica (SIG) e sua Importância para a Análise Ambiental

O Sistema de Informação Geo-Referenciada ou Geográfica (SIG) consiste numa forma de armazenar e manipular dados e informações. A tecnologia do SIG

é relativamente nova e apresenta um caráter essencialmente interdisciplinar, o que garante seu uso por um grande número de usuários e em diferentes áreas, como sistema de informações policiais, de recursos naturais, uso da terra e sistema de informações cadastrais, etc.

Ao longo do tempo, observou-se que os conceitos de SIG convergem para duas áreas: 1 – os sistemas possibilitam a integração de informações geográficas numa mesma base de dados, provenientes de diversas fontes; 2 – os SIGs oferecem mecanismos para recuperar, manipular e visualizar os dados, através de algoritmos de manipulação a análise.

Assim, Rosa (1999) contribui com a definição de SIG, afirmando que não é apenas um software para manipulação de informação georreferenciada, e que engloba um conjunto de conhecimentos teóricos relacionados ao modelo digital. Para ele os SIGs são:

> Sistemas computadorizados capazes de manipular informações geo-referenciadas. Isto compreende capturar, armazenar, gerenciar, analisar e exibir dados com um componente espacial, de localização e atributos que os descrevem, construindo assim, um modelo digital de uma abstração do mundo real. Este modelo é construído através de uma série de filtros que controlam o tipo de informação a ser armazenado, seu detalhamento, precisão e atualização (ROSA, 1999).

Silva (2003), de forma geral, conceitua SIG como sendo a:

> Tecnologia que possui o ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais e, portanto, oferece, ao ser implementada, alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico, compondo o chamado universo da Geotecnologia, ao lado do Processamento Digital de Imagem (PDI) e da Geoestatística.

Dessa forma, entende-se que o SIG pode integrar informações em uma base de dados, provenientes de dados censitários, cartográficos, imagens de satélite, etc. oferecendo mecanismos para combinar variáveis distintas, bem como permite que haja consulta ao banco de dados, que o usuário possa visualizar o conteúdo e também acrescentar mais informações a este, gerando novos produtos georreferenciados.

Concordamos como Burrough e McDonnell (1998) quando eles afirmam que os SIGs possuem um conjunto poderoso de ferramentas para realizar coletas, armazenamentos, recuperar, transformar e exibir dados do mundo real, o que condiciona sua utilização a diversos usuários com diferentes propósitos.

Os dados trabalhados em ambiente SIG descrevem objetos do mundo real, como por exemplo, sua localização, já que a palavra Geográfica implica que sua localização é conhecida, ou que pode ser calculada, em termos de coordenadas geográficas – latitude e longitude. (BONHAM-CARTER, 1994).

Os SIGs permitem ao usuário, abstrair o mundo real e modelar suas características físicas, econômicas e ambientais, a fim de atender as demandas de análise geográfica, como o planejamento territorial, ambiental, entre outros, culminando na tomada de decisões de órgãos públicos e privados sobre a gestão do território.

Câmara (1995) aponta as características principais de um SIG:

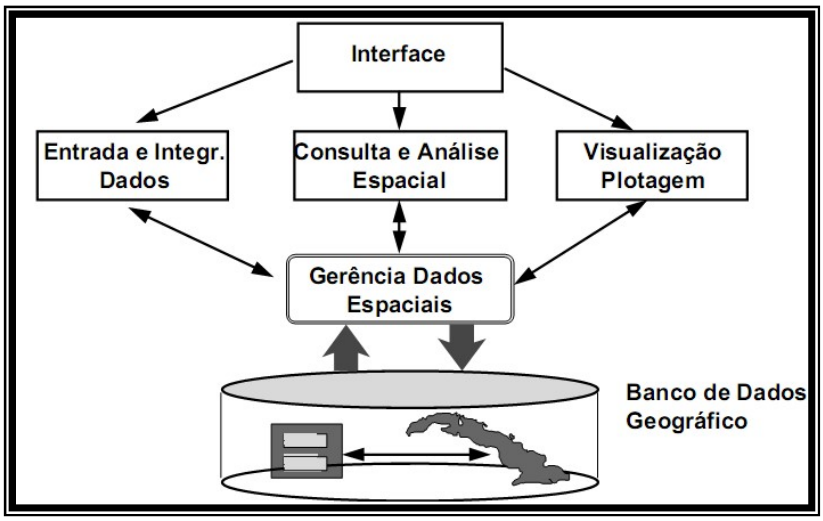
- Integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno.
- Combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados.
- Consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados.

Dessa forma, percebe-se a importância do SIG para manipulação de dados geográficos. Segundo o INPE (1999a) o SIG apresenta os seguintes componentes (Figura 2.5):

- Interface com usuário – define como o sistema é operado;
- Entrada e integração de dados – inclui mecanismos de conversão de dados;
- Funções de consulta e análise espacial – inclui operações topológicas, álgebras de mapa, estatística espacial, modelagem numérica de terreno e processamento de imagens;

- Visualização e plotagem - devem oferecer suporte adequado para a apreensão cognitiva dos aspectos relevantes dos dados pesquisado;
- Armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos).

Figura 2.4: Arquitetura de um Sistema de Informação Geográfica.



Fonte: Câmara Neto (1995).

Estes componentes se relacionam de forma hierárquica e cada uma das etapas ocorre em diferentes níveis de interação com o usuário. Com o avanço na tecnologia do Sistema de Informação Geográfica, este tem sido usado por diversos autores na atualidade, principalmente para descrever questões ambientais.

Em sua dissertação de mestrado Wallace Roque (2006) utiliza o SIG pra fazer o Mapeamento Geoambiental da área urbana de Manaus, sendo um de seus objetivos, construir uma base de dados com informações geotécnicas visando subsidiar o planejamento urbano e ambiental do município.

Freire (2004) também se apropria das tecnologias do Sistema de Informação Geográfica para fazer o mapeamento e análise de áreas de risco passíveis de desertificação na região do Xingó.

Outro trabalho de relevância é o de Gomes (2005), onde a autora utiliza dados de Sensoriamento Remoto e de SIG para determinar a vulnerabilidade à perda de solo em região semi-árida do estado de Pernambuco.

Assim, é perceptível a relevância do SIG para manipulação de informações geográficas, principalmente no que concerne ao ambiente, que devido ao mal uso de seus recursos pela sociedade, necessita cada vez mais de atenção, e esta ferramenta pode oferecer ao analista o suporte necessário à análise ambiental, desenvolvendo modelos capazes de subsidiar o planejamento e gestão desses recursos.

2.4.2.2 Modelagem e Modelos em Sistemas Ambientais

No campo cientifico, a modelagem é considerada um instrumento para os procedimentos metodológicos da pesquisa. Neste ínterim, Christofoletti (1999) aponta que a modelagem consiste em procedimentos teóricos que envolvem um conjunto de técnicas capazes de compor um quadro simplificado e inteligível do mundo.

O produto da modelagem é o modelo, que pode ser conceitualizado como uma estruturação simplificada da realidade, do objeto de estudo. “Um bom modelo é aquele que prevê correta e consistentemente o funcionamento do mundo real para a variável de interesse” (BARBOSA, 1997).

Nas concepções de Chorley e Haggett (1975) “um modelo pode ser uma teoria, uma lei, uma hipótese ou uma idéia estruturada. Pode ser uma função, uma relação ou uma equação. Pode ser uma síntese de dados”. Os modelos são como pontes que ligam os níveis de observação às proposições teóricas, devendo conter objetivos claros a fim de delinear a realidade em estudo. Ao mesmo tempo em que devem ser simples, para o entendimento do usuário, devem apresentar também, certa complexidade para representar com fidedignidade o sistema em estudo.

Para Cougo (1997) um modelo é “a representação abstrata e simplificada de um sistema real, com a qual se pode explicar ou testar o seu comportamento, em seu todo ou em partes”. Assim, o modelo não é um objeto real, mas algo que o representa com maior ou menor fidelidade; ao elemento de referência, para a criação do modelo, Cougo (op.cit) denomina de ***objeto observado.***

O objeto observado é o ponto de partida para qualquer processo de modelagem, e uma das maiores dificuldades do modelador é a compatibilização das características observadas no objeto e as características modeladas, já que o objeto possui características próprias e muitas vezes, apresenta comportamento dinâmico.

Dessa forma, para a obtenção de um modelo, a partir da análise de um conjunto de objetos observados, devem-se levar em consideração, alguns requisitos necessários para que o produto da modelagem seja o mais perfeito possível. Assim, Cougo (1997) enumera:

1 – **Abrangência**: deve-se definir a abrangência do trabalho, para que possa definir que objetos buscar no processo de observação;

2 – **Nível de Detalhamento**: mesmo tendo definido a escala do trabalho, deve-se saber o nível desejado de detalhamento para o trabalho final. Deseja se mapear tudo? Só linhas gerais? O que?

3 – **Tempo para a Produção do Modelo**: para não ter dificuldades com a produção do modelo, deve-se definir prazos para a conclusão do trabalho, para que não peque em qualidade ou não fique inacabado.

4 – **Recursos Disponíveis**: é preciso estabelecer desde o início dos trabalhos, a qualidade e quantidade dos recursos necessários e disponíveis para a modelagem (grifo nosso), além da equipe de trabalho, tanto os especialistas em modelagem, como os indivíduos que estarão fornecendo subsídios para tal.

Após verificação desses requisitos, a próxima etapa é a execução da modelagem, onde devem ser observados os seguintes passos:

- **Observação dos Objetos**: as técnicas de levantamento de dados são muito importantes para conhecer os objetos que farão parte do processo de modelagem. O ponto de partida pode ser entrevistas, reuniões, questionários, análise de dados já estruturados, entre outros.

- **Entendimento dos Conceitos**: o cerne do processo de modelagem é o momento onde se processa a transposição do objeto observado para o objeto reproduzido, é o instante em que conseguimos olhar o objeto e **Identifica-lo, Conceitua-lo, Entende-lo** e por fim, **Assimila-lo**.

- **Representação dos Objetos**: nesta fase, podem-se aplicar várias das técnicas de representação de objetos existentes no mercado, algumas mais detalhistas, outras mais simplistas. Porém, vale ressaltar que o domínio de técnicas é necessário, mas não é suficiente para a construção de bons modelos, o foco no entendimento dos conceitos deve ser privilegiado, pois sem ele, o resultado do produto da modelagem não será válido.

- **Verificação de Fidelidade e Coerência:** é necessário sempre verificar se os novos produtos gerados pelas técnicas escolhidas continuam de acordo com os objetos já existentes ou se apresentam alguma anomalia, que devem ser imediatamente corrigidas.

- **Validação:** Os procedimentos de validação são fundamentais para o encerramento do processo de modelagem, é através desse processo que obteremos a aprovação formal ou a constatação de pontos falho no modelo.

Cougo (1997) termina seu raciocínio sobre o processo de modelagem afirmando que “se em um processo de validação não conseguirmos descobrir algum ponto falho, alguma anomalia ou algo a ser melhorado, devemos então ficar realmente preocupados, pois não fizemos a validação corretamente”!

As principais características dos modelos são: ***Capacidade de seletividade***: a construção do modelo implica numa atitude altamente seletiva no que concerne as informações, onde o operador captura o objeto do modelo, como numa fotografia, deixando informações indesejadas, relegadas a sombra. ***Natureza sugestiva***: os modelos bem sucedidos contem informações para sua generalização e extensão sugerindo novas hipóteses e especulações. ***Simplicidade****:* Os modelos devem ser simples para a compreensão do usuário. ***Caráter análogo***: por serem diferentes do mundo real, os modelos são analogias da realidade, uma forma mais fácil e simples de compreendê-la. ***Replicabilidade***: um modelo não deve ser apenas descritivo, deve possuir a capacidade de ser

aplicado a outras realidades de mesma categoria do sistema (CHORLEY E HAGGETT 1975; CHRISTOFOLETTI, 1999).

A modelagem ambiental consiste no desenvolvimento de modelos voltados ao estudo de processos ambientais. A modelagem pode ser no âmbito dos sistemas climatológicos, geomorfológicos, hidrológicos, entre outros, objetivando uma tomada de decisão por parte do pesquisador. Assim sendo, a modelagem ambiental:

> possui função de representar os fenômenos da natureza e a de estabelecer delineamentos para a elaboração de novas hipóteses no contexto das teorias ou leis físicas, favorecendo com que os enunciados sejam formulados de modo adequado para testes visando à ratificação ou refutação (CHRISTOFOLETTI p.19, 1999).

Os modelos podem ser teóricos e/ou numéricos e necessitam de ferramentas capazes de manipular estas informações. A modelagem pode ser desenvolvida em ambiente SIG usando diferentes algoritmos, e neste estudo a abordagem metodológica utilizada é a álgebra de mapas.

CAPÍTULO 3

AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS DO MUNICÍPIO DE JEREMOABO – BA: PRESSUPOSTOS PARA UMA ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM

"A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução" (Bertrand, 2004).

CAPÍTULO 3

AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS DO MUNICÍPIO DE JEREMOABO – BA: PRESSUPOSTOS PARA UMA ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM

3.1 INTRODUÇÃO

A natureza é constituída de um conjunto complexo de elementos, onde podemos destacar o solo, relevo, clima, hidrografia, a flora e a fauna - inclusive o homem. A interação desses elementos é notória, onde um age sobre o outro e ao mesmo tempo são modificados pela ação humana.

A vegetação depende do clima e do solo, que por sua vez vai depender da topografia, do clima e também da vegetação, assim, esses elementos agem de forma integrada para configurar a paisagem. Porém, observa-se constantemente, diferentes mudanças na paisagem, pois o homem tem explorado sobremaneira os recursos naturais, modificando-o e transformando-o de acordo com suas necessidades e os resultados dessas ações podem ser observados desde uma escala local, até uma escala global, interferindo na dinâmica do planeta.

Frente aos atuais problemas ambientais faz-se necessário uma reflexão sobre a ação do homem na construção do espaço geográfico, pois é através dessa (re)construção que o homem modifica o ambiente, muitas vezes degradando-o. À medida que a relação homem-natureza se torna mais intensa é necessário uma tomada de consciência e uma racionalidade ambiental, onde deve-se coadunar a busca por novos conceitos, conhecimentos e valores que associem teoria e prática, e que venham convergir para a compreensão das questões ambientais, objetivando minimizar as ações antrópicas sobre o meio.

A degradação ambiental no mundo vem crescendo muito nos últimos anos. Existem diferentes formas de degradação relacionadas às diversas variáveis da Terra: atmosfera, vegetação, solo, geologia e hidrologia. Desses tipos, a mais conhecida é a degradação do solo, e também a mais séria, no sentido de que não é facilmente reversível (ARAUJO, 2007), já que o processo de formação do solo é lento, pois o mesmo depende do clima, da rocha matriz, do tipo de modelado

terrestre (relevo), da ação de agentes bióticos (organismos) e do tempo, para se formar.

Atualmente, estudos voltados ao fenômeno de desertificação[1] estão sendo realizados, tendo em vista, que esse processo tem atingido parte significativa do território Nacional, e é uma forma de degradação ambiental acelerada, pois é causada pelo uso intensivo do solo, quando associado à fragilidade natural dos elementos constituintes da paisagem, como o clima.

Esse fenômeno foi identificado no município de Jeremoabo e tem gerado conseqüências ambientais e econômicas para a região e alterado consideravelmente a paisagem do município. Por tanto, o objetivo desse estudo é analisar o comportamento das variáveis físicas deste município compreendendo suas conexões com as ações antrópicas, numa tentativa de subsidiar estudos de planejamento e gestão territorial que possam mitigar os impactos negativos ao meio.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

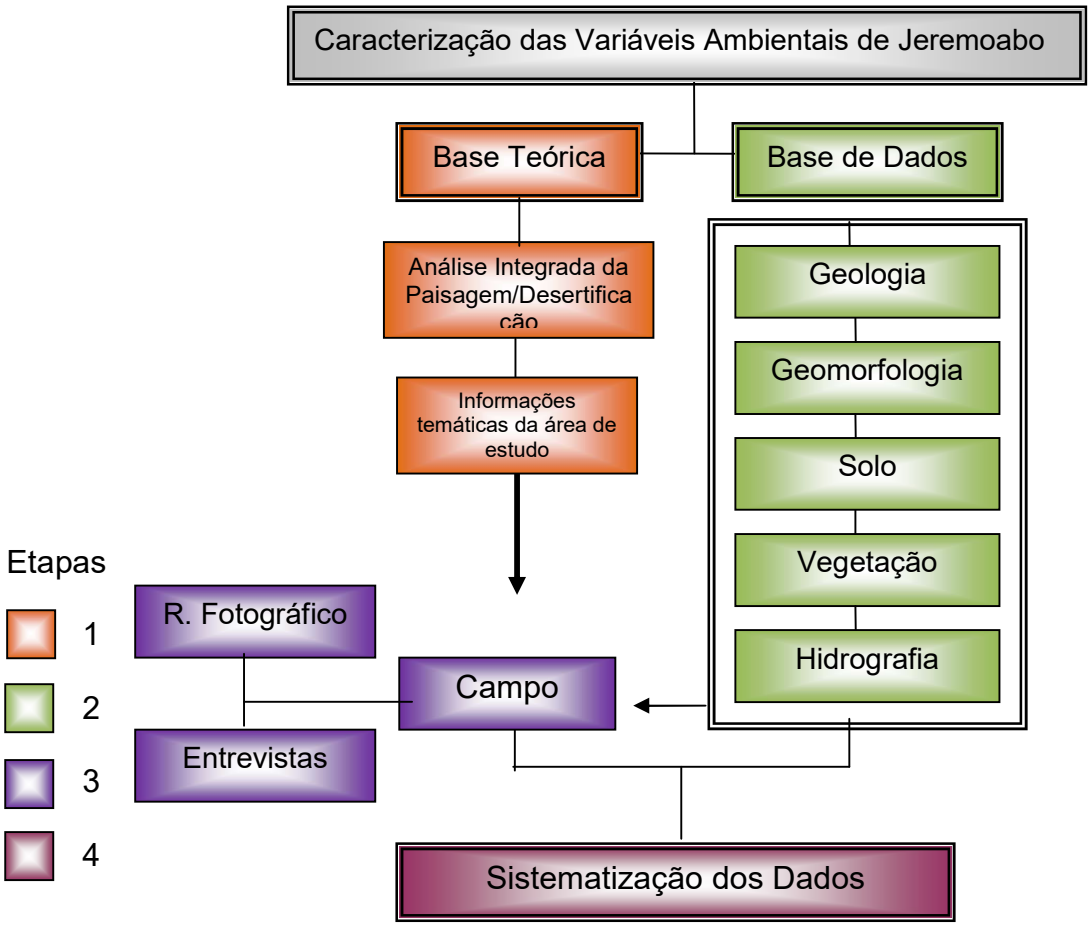
Esta pesquisa se deu em três etapas: a primeira corresponde à análise da literatura específica sobre estudos integrados da paisagem, bem como dos aspectos relacionados à Geografia do município, em especial informações temáticas como geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, clima e dados socioeconômicos de Jeremoabo.

A segunda etapa corresponde ao levantamento e aquisição de documentos cartográficos para a construção da base de dados georreferenciada da área de estudo. Já a terceira fase se refere à etapa de campo, onde foi possível fazer o reconhecimento da área, através de observações, coleta de dados e registro fotográfico. A quarta e última fase é a etapa de sistematização dos dados (Figura 3.1).

---

1 – Para maiores informações sobre o processo de desertificação, conferir o capítulo 2 desta dissertação.

Figura 3.1 - Etapas Metodológicas da Pesquisa



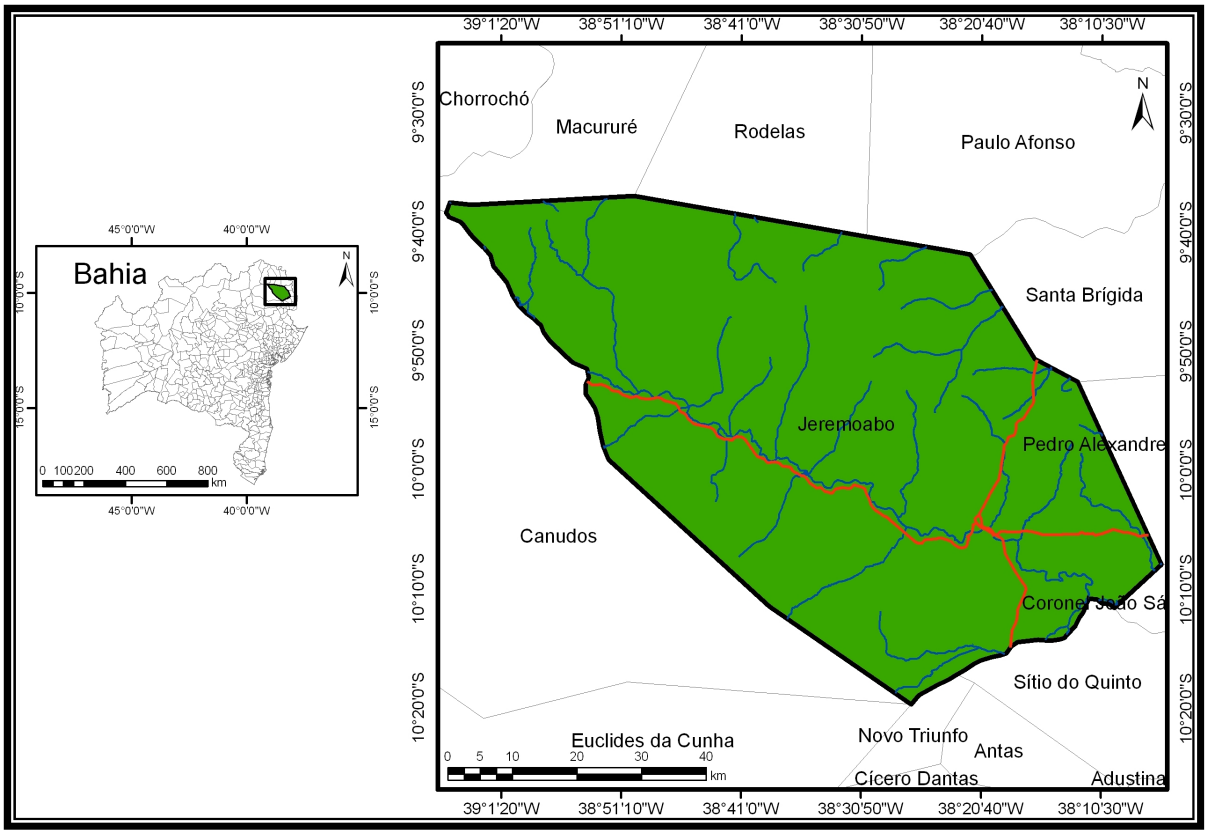
3.3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Jeremoabo localiza-se na região de planejamento Nordeste do Estado da Bahia (Figura 3.2), limitando-se a leste com os Municípios de Santa Brígida, Pedro Alexandre e Coronel João Sá, a sul com Sítio do Quinto e Novo Triunfo, a oeste com Canudos e a norte com Macururé, Rodelas e Paulo Afonso.

A área municipal é de 4.761Km^2, e está inserida nas folhas cartográficas SC. 24-Z-A-II e SC. 24-Z-A-I, até o momento não editadas. Uauá (SC. 24-V-D-VI), Canché (SC.24-X-C-IV) e Santa Brígida (SC.24-X-C-V) na escala 1:100.000, editadas pelo DSG, respectivamente, em 1977, 1985 e 1981.

A sede municipal tem altitude de 275 metros e coordenadas geográficas 10°04’00” de latitude sul e 38°21’00” de longitude oeste (CPRM, 2005). O município tem uma população aproximada de 39.302 habitantes e sua economia é baseada na agropecuária, extração vegetal e silvicultura (IBGE, 2009).

Figura 3.2 - Localização do município de Jeremoabo na Bahia.



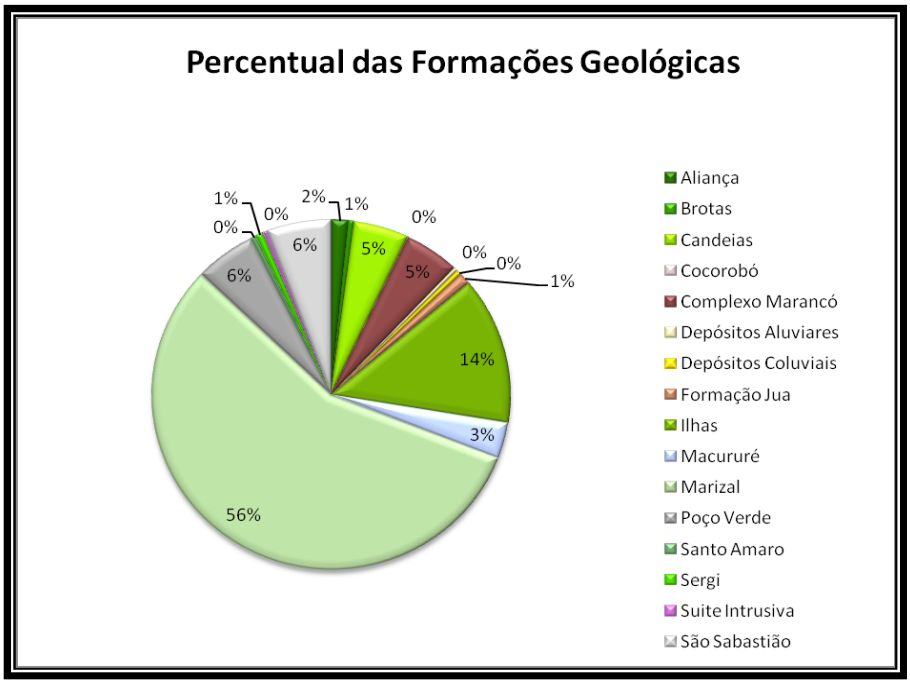
Fonte: SRH (2003).

3.3.1 Caracterização Geológica

O município de Jeremoabo está inserido na Bacia Sedimentar do Tucano-Jatobá. Esta bacia é dividida em três sub-bacias denominadas Tucano Sul, Central e Tucano Norte. Diversas formações e grupos afloram nessa bacia: grupo (Gr) Estância, Formação (Fm) Tacaratu; Fm. Ipu e Jaicós (Gr. Serra Grande); Fm. Curituba; Fm. Santa Brígida; Fm. Afligidos; Fm. Aliança; Fm. Sergi; Fm. Itaparica; Fm. Água Grande; Fm. Candeias; Gr. Ilhas; Fm. Marfim; Fm. Taquipe; Fm. Pojuca; Gr. Massacará; Fm. São Sebastião; Fm. Poço Verde; Fm. Salvador; Fm. Marizal; Gr. Barreiras; e Depósitos Quaternários. Porém, destas a que mais se

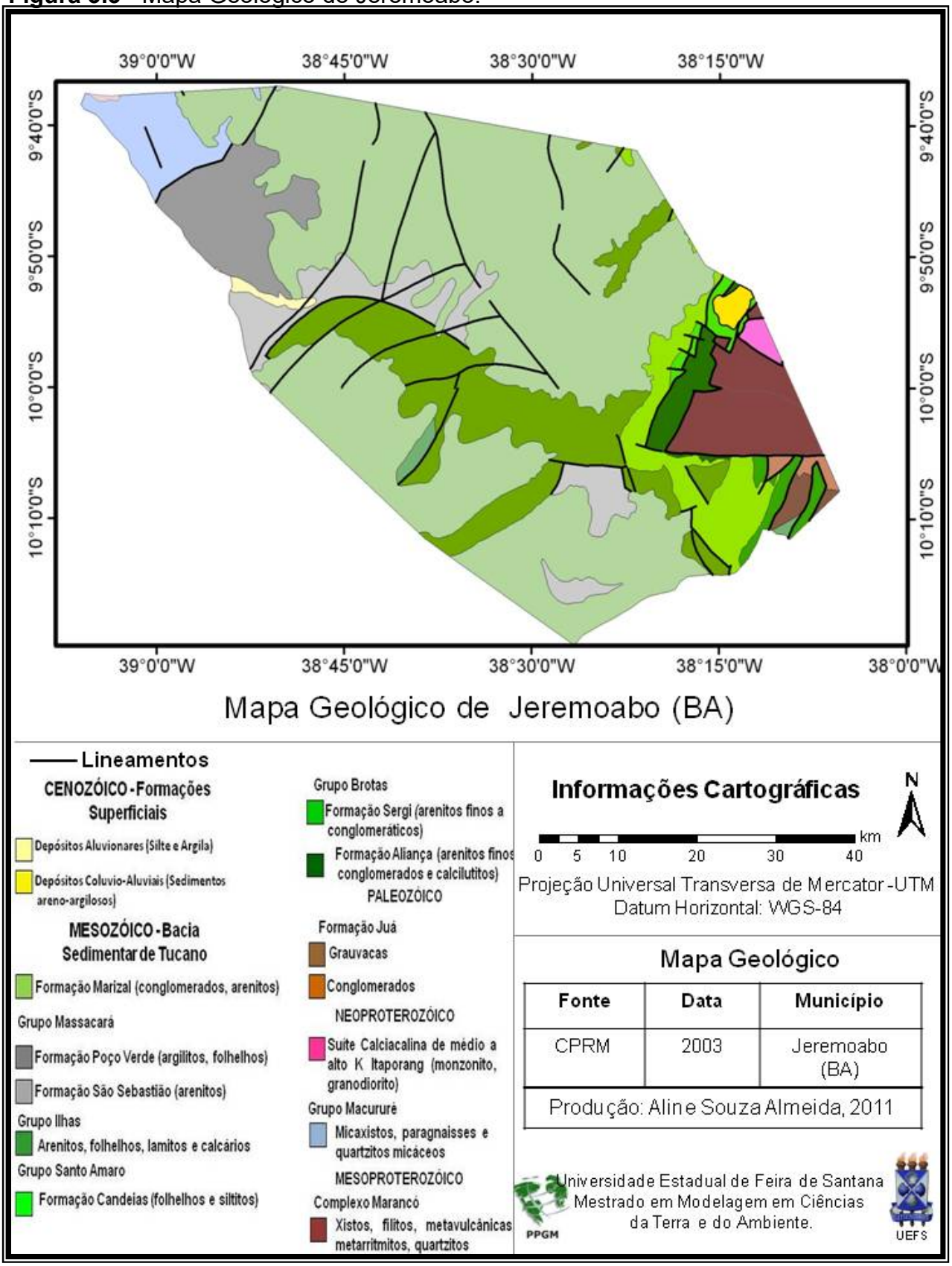
destaca é a Marizal, com uma área de 2681,68 km, o que corresponde a 56% do território municipal (Gráfico 3.1).

Gráfico 3.1 - Distribuição Percentual das Formações Geológicas de Jeremoabo



A seguir serão descritos as formações e grupos que fazem parte da litoestatigrafia da área de estudo (Figura 3.3). A descrição tem como base o Texto Explicativo do Mapa Geológico do Estado da Bahia (BARBOSA E DOMINGUES, 1996), da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM (2005) e de Brasil (1983).

Figura 3.3 - Mapa Geológico de Jeremoabo.



Fonte: CPRM (2003)

3.3.1.1 Cenozóico - *Formações Superficiais*: correspondem a depósitos aluvionares recentes e depósitos coluvio-eluviais (sedimentos areno-argilosos, conglomeráticos, inconsolidados).

3.3.1.2 Mesozóico **-** Bacia Sedimentar de Tucano - *Formação Marizal:* este nome provém da chamada "serra" do Marizal localizada no município de Tucano. Os sedimentos dessa Formação ocupam 2/3 da bacia Tucano-Jatobá. Sua litológica é composta de arenitos e conglomerados, siltitos, folhelhos e calcários.

Os conglomerados presentes na base da formação variam de médios a grossos, possuem matriz arenosa e podem conter seixos e calhaus de gnaisse, arenito, calcário, quartzo, sílex, siltito, lamito, quartzito, e rochas ígneas básicas. Um exemplo é o Raso da Catarina, que apresenta curiosas estruturas de arenito, que assombram o deserto (BRASIL, 1983).

3.3.1.3 Grupo Massacará - *Formação Poço Verde:* o nome é oriundo da cidade sergipana de mesmo nome, situada na divisa com o Estado da Bahia. É composto de lamitos, folhelhos e arenitos.

3.3.1.*3.1 Formação São Sebastião*: nesta formação estão presentes arenitos grossos a finos, amarelo-avermelhados, friáveis, feldspáticos, intercalados com argilas sílticas.

3.3.1.*3.2 Grupo Ilhas:* este nome é originado da expressão "formação das ilhas", utilizados na década de 40, fazendo referência ao conjunto de arenitos maciços e folhelhos verdes que surgem nas águas da baía de Todos os Santos. A litológica é composta de arenitos, folhelhos, lamitos e calcários. Na bacia do Tucano Norte há predominância dos arenitos (90%). Exemplo dessa litológica pode ser representado pelos gigantescos testemunhos de falha situados entre Água Branca e Jeremoabo.

3.3.1.4 Grupo Santo Amaro - *Formação Candeias***:** o nome vem da cidade da qual foi descoberto em 1941, o primeiro campo petrolífero do Recôncavo. É composta por folhelhos e siltitos, contendo intercalações finas de calcários, dolomitos e espessos corpos de arenitos maciços.

3.3.1.5 Grupo Brotas - *Formação Sergi*: o nome é derivado do pequeno povoado próximo a estrada de Ferro Leste Brasileiro (Estação Sergi), a 10 km de Santo Amaro da Purificação. Esta formação é constituída de arenitos finos a conglomeráticos, de coloração pardo-amarelada, cinza-esverdeado, vermelho-pálido e vermelho-amarronzada. Ela pode ser encontrada a sudoeste de Jeremoabo e na BR-110, que liga Jeremoabo a Paulo Afonso.

3.3.1.*5.1 Formação Aliança:* é constituída de arenitos finos a conglomeráticos, conglomerados, folhelhos e calcilutitos. Entre Adustina e Jeremoabo a área ocupada por essa formação é muito irregular, devido ao intenso falhamento. Há um afloramento nos arredores de Jeremoabo, na fazenda Limoeiro.

3.3.1.6 Paleozóico - *Formação Juá:* é uma formação pouco estudada, mas sabe-se que litologicamente a unidade está representada por conglomerados polimíticos e grauvacas levemente metamórficas.

3.3.1.7 Neoproterozóico - *Suíte Intrusiva Itaporanga:* compreende os litotipos arcóseo lítico, arenito arcoseano e Grauvacas. Sua espessura é de milhares de metros, num conjunto fortemente deformado, limitado por falhas. Na região de Jeremoabo, próximo à fazenda Cafula, encontra-se a biotita-granadaxistos, que apresenta coloração cinza a prateada e granulação fina a media, constituída de biotita, quartzo, granada e, às vezes, clorita e sericita.

3.3.1.*7.1 Grupo Macururé*: compreende um conjunto de rochas composto de micaxistos, paragnaisses e quartzitos micáceos metagrauvacas, metarenitos, metassiltitos e metarritmitos.

3.3.1.8 Mesoproterozóico - *Complexo Marancó:* constitui um conjunto de rochas intrinsecamente relacionadas, com boas exposições na serra Marancó (norte de Santa Brígida). Sua litológica se constitui de: xistos, filitos, metavulcânicas, metarritmitos, quartzitos, formações ferríferas, metarenitos, metassiltitos e anfibolitos. Ela é formada pela Unidade Monte Azul, que tem esse nome pelo fato de suas melhores exposições se encontrarem nos arredores da fazenda Monte Azul, próxima a Jeremoabo.

3.3.2 Aspectos Geomorfológicos

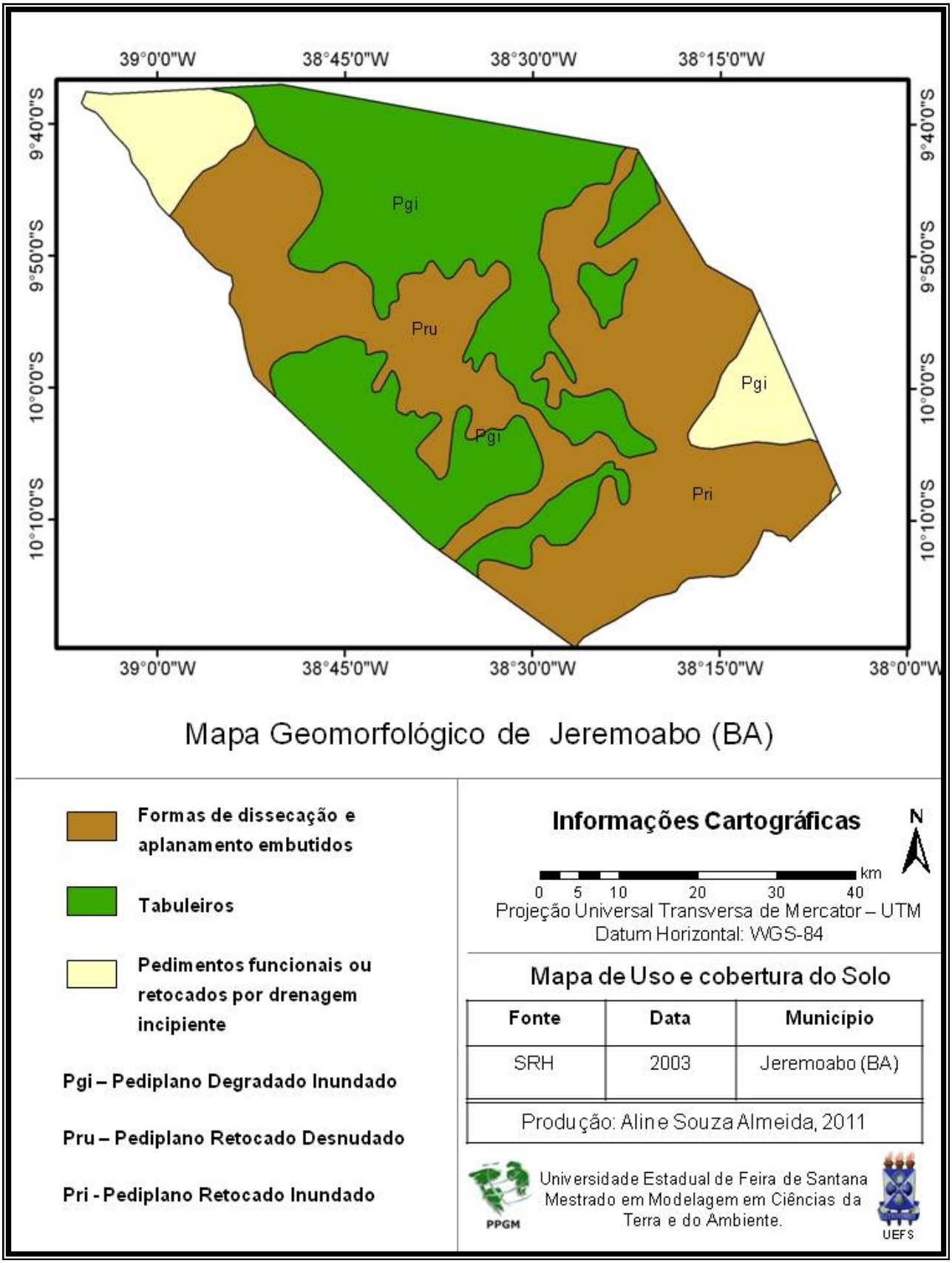
O município apresenta em seu território três categorias geomorfológicas: formas de dissecação e aplainamentos embutidos, tabuleiros e pedimentos funcionais (Figura 3.4). As formas geomorfológicas oriundas dessas categorias conferem à paisagem do município um caráter plano.

O Planalto da Bacia Tucano-Jatobá está inserido nos Domínios Morfoestruturais das Bacias e Coberturas Sedimentares Incosolidadas. Ele limita-se a nordeste com o Planalto da Borborema, a leste-oeste com as Depressões Interplanálticas, com os Planaltos Marginais à Bacia de Tucano-Jatobá no sentido leste e oeste, além do Baixo Planalto Palmares-Estância (leste) e por fim com os Piemontes Inundados a sudoeste. Suas altitudes variam de 300 a 800 metros, predominando feições tabulares limitadas por escarpas erosivas, a exemplo de topos residuais como a serra do Tonã no Raso da Catarina.

Esta Unidade Morfoescultural divide-se em duas Unidades distintas: o Tabuleiro do Itapicuru e as Chapadas do Raso da Catarina e da Serra Talhada (no Estado de Pernambuco). A Unidade Raso da Catarina está representada na área de estudo e tem direção N-S, iniciando-se nas proximidades do rio Vaza-Barris até as margens do São Francisco. A mesma caracteriza-se pelas feições planas mais conservadas do planalto, devendo esta conservação a horizontalidade de suas camadas cretáceas, que é sustentada por um encouraçamento ferruginoso e silcrete formados sobre uma superfície de aplanamento.

Os Baixos Planaltos Marginais à Bacia de Tucano-Jatobá apresentam altimetria variando de 100 a 500 metros raramente alcançando 600 metros, ou seja, é um planalto espacialmente descontinuo e rebaixado; na região de estudo o clima é o semi-árido e a cobertura vegetal é a Caatinga.

Figura 3.4 - Compartimentos Geomorfológicos de Jeremoabo



Fonte: SRH, 2003.

Litologicamente, a unidade dos Baixos Planaltos Marginais é formada por metassedimentos datados do Pré-cambriano Superior, onde pode-se encontrar facilmente na área os micaxistos, metarenitos, metassiltitos, filitos, gnaisses e quartzitos, além de intrusões graníticas que formam estruturas residuais concordantes com a estrutura geral. Esta região forma a unidade geomorfológica denominada de Tabuleiro dissecado do Vaza-Barris.

Esta unidade apresenta modelados de dissecação homogênea com áreas de dissecação diferencial e aplanamento, formando um pediplano parcialmente dissecado inundado, com pequena porção de um plano exumado na parte ocidental. O trabalho de erosão (Figura 3.5) se manifesta nas encostas e margens dos rios, tomando formas de terracetes ou ravinamentos A dissecação do relevo apresenta incisões uniformes com aprofundamento variando de 28 a 50 metros.

Figura 3.5- Tabuleiro dissecado do Vaza-Barris: relevo plano, destacando ao fundo forma Geomorfológica evidenciando processos erosivos.

Já no que se refere às Depressões Interplanálticas estas se caracterizam pelo o arrasamento das estruturas complexas que serviram de embasamento a outros conjuntos estruturais do Pré-Cambriano ao Cretáceo, devido a predisposição geotectônica combinada às condições paleoclimáticas. Tais

condições favoreceram a destruição durante o Cenozóico, promovendo a elaboração de superfícies de aplanamento.

As áreas inseridas nessa região apresentam altitude entre 200 e 600 metros, decrescendo gradualmente, conforme o gradiente das bacias dos rios Paraguaçu, São Francisco, Itapicuru e Vaza-Barris. Esta unidade foi subdividida em duas: o Pediplano Sertanejo e o Patamar Colinoso Marginal. Na área de estudo em questão é evidente o Pediplano Sertanejo.

As formas geomorfológicas predominantes nesta unidade são aplanamentos retocados, apresentando formações superficiais que indicam remanejamentos sucessivos de material. Estas formas apresentam-se rampeadas com processo de dissecação fraca e feições de lombas com inclinação inferior a 5°. Dessa forma, pode-se resumir as características geomorfológicas do município de Jeremoabo, segundo Brasil (1983), da seguinte forma (Quadro 3.1):

Quadro 3.1 - Unidades Geomorfológicas de Jeremaobo

TIPOS DE MODELADO	CARACTERÍSTICAS
Pgi	Superfície de aplanamento degradada inundada. Feições planas inundadas por cobertura de origens diversas, geralmente separadas por escarpas ou ressaltos de outros tipos de modelados correspondentes a sistemas morfogenéticos subsequentes.
Pri	Superfície de aplanamento retocada inundada. Planos inclinados uniformizados por coberturas de origens diversas resultantes de retoques e remanejamento sucessivo, indicando predominância de processos erosivos.
Pru	Superfície de aplanamento retocada desnudada. Planos inclinados irregulares desnudados em conseqüência de retoques sucessivos indicando predominância de processos erosivos.

Fonte: Brasil (1983)

3.3.3 Estrutura Pedológica

O solo é um componente essencial do ambiente, cuja importância, muitas vezes, é desconsiderada ou pouco valorizada, o que leva à degradação desse recurso tão impar ao homem. O solo é o principal recurso natural para a produção alimentar, porém, é um recurso esgotável, se não forem aplicadas técnicas apropriadas para sua exploração. Por isso, o seu conhecimento é imprescindível para determinar o uso e empobrecimento.

A variabilidade de classes de solo numa dada região, vai interferir na configuração espacial da paisagem, como também no uso/cobertura e apropriação desse recurso. A cobertura pedológica do município de Jeremoabo é bastante heterogênea (Figura 3.6), apresentando, desde solos muito desenvolvidos e férteis, a solos pouco profundos, rasos e arenosos. Alguns deles são sujeitos à salinização, fenômeno encontrado nas terras do município, devido ao manejo inadequado do solo.

No município de Jeremoabo foram identificados oito tipos de solo: ARGISSOLO, LATOSSOLO, LUVISSOLO, NEOSSOLO QUARTIZARÊNICO, NEOSSOLO LITÓLICO DISTRÓFICO, NEOSSOLO LITÓLICO EUTRÓFICO, PLANOSSOLO E VERTISSOLO. Destes, a classe mais representativa é a dos NEOSSOLOS, que juntos, somam uma área de 4192,4 km (Gráfico 3.2).

Gráfico 3.2 - Distribuição percentual das classes de solo de Jeremoabo.

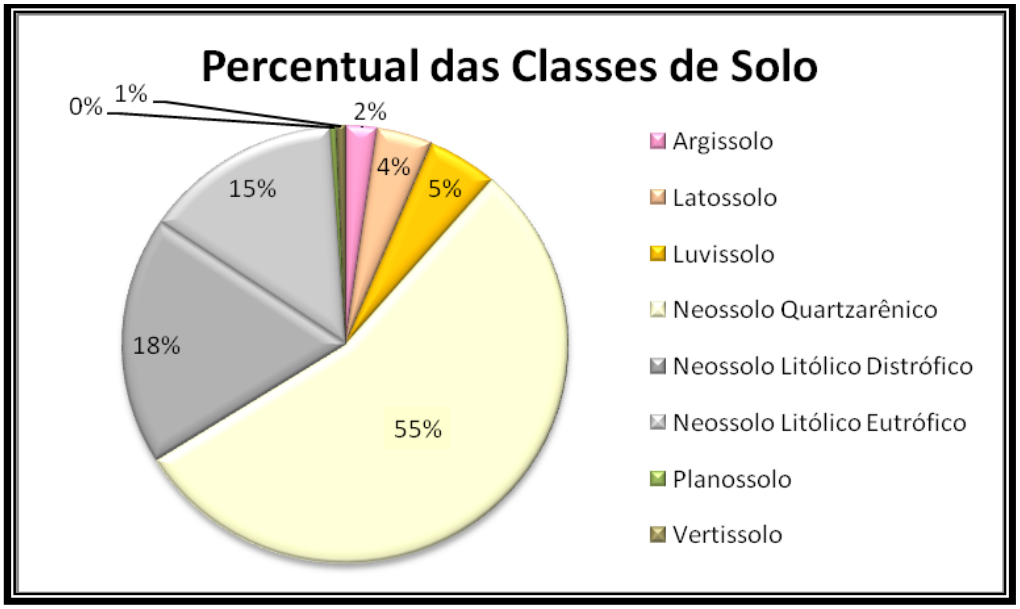
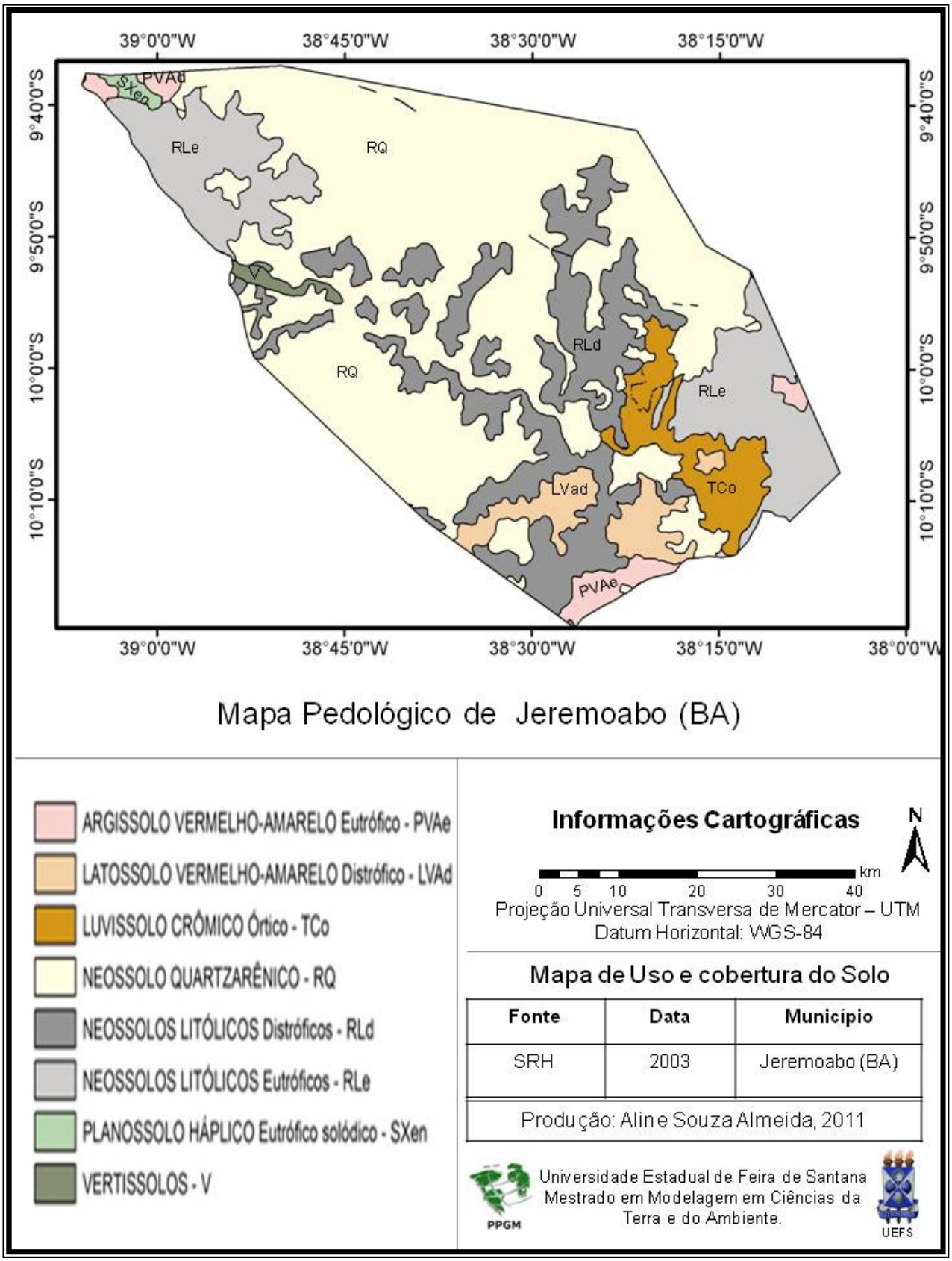


Figura 3.6 - Tipos de solo de Jeremoabo.



Fonte: SRH, 2003.

A seguir são descritas as diferentes classes de solo identificadas na área de estudo, apresentando suas principais características e posteriormente, um quadro simplificado (Quadro 3.2), com suas limitações e potencialidade (SHINZATO, *et al*., 2008). As classes de solo mapeadas foram: Argissolos, Latossolo (Vermelho Amarelo), Luvissolo (Crômico), Planossolo (Háplico), Vertissolo, e Neossolos, divididos em duas subclasses: Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Litólicos distróficos e eutróficos. A descrição dos tipos de solos foi baseada em Shinzato *et al (*2008) e no Sistema Brasileiro de Classificação de solos da Embrapa (1999).

3.3.3.1 Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos (PVAe)

São solos cujo teor de argila no horizonte B (subsuperficial) é superior a do horizonte A, formando o horizonte B textural (Bt). Este incremento de argila é facilmente perceptível, principalmente se houver uma mudança textural abrupta. O horizonte Bt pode apresentar constituição e morfologia distintas e ocorrer em diferentes profundidades, o que lhe confere um comportamento bastante variável. Constitui a segunda classe de solo mais importante do país e podem variar de solos rasos (< 50 cm) a muito profundos (> 2,00 m). Os argissolos considerados mais susceptíveis a erosão são aqueles que apresentam caráter textural abrupto e os que ocorrem em relevos movimentados. Os Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos apresentam saturação por base alta (V ≤ 50%), na parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

3.3.3.2 Latossolo Vermelho-Amarelo Distróficos (LVAd)

São caracterizados como solos profundos e/ou muito profundos (3,00 m), com horizonte B latossólico (Bw) e considerados em estágio avançado de intemperização, por ser um solo bastante evoluído. É uma das classes de solo de maior abundancia no país, e apesar de apresentar baixa fertilidade natural, são muito utilizados na agricultura devido ao relevo pouco movimentado em que geralmente ocorre e das boas condições físicas.

Conforma a coloração do horizonte B, são subdivididos em: Latossolos Brunos; Latossolos Amarelos; e Latossolos Vermelho-Amarelos, que são considerados solos bem drenados, de coloração vermelho amarelada, de baixa fertilidade natural. São bastante usados na agricultura quando apresentam uma textura argilosa, e são reserva dos à pecuária quando essa textura é media.

3.3.3.3 Luvissolo Crômico Ortico (TCo)

São solos que apresentam pouca profundidade, de coloração avermelhada e horizonte B textural ou B nítico abaixo do horizonte A, onde é comum a presença de cascalho e pedregosidade.

A maior solubilidade dos minerais primários possibilita a ascensão de sais para os horizontes superiores, o que torna esses solos susceptíveis a salinização. Suas características físicas, aliada as condições do relevo, acentuam a vulnerabilidade natural desses solos, principalmente no semiárido, onde as chuvas são concentradas. A presença de calhaus na superfície é comum, o que dificulta seu uso agrícola.

3.3.3.4 Neossolos Quartzarênicos (RQ) e Litólicos (Distróficos – RLd e Eutrófico – RLe)

Os Neossolos são solos pouco desenvolvidos, constituídos por material mineral ou orgânico, pouco espesso e caracterizados pela ausência do horizonte B. Os Quartzarênicos arenosos, essencialmente quartzosos, apresentando seqüência de horizonte A-C, sendo excessivamente drenados, permeáveis e profundos. Sua constituição arenosa possibilita fácil desagregação das partículas, o que o torna susceptível a erosão, além de facilitar a lixiviação de metais pesados e materiais tóxicos, aumentando a possibilidade de contaminação de lençol freático. Possui aptidão restrita a nula e baixo potencial às atividades agrícolas.

No que concerne aos Neossolos Litólicos sua pequena profundidade dificulta a sustentabilidade da vegetação. Tem horizonte A ou O hístico, com

menos de 40 cm de profundidade, ou seja, é um solo raso, apresentando um caráter pedregoso e rochoso na superfície (ocorrência de cascalho e calhaus), sendo muito susceptível a erosão, principalmente em áreas com precipitação concentrada – como é o caso do nordeste brasileiro – que facilita a formação de erosão laminar e em sulcos, podendo ocorrer processos de escorregamento de massa.

3.3.3.5 Planossolo Háplico Eutrófico (SXen)

São solos mal drenados, com contraste textural entre os horizontes bastante evidenciados, e com fertilidade natural variável, apresentando sérias limitações físicas. Situa-se em relevos planos e suaves, com o horizonte superficial susceptível a erosão laminar e o Bt pode desenvolver sulcos e ravinas quando combinado à ação antrópica.

3.3.3.*6* Vertissolo (V)

São solos pouco profundos, férteis e de cor escura ou amarelada (encontra-se também, mas em menor proporção os de cores avermelhadas). O alto teor de argila lhe confere uma consistência extremamente dura quando seco, e muito plástica ou pegajosa, quando molhado; é comum o aparecimento de rachaduras no período seco. São constituídos por material mineral apresentando horizonte vértico ao longo do perfil e pequena variação textural, o que impossibilita caracterizá-lo como um B textural. Uma síntese das principais características pedológicas do município de Jeremoabo é apresentada no quadro 3.2.

Quadro 3.2 - Síntese das principais características dos solos de Jeremoabo

ORDEM	Prof. Relativa	Drenagem Interna	Limitações	Potencialidade
ARGISSOLO	> 3m	Bem	Pequeno desenvolvimento radicular quando de baixa fertilidade. Sujeito a compactação quando a textura for argilosa no A. Quando abruptos são mais susceptíveis aos processos erosivos.	Quando eutróficos ou de boa fertilidade natural, são de elevado potencial agrícola nos relevos mais suavizados.
LATOSSOLO	> 3m	Muito Bem	Baixa fertilidade natural. Pouca água disponível, intensificada quando a textura é leve. Baixo teor de fósforo. Solos sujeitos a compactação, principalmente quando argiloso. Nos coesos pode haver limitação ao desenvolvimento radicular devido ao adensamento.	Profundidade do solo elevada. Alta permeabilidade e porosidade. Resistência aos processos erosivos. Grandes extensões contínuas em relevos suavizados. Fácil manejo.
LUVISSOLO (CRÔMICO)	< 1,5 m	Bem a Moderadamente	Ocorrência de pedregosidade em superfície pode limitar a mecanização. Erodibilidade elevada pela mudança textural abrupta. Limitação quanto a água disponível em locais mais seco. Risco de salinização se mal manejado.	Apresenta alta saturação por gases, sendo de boa fertilidade natural. Presença de minerais primários facilmente intemperizaveis (reserva nutricional)
NEOSSOLO (LITÓLICO)	< 1 m	Moderadamente	Solos rasos e pouco profundos. Relevo movimentado. Associação com pedregosidade e rochosidade. Elevado risco de erosão.	Em caso de boa fertilidade natural, o enraizamento não é prejudicado se a rocha não for dura. Recomenda-se para preservação da flora e da fauna.
NEOSSOLO (QUARTZARÊNICO)	> 2 m	Excessivamente	Pequena capacidade de retenção de água. Baixa fertilidade natural. Desprovido de micronutrientes. Dificuldade de manejo devido a sua constituição arenosa.	O relevo minimiza os riscos do processo erosivo.

PLANOSSOLO	< 2 m	Mal	Grande risco de erosão devido ao elevado gradiente textural. Impedimento ao enraizamento. Solos sujeitos a compactação.	Ocorrem em relevos suaves e planos. Os eutróficos tem menos problemas com enraizamento.
VERTISSOLO	< 2 m	Imperfeita mente Mal	Manejo difícil. Muito duro quando seco e muito plástico e pegajoso quando úmido. Ocorrência de fendilhamento. Permeabilidade muito baixa.	Elevada fertilidade natural. Relevo suavizado.

Fonte: Adaptado de Shinzato, *et al. 2008.*

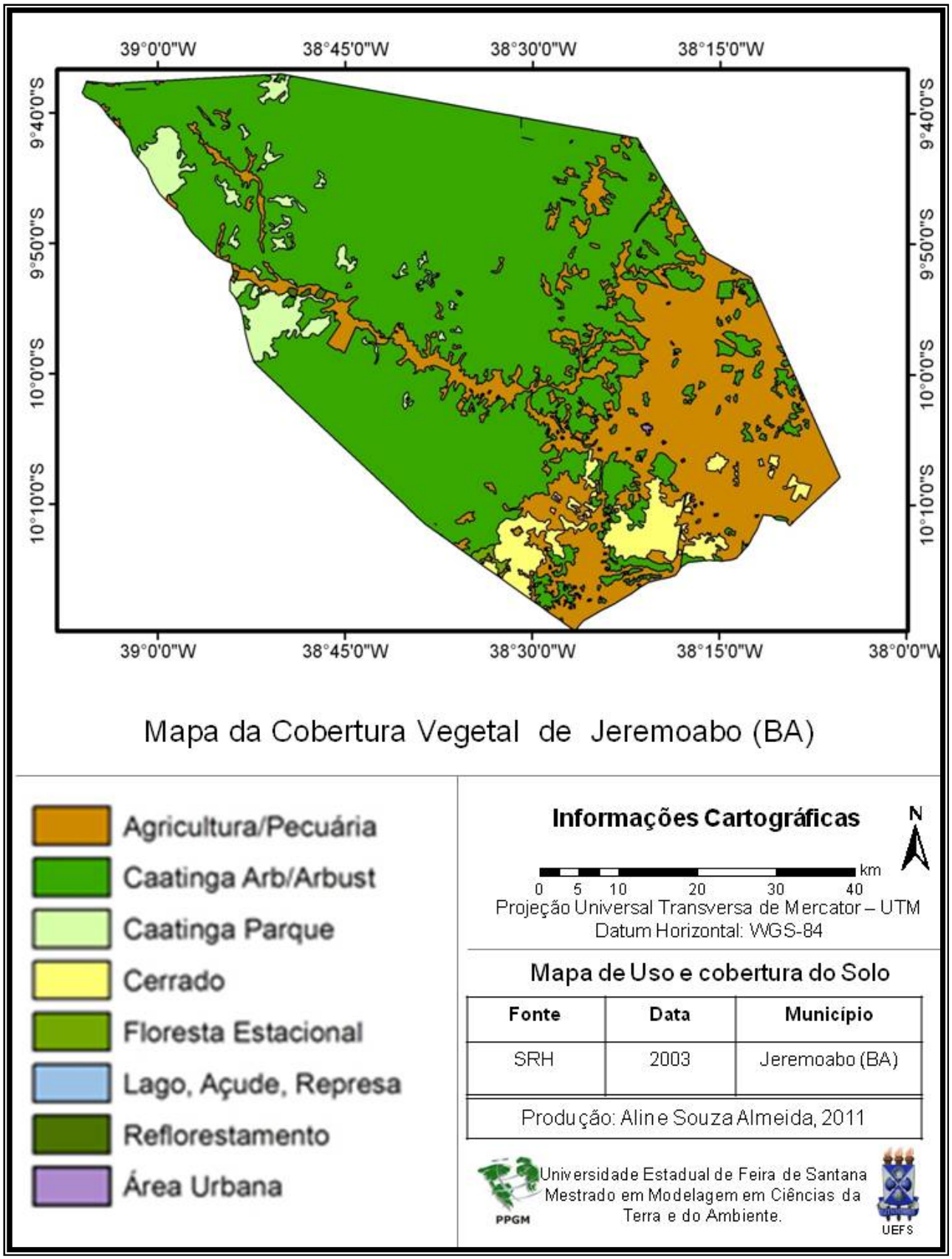
3.3.4 Cobertura Vegetal

Em um estudo integrado, a vegetação se configura como a variável ambiental mais expressiva da paisagem, pois ela se comporta como verdadeira síntese do meio (BERTRAND, 2004). A vegetação é o produto da associação solo-clima-relevo-geologia que reúnem em um dado espaço, as características necessárias à diversidade de espécies encontradas no Brasil, e não obstante, no Nordeste semiárido, que tem como vegetação típica a Caatinga.

A cobertura vegetal do Nordeste é marcada pela influência de um clima semiárido, solos arenosos e com baixa fertilidade natural. A Caatinga apesar de ser ainda muito mal conhecida, sabe-se que apresenta um grande número de espécies e endemismos. Porém, por não ser uma vegetação exuberante, a Caatinga é fortemente alvo do homem, quando desmata para a prática agropastoril, ou mesmo quando promove queimadas. A degradação da Caatinga é muito grande, tanto que “nos últimos 15 (quinze) anos aproximadamente 40.000 Km² se transformaram em deserto devido à interferência do homem na região” (ALVES, 2007).

Segundo Brasil (1983) a cobertura vegetal da área de estudo (Figura 3.7) é dominada por uma vegetação arbustiva, ramificada e espinhosa, com muitas bromélias e cactos.

Figura 3.7 – Vegetação e uso do solo em Jeremoabo-BA.



Fonte: SRH, 2003.

A Estepe Arbórea Densa – como é denominada a Caatinga arbórea por Brasil (op. Cit.) - é a formação arbórea das áreas residuais dos pediplanos nordestino e é caracterizada por um primeiro extrato lenhoso, denso, de árvores e arvoretas, cuja altura oscila em torno de 8 a 10 metros.

Já a Estepe Arbórea Aberta é uma formação típica de áreas pediplanadas, com solos rasos e/ou litólicos, com uma cobertura lenhosa de estrutura aberta e porte baixo. É uma fisionomia com forte intervenção humana, o que contribui ainda mais para o arrastamento do solo na época de chuvas torrenciais.

No município há também a presença da Estepe Parque, onde há um continuo tapete gramíneo lenhoso com algumas espécies arbóreas dispersas. É uma formação essencialmente antrópica, com plantas selecionadas que sobrevivem ao intenso pastoreio.

A Caatinga apresenta-se ora aberta, ora densa, composta de espécies de porte variado (Figura 3.8). Entre as espécies de porte arbóreo se destacam a jurema, umburana, favela, baraúna, entre outros. Das espécies arbustivas tem-se a macambira, velame, gravatá, e da família cactácea, o mandacaru, o facheiro, xique-xique e a coroa-de-frade. No município também há manchas de cerrado, sendo a parte leste do município devastada pela prática da agricultura e pecuária.

Figura 3.8 - Caatinga arbóreo/arbustiva preservada na propriedade de seu Zezé (Comunidade de Valério).

Em 1940 foi introduzida no nordeste do Brasil a algaroba (Prosopis Juliflora), com objetivo de alimentação animal e para reflorestamento, já que a espécie é uma árvore perene, com grande resistência à seca. Ela apresenta rápido crescimento, e tem alta potencialidade para fornecimento de lenha e carvão. Seu fruto, por ter alto valor nutritivo, é utilizado como alimento tanto para o homem como para os animais.

No município de Jeremoabo, essa espécie está presente em grande parte do território, servindo de alimento bovino e caprino, além do uso para a produção de madeira e na apicultura.

3.3.4.1 Prosopis Juliflora: a Algaroba em Jeremoabo

A algaroba é uma espécie exótica, que foi introduzida no Brasil e conseguiu se estabelecer no nordeste devido a sua tolerância a climas áridos e rústicos. Essa espécie é originária dos Estados Unidos e México e foi introduzida no Brasil – inicialmente em Serra Talhada (Pernambuco) - por meio de sementes trazidas do Peru. Posteriormente ela foi difundida na região, o que favoreceu a sua disseminação intencional em vários municípios dentro do Estado (CEPAN, 2008).

A ocupação e expansão da algaroba (Figura 3.9) são favorecidas pela perturbação antrópica e pela proximidade de cursos d'água, assim, freqüentemente, ela é encontrada em áreas de matas ciliares e de baixadas sedimentares. Muitos benefícios da algaroba já foram constatados por estudiosos, porém, devido a suas características, a espécie tem provocado impactos no semiárido nordestino.

Segundo o Instituo Hórus (2008), a algaroba impede o desenvolvimento da vegetação nativa, através da competição por espaço; é grande consumidora de água, já que se instala a margem de rios; e finalmente, não combate a erosão, além de só aumentar o risco de incêndios devido ao acúmulo de biomassa. A espécie impacta o ecossistema como um todo, ao alterar o regime hídrico de uma região onde este recurso vital é tão escasso. Ao invadir áreas abertas, ela forma densos aglomerados e exclui outras espécies por sombreamento, ou seja, a algaroba diminui a biodiversidade de uma área, comprometendo a regeneração natural da vegetação nativa.

A algaroba também provoca impactos na economia, ao invadir áreas de cultura agrícola e pastagens, gerando altos custos com o controle e remoção da espécie. Ressalta-se também a possibilidade de impactos negativos sobre os animais, já que a grande quantidade de açúcar presente em suas estruturas desgasta seus dentes ao longo do tempo (Instituto Hórus, 2008).

Em Jeremoabo, é possível encontrar essa espécie em grandes áreas, principalmente em torno do rio Vaza-Barris. Ela é utilizada na alimentação animal, na apicultura (em menor proporção que outras espécies) e como sombra (animais).

Figura 3.9 - Presença de algarobas em Jeremoabo. Área com ocupação e expansão da espécie.

3.3.5 Recursos Hídricos

A hidrografia do município é comandada pela bacia do rio Vaza-Barris, que em função das condições adversas climáticas, dos baixos índices pluviométricos, da irregularidade das chuvas e da elevada deficiência hídrica, tem sua perenidade comprometida, principalmente nas épocas de longa estiagem.

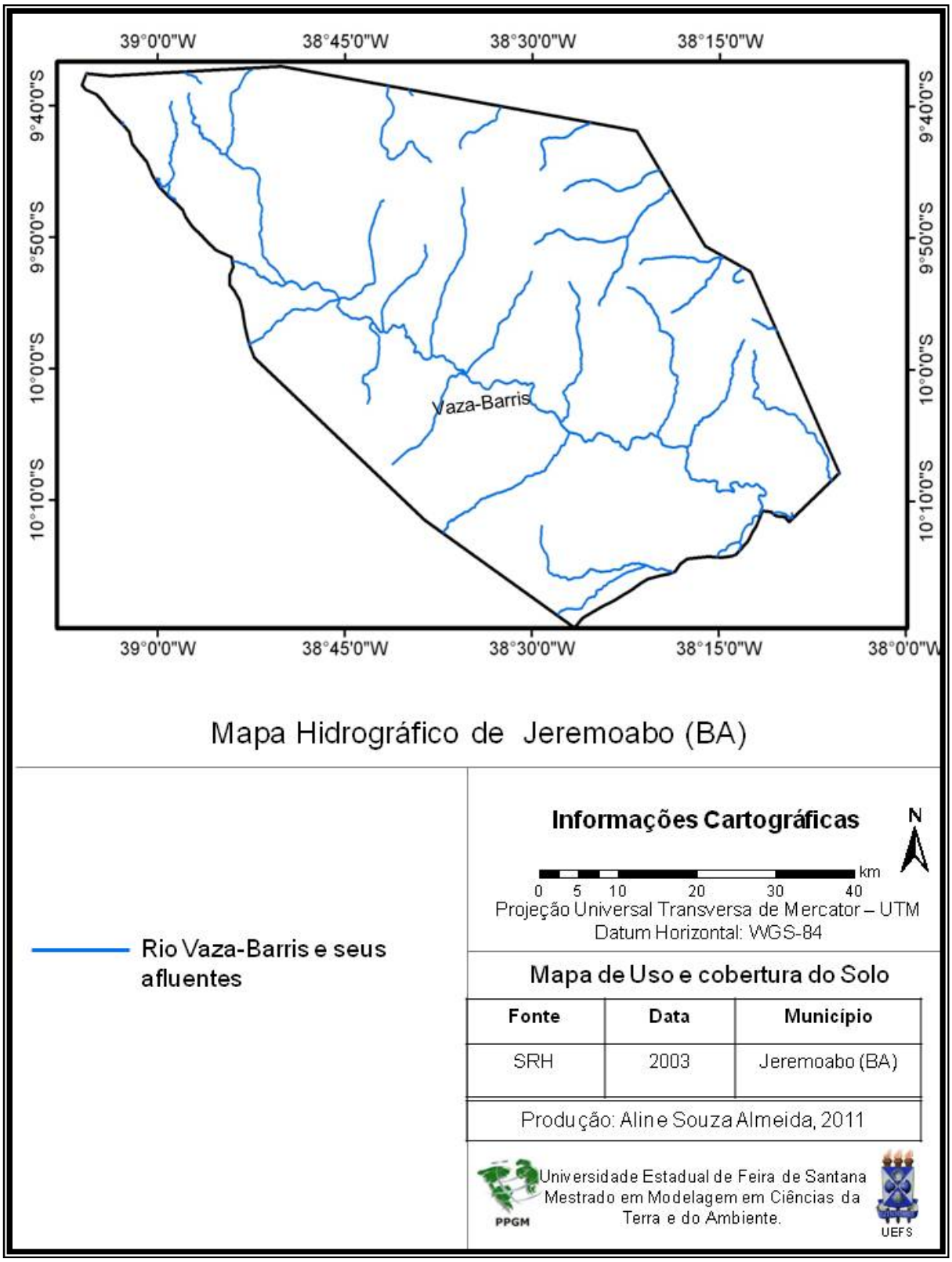
A área abrangida pelo Rio Vaza Barris tem parcelas de sua bacia nos Estados da Bahia e Sergipe. Na Bahia, os municípios banhados por suas águas

são: Uauá, Monte Santo, Coronel João Sá, Canudos, Jeremoabo, Antas, Adustina, Pedro Alexandre e Paripiranga. O principal rio dessa bacia nasce na Serra da Canabrava, no município de Uauá e desemboca no oceano Atlântico.

Diversas atividades são praticadas na bacia desse rio: a agricultura, tanto irrigada quanto tradicional é forte na área de estudo, cultivando o feijão (de grande representatividade no município), milho, tomate, banana e outros. Seu leito também é destinado à pecuária, como pode ser observado na figura 3.10, além da população local usar a água para banho (Figura 3.11).

Figura 3.10 e 3.11 - Bacia do rio Vaza-Barris e seus usos: pastagem para o gado e banho para as crianças.

Figura 3.12 - A Hidrografia de Jeremoabo: o rio Vaza-Barris que corta o município de leste a oeste.



Fonte: SRH, 2003.

3.3.6 Caracterização Climática

O clima é regido por um conjunto de fenômenos que se fundem no espaço e no tempo, com uma dinâmica própria, atuando desde uma escala global, a regional e/ou local. No que se refere ao município em estudo, os fenômenos climáticos que atingem a região são de caráter regional, ou seja, de mesoescala.

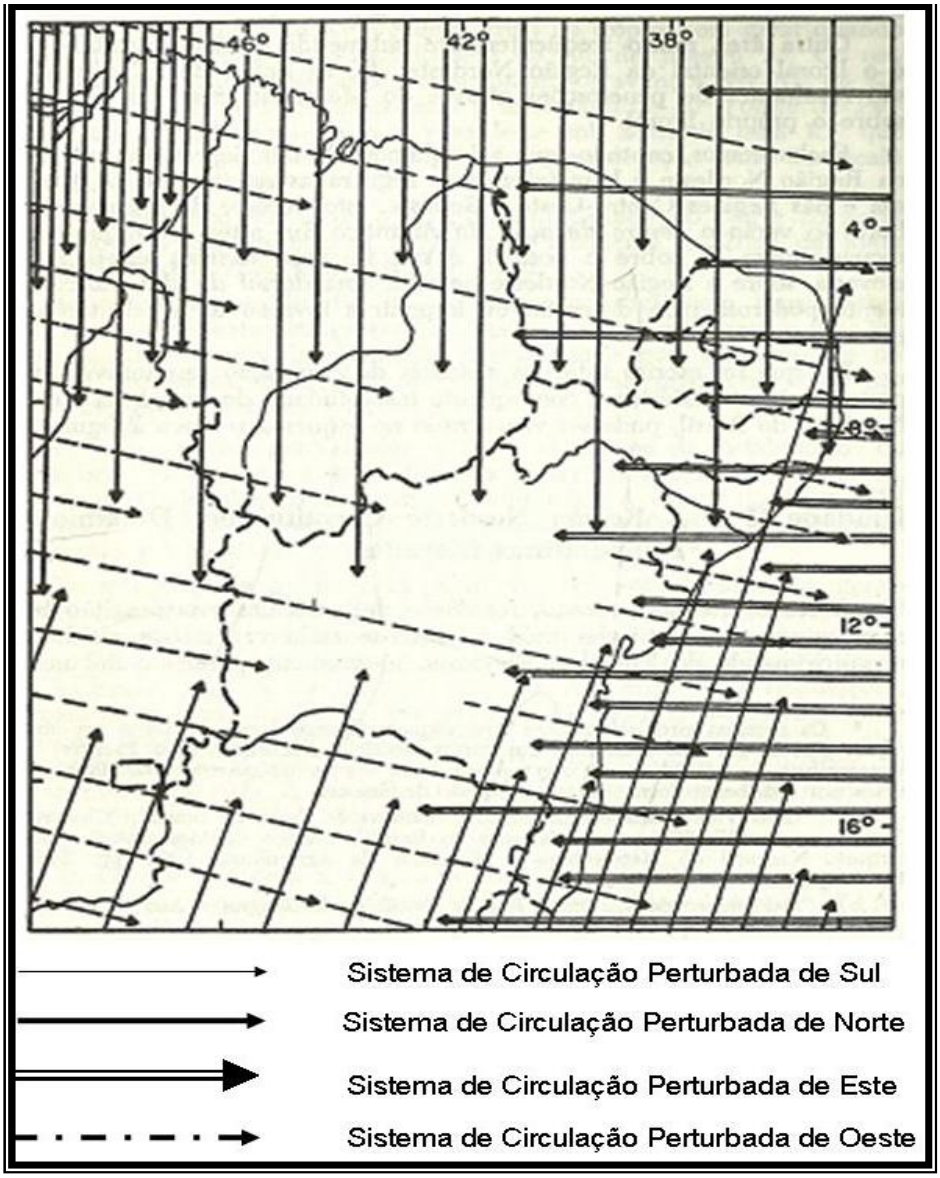
Devido a enorme extensão territorial do Nordeste brasileiro (NEB), essa região sofre a atuação de diferentes sistemas de circulação atmosférica, tornando a climatologia desta área uma das mais complexas do mundo e proporcionando ao NEB uma posição de destaque no cenário meteorológico no país.

Segundo Nimer (1989) a circulação secundária no Nordeste, é oriunda de diversos quadrantes, se configurando nas correntes perturbadas do norte, do sul, do leste e oeste. A dinâmica climática resultante dessas correntes perturbadas proporcionam índices pluviométricos diferenciados na região, evidenciando áreas com períodos chuvosos e outras com períodos extremamente secos. A espacialização da atuação dessas correntes pode ser observada na figura 3.13.

Para efeito do presente trabalho e visando obter um panorama dos aspectos climáticos do município de Jeremoabo, foram utilizados dados mensais dos elementos climáticos temperatura e pluviosidade no período de 1964 a 1985. Vale salientar, porém, que os teóricos preconizam que estudos climatológicos com base em séries históricas devem utilizar dados com 30 anos ou mais, porém, devido à indisponibilidade destes, foi trabalhado apenas com 22 anos. Os dados pluviométricos foram extraídos do documento produzido pela Secretaria de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) publicado em 1990 (anexo 1).

No período analisado, podemos perceber que o ano mais seco foi o de 1965 com precipitação de apenas 295 mm, enquanto o ano mais chuvoso foi 1985, com precipitação correspondente a 1052.7mm. As médias pluviométricas registradas dos primeiros 10 anos de análise (média decadal), o mês de novembro foi o que registrou menor precipitação (19,4 mm), enquanto o mês de março foi o mais representativo (68,0 mm). Já na década seguinte, o mês com menor precipitação foi outubro com 14,72mm, tendo março mantido sua posição enquanto detentor de maior precipitação (106,81mm).

Figura 3.13 - Atuação das correntes perturbadas Norte, sul, leste e oeste no Nordeste do Brasil.



Fonte: Nimer, 1989.

Com o intuito de perceber a contribuição de cada mês no regime pluviométrico da área de estudo, foi elaborado, a partir dos dados dos percentuais pluviométricos (anexo 2), o pluviograma de Schröder (Figura, 3.14), que possibilitou observar o mês mais chuvoso de cada ano bem como o ano com menor índice pluviométrico.

Figura 3.14 - Pluviograma de Schröder representando o percentual de chuvas em cada ano e mês.

A partir da análise do pluviograma foi possível perceber que os meses mais chuvosos foram março e abril, em contrapartida, os meses mais secos foram outubro e novembro. Já os anos com maior representatividade de chuvas foram 1966 e 1967, enquanto os anos mais secos foram 1983 e 1984.

Com os dados de Temperatura (BRASIL, 1976) e pluviometria (BRASIL, 1990), foi elaborado o balanço hídrico para o município, do período de 1964 a 1985, baseado no método proposto por Thorntwaite em 1948 (Quadro 3.3).

Quadro 3.3: Balanço Hídrico para o município de Jeremoabo-Ba do período entre 1964 e 1985

MESES	1 Temp.°C	2 EP Tabela	3 Cor	4 EP	5 P mm	6 P - EP	7 ALT	8 ARM	9 ER mm	10 DEF mm	11 EXC mm
JAN	25.2	3.8	32.4	123.1	52.4	-70.7	0.0	0.0	52.4	70.7	0.0
FEV	25.2	3.8	29.1	110.6	63.3	-47.3	0.0	0.0	63.3	47.3	0.0
MAR	25.0	3.8	31.5	119.7	88.3	-31.4	0.0	0.0	88.3	31.4	0.0
ABR	24.4	3.5	29.7	104.0	86.4	-17.6	0.0	0.0	86.4	17.6	0.0
MAI	23.2	3.1	30.3	94.0	56.7	-37.3	0.0	0.0	56.7	37.3	0.0
JUN	22. 3	2.6	28.8	74.9	57.4	-17.5	0.0	0.0	57.4	17.5	0.0
JUL	20. 3	2.0	30.0	60.0	53.2	-6.8	0.0	0.0	53.2	6.8	0.0
AGO	21.5	2.4	30.3	72.7	42.6	-30.1	0.0	0.0	42.6	30.1	0.0
SET	23.0	3.1	30.0	93.0	21.7	-71.3	0.0	0.0	21.7	71.3	0.0
OUT	20.5	3.3	31.8	105.0	12.4	-92.6	0.0	0.0	12.4	92.6	0.0
NOV	24.3	3.3	31.5	104.0	20.8	-83.2	0.0	0.0	20.8	83.2	0.0
DEZ	24.7	3.8	33.0	125.4	43.8	-81.6	0.0	0.0	43.8	81.6	0.0
TOTAL	**23.6**	**------**	**------**	**1186.4**	**678.0**	**587.4**	**0.0**	**0.0**	**678.0**	**587.4**	**0.0**

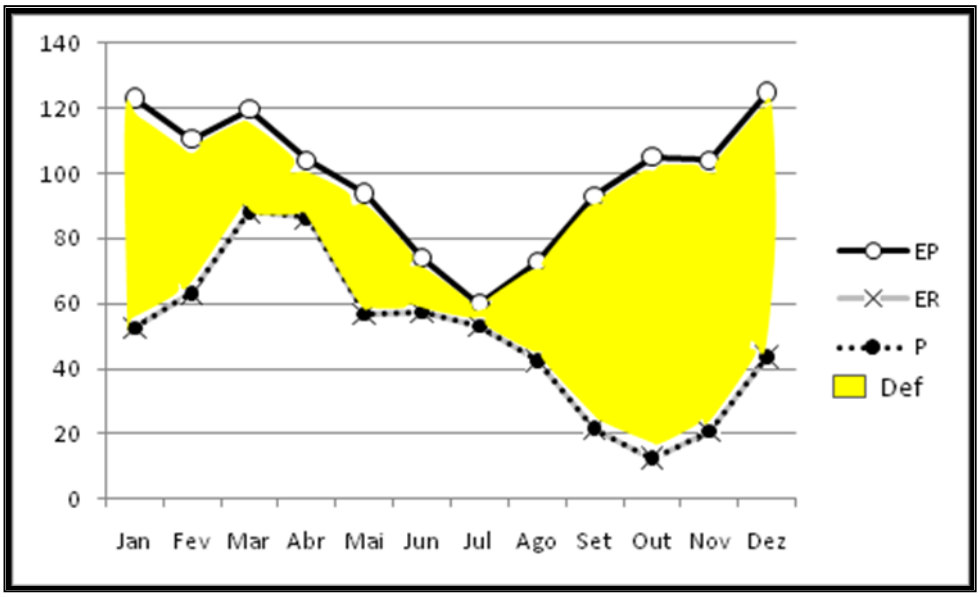
T= Temperatura; P= Precipitação; EP=Evapotranspiração; Alt= Alteração no solo; ER= Evapotranspiração Real; DEF= Deficiência Hídrica; EXC= Excedente Hídrico; ARM=Armazenamento.

Para fins do cálculo do Balanço Hídrico foi adotado como base, o valor de 125 mm para a capacidade de armazenamento de água no solo, valor este já utilizado por outros estudiosos como Silva (1987), Nogueira e Lima (1989), como afirma Santana (2004).

Percebe-se que os maiores índices pluviométricos são registrados nos meses de fevereiro a abril, correspondente ao período em que a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) atinge o Nordeste do Brasil (NEB) e consequentemente o município em estudo.

Jeremoabo apresenta elevado déficit hídrico durante todo o período, atingindo um total anual de 587,4 mm, ou seja, o município registra deficiência hídrica em todos os meses do ano (Figura 3.15), sendo esta fortemente concentrada no período que se estende de setembro a janeiro, quando ocorre mais de 67% do déficit hídrico anual.

Figura 3.15 - Representação gráfica do Balanço Hídrico.



EP = Evapotranspiração Potencial; ER = Evapotranspiração Real;
P = Pluviosidade; Def = Deficiência Hídrica.

Assim, podemos concluir que os meses mais chuvosos em Jeremoabo são os primeiros meses do ano entre fevereiro a abril, apresentando, porém, uma distribuição extremamente irregular, sendo que o total pluviométrico não é suficiente para que haja armazenamento hídrico e nem produção de excedente. A deficiência hídrica registrada é elevada, ocorrendo em todos os meses do ano, mas com concentração no período de setembro a janeiro. Estas características climáticas, associadas ao uso intensivo do solo, têm desencadeado o processo de desertificação.

3.4 ANÁLISE AMBIENTAL DA PAISAGEM DE JEREMOABO

Partindo do princípio de que o ambiente deve ser entendido na sua totalidade, a análise das variáveis que compõem a natureza, bem como os resultados de sua apropriação pelo homem são essenciais para entender a configuração da paisagem. A percepção do conjunto dessas variáveis é premissa fundamental para a análise integrada.

As características físicas, sociais e econômicas do município de Jeremoabo lhe impõem uma configuração especifica a sua paisagem. Sob um substrato rochoso, com idades que variam desde o Mesoproterozóico ao Holoceno, há o predomínio de rochas sedimentares, como arenitos, folhelhos, siltitos, argilitos, entre outros, sobre ampla superfície de relevo plano e suavemente ondulado, composto pelos pedimentos e tabuleiros encontrados na região.

Grande parte do território municipal é formada por neossolos quartzarênicos e litólicos, ou seja, são solos rasos, com baixa fertilidade natural, pouca agregação das partículas - no caso dos neossolos quartzarênicos, que devido a sua constituição arenosa estão sujeitos a erosão. Por causa da irrigação e o manejo inadequado do solo, algumas áreas estão passando por processos de salinização (Figura 3.16), que empobrece o solo, não permitindo o desenvolvimento de culturas agrícolas.

Figura 3.16 - Desenvolvimento de crostas salinas decorrentes da irrigação.

O clima da região é o semiárido, predominantemente seco, com temperatura média anual de 24º C, pluviosidade média de 654 mm e chuvas concentradas de maio a julho. Essas características climáticas conferem a paisagem um caráter típico de áreas secas: os 3 meses úmidos durante o ano, devido as fortes chuvas que caem na região, faz rejuvenescer a Caatinga, vegetação típica da área, além de ser o período em que os agricultores aproveitam para o plantio.

Devido às características do solo e do clima, a vegetação predominante é a Caatinga arbóreo arbustiva, que paulatinamente está sendo substituída pela algaroba, planta adaptada as condições climáticas severas, que é usada principalmente como alimento para os animais (bovinos, caprinos, etc). A ocupação e expansão da algaroba é favorecida pela perturbação antrópica e pela proximidade de cursos d'água, assim, freqüentemente, ela é encontrada em áreas de matas ciliares e de baixadas sedimentares, provocando impactos no município.

A hidrografia do município é comandada pela bacia do rio Vaza-Barris, que devido às características climáticas da área, apresenta-se intermitente nesse trecho. Porém, sua água é bastante utilizada para a irrigação de culturas com o feijão, o milho, bananas e pinhas. O rio também é utilizado pelas crianças para banhar-se, contudo, é neste mesmo rio em que são lavados os inúmeros vasilhames de agrotóxicos hostilizados na lavoura.

Tal prática, juntamente com o uso intensivo do solo, falta de rotação de culturas, retirada da vegetação e queimadas, tem promovido uma erosão acelerada no município, com o desenvolvimento de ravinas e voçorocas (Figura 3.17).

Figura 3.17 - Processo de ravinamento em Jeremoabo.

As características naturais do município de Jeremoabo aliado ao uso antrópico abusivo do solo, confere a paisagem uma vulnerabilidade ambiental acentuada. Tal fato é a mola propulsora para o desenvolvimento do processo de desertificação desencadeado no município.

Muitas práticas antrópicas no município podem ter conseqüências definitivas, devido à falta de recursos da população, que aplica técnicas que agride e promove o desequilíbrio ambiental. Dessa forma, é fundamental que haja um planejamento no uso dos recursos naturais do município, visando uma mitigação dos efeitos provocados pelo mau uso do solo.

Assim, diante da intensa exploração dos recursos naturais e da degradação generalizada, ocorre a redução da qualidade ambiental e social, onde se torna imperativo a participação integral da população local, frente aos esforços de planejamento e recuperação das áreas degradadas, bem como adoção de técnicas conservacionistas e menos predatórias, adaptadas à realidade local, bastante específica, principalmente pelas características climáticas e pedológicas.

CAPÍTULO 4

AS GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE AMBIENTAL: O SENSORIAMENTO REMOTO E O PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM NA CONFECÇÃO DA CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE JEREMOABO-BA

"O mapeamento do meio físico subsidia a elaboração correta de um planejamento urbano e ambiental, no momento em que permite o conhecimento do meio físico e da variação espacial de suas propriedades. Este tipo de estudo proporciona a adoção de decisões tecnicamente corretas baseadas nas características do meio ambiente, nas necessidades da sociedade e nos fatores operacionais para uma dada região" (WALLACE ROQUE, 2006).

CAPÍTULO 4

AS GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE AMBIENTAL: O SENSORIAMENTO REMOTO E O PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM NA CONFECÇÃO DA CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE JEREMOABO-BA

RESUMO

As Geotecnologias englobam o Sensoriamento Remoto e todos os procedimentos implementados na imagem de satélite para realçar seus alvos. Estas estão sendo cada vez mais utilizadas nas análises espaciais, já que apresentam características que permitem ao interprete verificar as diferentes variáveis biofísicas do ambiente, bem como perceber como se dá a ocupação humana sobre determinado espaço geográfico. Destarte, foi utilizado nesta pesquisa imagens de satélite visando construir a carta de uso e ocupação do solo no município de Jeremobo-Ba. As imagens processadas nesta pesquisa foram do sensor TM (Thematic Mapper) Landsat 5 extraídas do sitio do INPE, com passagem na data 07/12/2006 órbita/ponto 215/67 e cena 216/67 com passagem em 05/04/2007. Após o processamento, que inclui três etapas – Pré-Processamento, Processamento e Pós-Processamento – foi confeccionada a carta de uso do solo, o que possibilitou perceber a relação do homem com o meio.

Palavras-Chave: Sensoriamento Remoto; PDI; Uso do Solo;

4.1 INTRODUÇÃO

Estudos sobre a gestão do território, planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço devem incluir a análise das diferentes variáveis bio-físicas do ambiente, incluindo a ocupação humana, e seu inter-relacionamento. Tendo em vista o avanço da ciência e da tecnologia, e a necessidade premente de dados e informações sobre o ambiente, o Sensoriamento Remoto se tornou uma ferramenta fundamental para a análise ambiental.

O desenvolvimento e aplicação de ferramentas que auxiliam na análise da dinâmica ambiental tem sido de uso corrente no meio cientifico. As Geotecnologias oferecem um grande avanço na execução de mapeamentos destinados às mais variadas áreas de conhecimento. Tarefas que antes eram

executadas manualmente, hoje são elaboradas de forma digital com o auxílio de softwares e hardwares de última geração, como por exemplo, o zoneamento do Amazônia (CREPANI, 2001). As Geotecnologias possibilitam a geração de mapas cada vez mais elaborados e com uma gama maior de detalhamento e precisão cartográfica. Tal fato, associado a sua produção em um espaço de tempo muito inferior a aqueles produzidos sobre técnicas tradicionais, ainda minimizam os custos com o campo, com o mapeamento em geral.

Devido ao intensivo uso de ferramentas que envolvem as Geotecnologias, diversos programas computacionais e equipamentos foram desenvolvido, o que condiciona o aprimoramento de metodologias voltadas, principalmente, para a análise ambiental, possibilitando um melhor planejamento e gestão do território.

No escopo das geotecnologias destacamos o papel do Sensoriamento Remoto e do Processamento Digital de Imagem. Atualmente o Sensoriamento Remoto (SR) é uma das ferramentas mais utilizadas para o mapeamento ambiental de grandes áreas, devido à facilidade em se obter imagens, o custo com o mapeamento e também a atualização das mesmas, o que possibilita estudos periódicos sobre determinadas regiões.

Lillesand e Kieffer (2008) afirmam que o Sensoriamento Remoto é a ciência e arte de obter informações de um objeto, área ou fenômeno através da análise de dados adquiridos sem o contato direto com o fenômeno de interesse. Assim sendo, o SR torna-se um ferramental indispensável à aquisição de dados da superfície terrestre sem o contato direto do homem com o fenômeno de interesse.

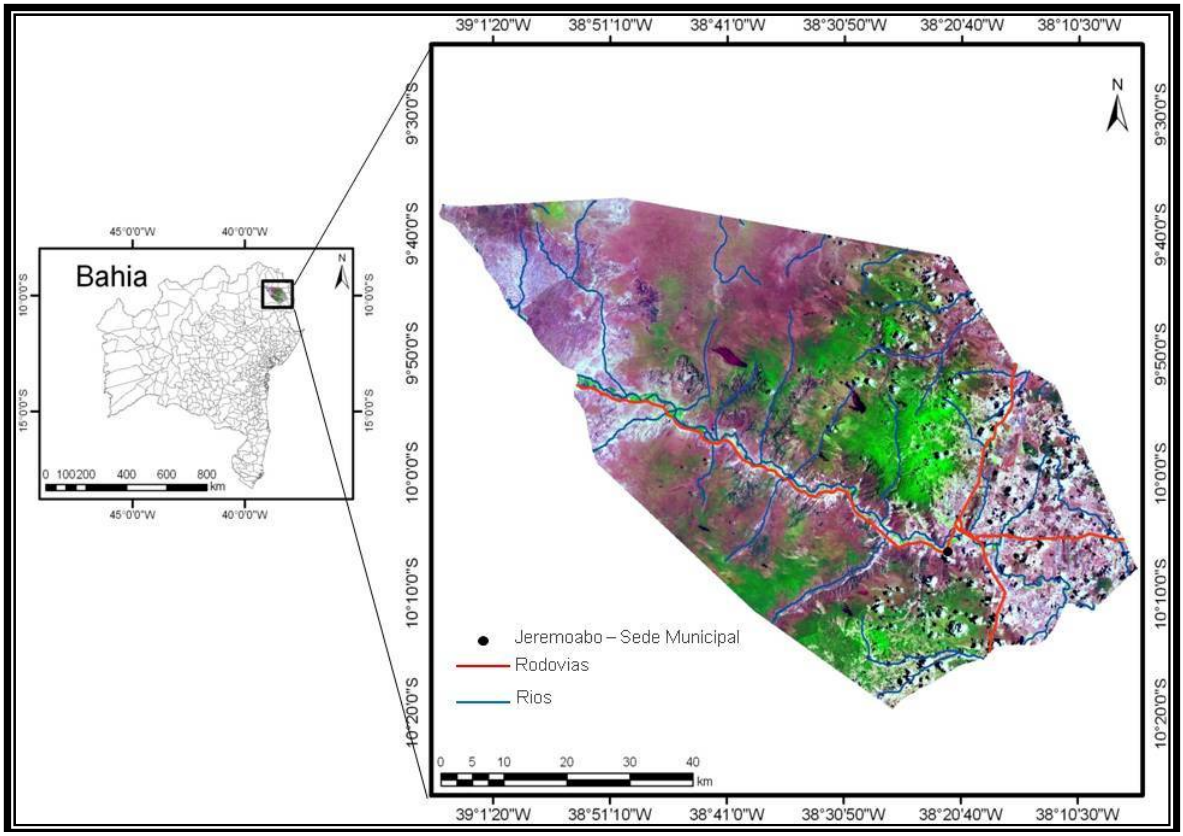
A imagem de satélite, produto do Sensoriamento Remoto, para ser interpretada com mais facilidade pelo homem, deve passar por uma série de procedimentos a fim de ressaltar as características dos alvos. Esses procedimentos são conhecidos como Processamento Digital de Imagem – PDI - onde sua função é facilitar a interpretação da imagem pelo usuário. Assim, serão utilizadas neste trabalho técnicas de PDI para auxiliar na identificação das classes de uso e ocupação do solo no município de Jeremoabo-Ba.

4.2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Jeremoabo (Figura 4.1) localiza-se na região Nordeste do Estado da Bahia, com área de 4.761km^2, e uma população aproximada de 39.302. A economia do município é baseada na agropecuária, extração vegetal e silvicultura (IBGE, 2009). O Clima da região é o semi-árido, predominantemente seco, com temperatura média anual de 24º C, pluviosidade média anual de 654 mm e chuvas concentradas de maio a julho, sendo considerado com alto risco a seca.

O substrato rochoso do município é marcado por rochas sedimentares, com presença de folhelhos, argilitos, arenitos, etc. O relevo apresenta topos aplainados, com bordas desniveladas e formas predominantemente convexas, como meia laranja, lombadas, mesetas, morros e montes, separados por vales chatos ou agudos formando uma drenagem dendritica ou ramificada, com desniveis da ordem de 50 a 100 metros.

Figura 4.1 - Localização do Município de Jeremoabo-BA.



Fonte: Imagem Landsat 5, cena 216/67 de 01/11/2008 com composição colorida RGB 543.

A cobertura pedológica é formada predominantemente por neossolos quartzarênicos, seguidos pelos neossolos litólicos, que por natureza, é um solo raso, marcado pela ausência do horizonte B, apresentando o horizonte A diretamente sobre o substrato rochoso. No que tange a cobertura vegetal, esta é típica de ambientes semiáridos, onde a paisagem é dominada por uma vegetação arbustiva, ramificada e espinhosa, com muitas bromélias e cactos. A Caatinga apresenta-se ora aberta (Caatinga estépica parque), ora densa (Caatinga arbórea), composta de espécies de porte variado. A hidrografia é regida pelo rio Vaza-Barris que em função das condições adversas climáticas, dos baixos índices pluviométricos, a irregularidade das chuvas e à elevada deficiência hídrica, tem sua perenidade comprometida, principalmente nas épocas de longa estiagem. O risco de degradação por erosão do solo é grande, pois associado às frágeis características ambientais o uso do solo é intenso no município, o que tem provocado sérios problemas de degradação ambiental.

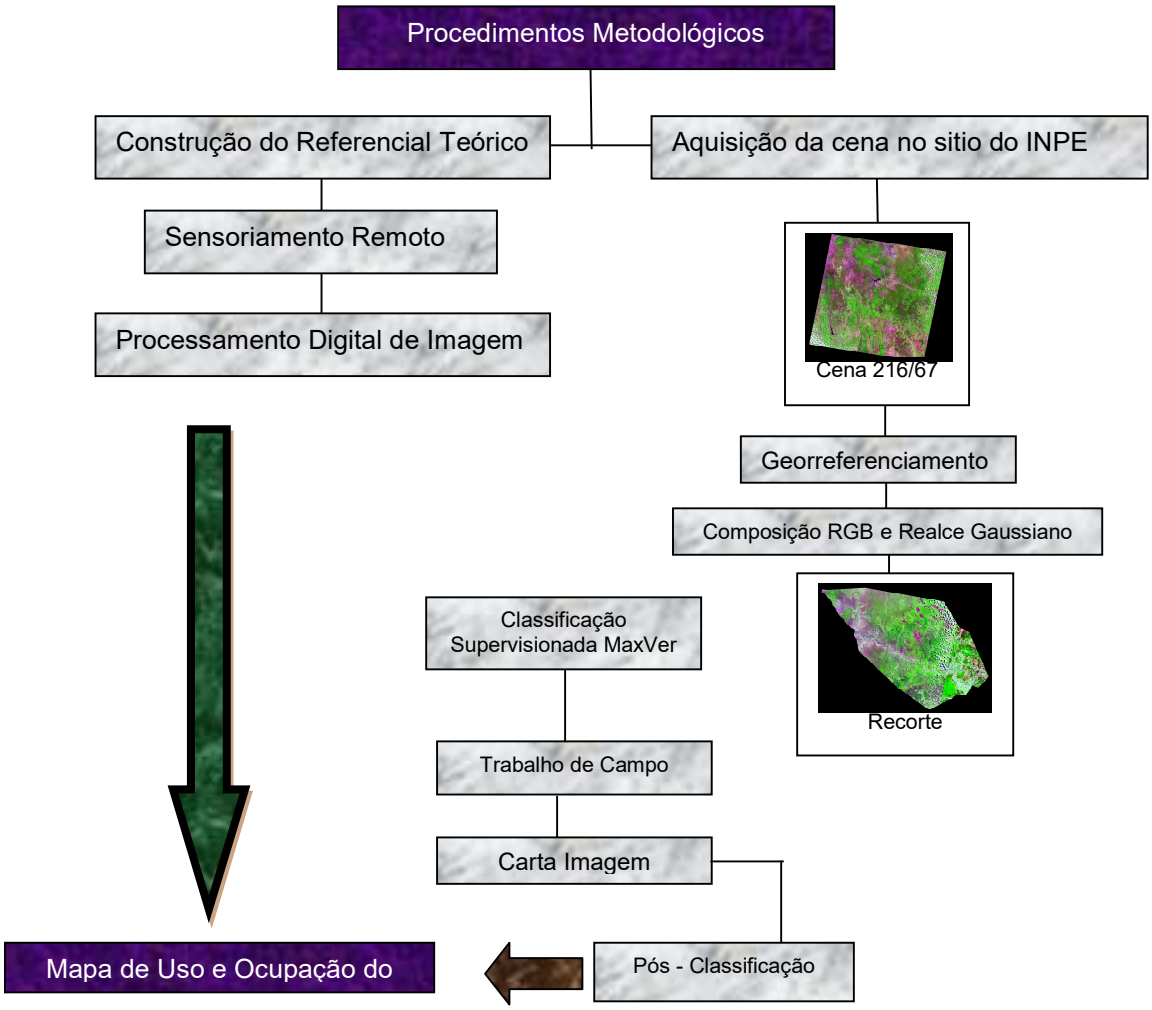
4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa se deu em quatro etapas (Figura 4.2): a primeira corresponde a análise e seleção da cena que recobre o município de Jeremoabo no sitio do INPE; a segunda foi à elaboração do referencial teórico, que se baseia nos princípios do Sensoriamento Remoto e do Processamento Digital de Imagem[1]; e finalmente, a terceira etapa, onde a imagem de satélite foi processada – Pré-Processamento, Processamento e Pós-Processamento – e produzido a carta de uso e ocupação do solo para a área de estudo. A quarta e última fase se refere à etapa de campo, necessária para os registros fotográficos e coleta de dados.

---

1. Para mais detalhes sobre o Sensoriamento Remoto e o Processamento Digital de Imagem conferir o capítulo 2 desta dissertação.

Figura 4.2 - Etapas Metodológicas da Pesquisa



4.3.1 Técnicas de Processamento Digital de Imagem Utilizadas na Pesquisa

A primeira etapa desta pesquisa consistiu na aquisição da cena 216/67 do satélite Landsat 5 oriunda do sensor TM (Thematic Mapper), extraída do sitio do INPE, com passagem na data 01/11/2008.

A etapa posterior foi o processamento desta imagem, cujo objetivo foi dar significado aos objetos/alvos nela presente e assim, identificar os principais usos do solo no município de Jeremoabo.

4.3.1.1 Correção Geométrica - Registro

A técnica de registro compõe a fase inicial e não menos importante de interpretação da imagem: o pré-processamento, que tem como finalidade calibrar a radiometria da imagem, amenizar os efeitos atmosféricos, remover ruídos e corrigir distorções geométricas por meio do georreferenciamento da imagem.

O georreferenciamento/registro da imagem foi baseado no método imagem por imagem a partir do algoritmo do vizinho mais próximo, utilizando as imagens do PROBIO-CAATINGA como referência. Estas foram georreferenciadas a partir do mosaico GEOCOVER, disponibilizadas no site https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl, que servem de base para a correção geométrica de imagens Landsat.

Foram coletados um número mínimo de pontos na imagem base, tomando como referência para o georreferenciamento, o relevo, estradas e corpos d'água de forma espacializada na imagem. Ao final da coleta dos pontos de controle, foi observado o Erro Médio Quadrático (RMS), que segundo a literatura deve ser inferior ao tamanho médio de um pixel, e no caso das imagens Landsat é de 30 metros.

Os pontos de controle mapeados na imagem (a de referência e a georreferenciada) permitiram que o RMS obtido - 0,5 metros - fosse menor do que 1 pixel na imagem landsat, ou seja, o RMS está de acordo com a literatura confirmando a qualidade da correção geométrica. O método utilizado foi o vizinho mais próximo, pois tem como característica particular preservar os DN's (Números Digitais) da imagem, não envolvendo médias na reamostragem dos pixels. Esses procedimentos foram realizados no software Envi 4.6.

4.3.1.2 Recorte

Após o georreferenciamento da imagem foi realizado o recorte do limite municipal da área de estudo, tendo em vista que a análise dos municípios circunvizinhos não faz parte dos objetivos dessa pesquisa, além disso, esse procedimento proporciona agilidade ao processamento da imagem.

Para tanto, criou-se uma máscara, a partir do arquivo shapefile (shp) desenvolvido no software ArcMap 9.3. Esta máscara foi exportada para o software Envi 4.6, e utilizando o comando “aplicar máscara”, recortamos o limite municipal da imagem de satélite. Tanto o arquivo Shapefile quanto a imagem de satélite foram ajustados para o Datum WGS-84.

4.3.1.3 Composição Colorida - RGB

As imagens originadas de sensores ópticos são originalmente em preto e branco, ou seja, em diferentes tons de cinza, porém, a capacidade visual do ser humano em distinguir diversas tonalidades de tons de cinza não passa de 30 (CROSTA, 1992). No entanto, é possível gerar uma composição colorida – falsa cor - com a união de três bandas a três cores primárias: vermelho (R), verde (G) e azul (B).

Segundo Crosta (1992) é possível usar qualquer combinação de três bandas para se produzir uma composição colorida, só é necessário averiguar se essa combinação conterá as informações espectrais desejada, uma vez que pode-se desperdiçar informações quando estas não são bem selecionadas.

O manual do Envi expõe as combinações mais usuais de bandas para o landsat TM:

- Bandas 3-2-1: composição das cores naturais.
- Bandas 7-4-1: interpretação geológica.
- Bandas 7-4-3: interpretação geológica.
- Bandas 4-3-2: a vegetação aparece em vermelho.
- Bandas 4-5-3: diferenciação do uso da terra.

Porém, vale ressaltar que não se deve aceitar receitas prontas de composição colorida, pois cada imagem possui características próprias, por isso, tem que aplicar diferentes combinações até encontrar a que melhor satisfaça os objetivos.

Nesta pesquisa foram testadas diferentes composições coloridas e a que melhor representou os alvos da área de estudo foi a 543, com a banda 4 no canal verde (G), propícia para diferenciar a vegetação.

4.3.1.4 Aumento de Contraste

Os dados de satélites podem conter um contraste espectral de baixa qualidade visual, assim, o realce de imagem digital consiste num conjunto de procedimentos implementados para melhorar a qualidade da imagem. Segundo Moreira (1997) um dos realces mais utilizados é a ampliação de contraste, onde os níveis de cinza são manipulados via histograma, assim, os níveis de cinza mais baixos são arrastados para próximo de zero (tonalidade mais clara), enquanto os níveis mais altos, para próximo de 255 (cinza-claro).

No aumento de contraste interativo disponibilizado pelo software ENVI, o usuário manipula o histograma (Figura 4.3), onde é possível saber os valores mínimos e máximos dos níveis de cinza e controlar os valores na imagem de saída, que receberá o contraste. Nesta pesquisa o aumento de contraste utilizado foi o gaussiano que obedece às leis gaussianas de distribuição estatística, produzindo um histograma em que a média e o desvio padrão da distribuição são especificados.

Neste processo a informação contida nas extremidades do histograma vai ser realçada (Figura 4.4 e 4.5). Vale salientar que esta etapa foi realizada com o intuito apenas de melhor identificar os alvos na imagem, contudo, a classificação supervisionada não foi feita sobre a imagem realçada, como sugere a literatura.

Figura 4.3 - Manipulação do histograma da imagem, utilizando o aumento de contraste gaussiano.

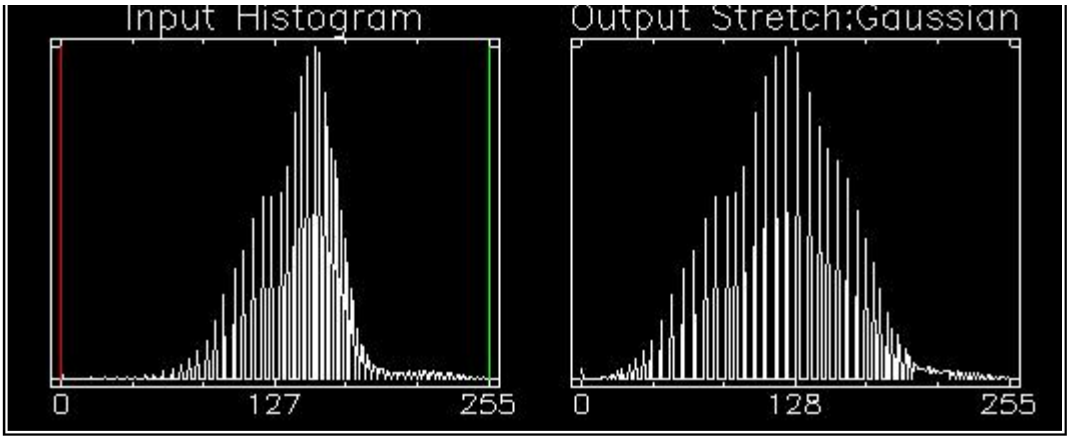
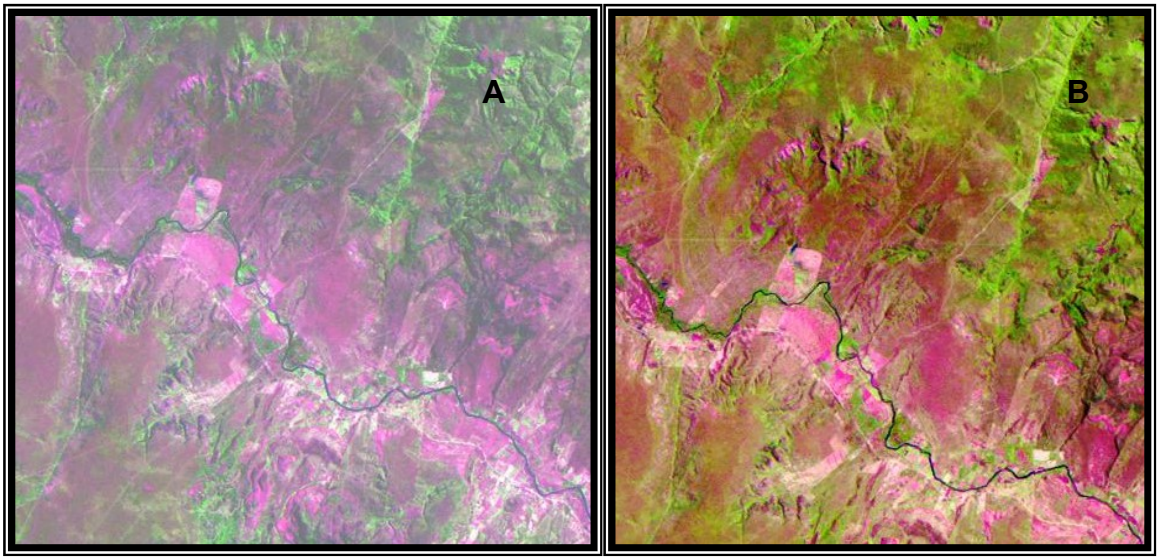


Figura 4.4 e 4.5 – Recorte da cena 216/67 de 01/11/2008: a - Imagem sem realce; e b - imagem realçada.



4.3.1.5 A Classificação da Imagem

A técnica de classificação de imagem é uma das fases mais importantes do processamento, pois numa imagem classificada se obtém como produto, um mapa digital temático. Este processo implica no reconhecimento de padrões e feições homogêneas em uma imagem, onde a discriminação dos alvos só é possível devido ao diferente comportamento espectral de cada alvo.

A análise visual da imagem é feita diretamente na tela do computador, onde são levados em consideração os diferentes elementos chave de interpretação de imagens citados anteriormente (capítulo 2 desta dissertação). Existem basicamente duas abordagens referentes às técnicas de classificação de imagem: a primeira é a classificação supervisionada, onde há grande participação do usuário, pois ele identifica os pixels pertencentes a uma determinada classe e deixa ao computador o papel de localizar e agrupar os demais pixels daquela classe. A outra abordagem é a classificação não-supervisionada, onde o computador é quem classifica a imagem, com base em regras estatísticas, cabendo ao usuário apenas identificar, posteriormente, essas classes (CROSTA, 1992).

A técnica utilizada nesta pesquisa foi a classificação supervisionada, com o algoritmo de Máxima Verossimilhança (MaxVer), que considera a ponderação da distância das médias dos níveis digitais e se apropria de parâmetros estatísticos. Este método pressupõe que o analista conheça minimamente a área de estudo, visto que deve-se selecionar, *a priori,* as classes a serem mapeadas, coletando um número maior que cem pixels para cada classe, para que estas tenham representatividade no mapeamento (CROSTA, 1992).

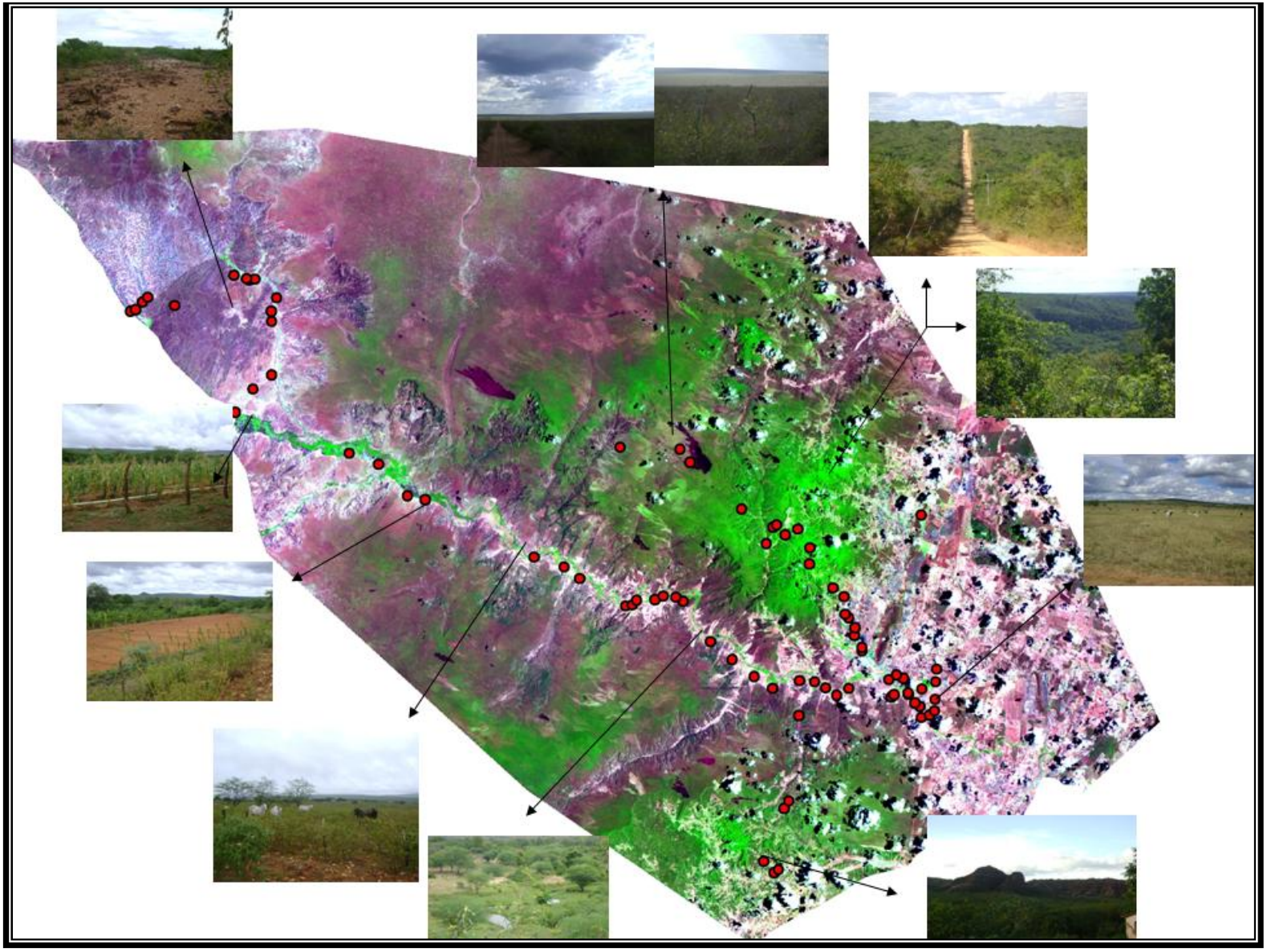
Tomando por base a atividade de campo e a fotointerpretação da imagem de satélite, foi selecionado um grupo de sete classes para o mapeamento de uso e cobertura do solo no município de Jeremoabo. Estas classes compreendem: Caatinga arbórea-arbustiva; Caatinga arbustiva-herbácea; Caatinga Parque; pastagem/agricultura; áreas antropizadas; nuvem e sombra de nuvem.

4.3.2. Trabalho de Campo

A quarta fase desta pesquisa é a atividade de campo. O trabalho de campo é uma prática de grande relevância nos estudos geográficos, pois é através dele que percebemos a relação homem-natureza e como a figura humana interfere na dinâmica do local. Para além disso, é necessário também para que se possa compreender a dinâmica da paisagem, com suas variáveis ambientais e sociais e com isso relacionar o conhecimento teórico a realidade vigente.

Sendo assim, foram realizadas três saída a campo a campo: a primeira (23/09/2009) objetivou conhecer a área de estudo de forma geral, enquanto a segunda (17/11/2009), serviu para coleta de dados (pontos de controle com o GPS e entrevistas com as comunidades), registro fotográfico e análise visual da paisagem. A terceira (20/01/2011) foi basilar para conferir a veracidade da classificação Maxver e subsidiar a construção do mapa de uso e ocupação do solo. A figura 4.6 mostra a área de estudo, os pontos coletados nas saídas de campo e fotografias representativas de cada região visitada.

Figura 4.6 - Imagem Landsat 5, composição RGB543 e pontos de controle de campo relacionados às fotos registradas de cada região visitada.



4.3.3 Validação da Carta de Uso e Ocupação de Jeremoabo

Através da classificação supervisionada, utilizando o algoritmo de Máxima Verossimilhança (MaxVer), obtivemos a carta imagem de uso e cobertura do solo do município de Jeremobo. Atualmente, com o uso de geotecnologias constata-se a facilidade de obtenção desses tipos de mapeamento, destarte, é necessário que haja uma avaliação da acurácia desses dados.

A validação da carta é necessária tendo em vista sua integração no Sistema de Informação Geográfica, pois segundo Silva (2003), apenas a integração de dados em ambiente SIG não garante a integridade dos mesmos. Na avaliação da acurácia de dados provenientes de Sensoriamento Remoto, deve-se levar em conta a data de aquisição da imagem, a posição dos dados, e a temática investigada.

Nesse caso, o erro posicional foi calculado e obteve-se um RMS (Root Mean Square) de 0.5 pixel, ou seja, o intervalo de incerteza é inferior a 30m que é o tamanho do pixel das imagens landsat.

Já para o erro temporal tem-se uma diferença de um ano entre a data de obtenção da imagem e as saída a campo de campo realizadas. Embora se tenha consciência da dinamicidade de reprodução do espaço geográfico, não foram perceptíveis as diferenças da imagem, datada de 11/10/2008, para os trabalhos realizados em 17/11/2009.

O terceiro tipo de erro observado é o temático, que nos leva a validar a classificação supervisionada. Para tanto, foi estabelecido o coeficiente Kappa, que segundo Silva (2003), Congalton e Mead (1993) afirmam que este índice varia de 0 a 1 sendo mais acurados aqueles dados que tiverem o valor mais próximo de 1, enquanto terá sua veracidade duvidosa quanto mais próximo de 0 for.

O valor do índice kappa obtido nesta classificação supervisionada foi de 0,85% e acurácia de 88%, o que indica um resultado satisfatório, segundo os valores de referência apontados por Landis e Koch (1977). Para os autores supracitados o índice kappa será considerado quase perfeito se obtiver valor entre 0.81 a 1.00, como pode ser visualizado no quadro 4.1.

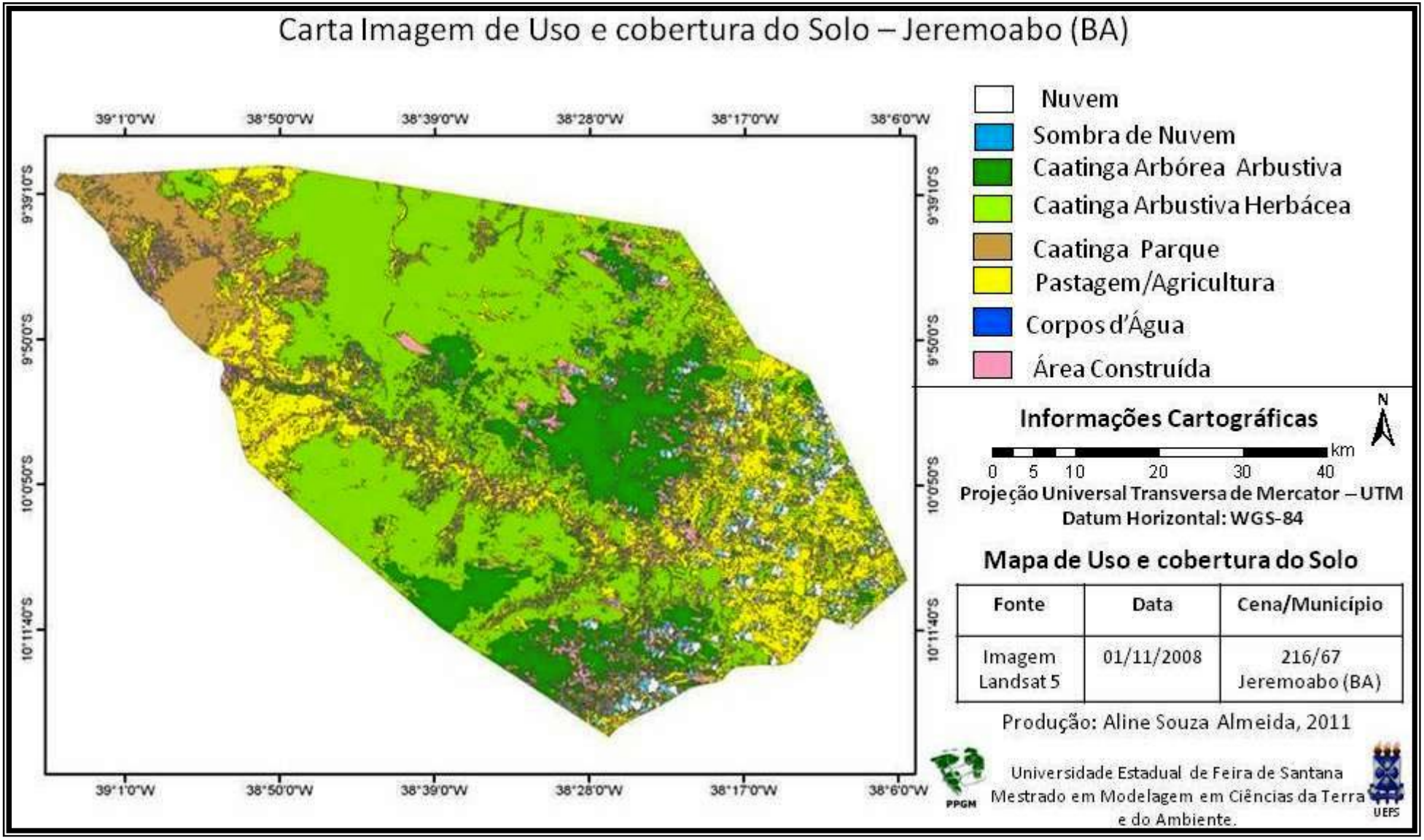
Quadro 4.1: Escala de Importância do Índice Kappa

ÍNDICE KAPPA	GRAU DE IMPORTÂNCIA
< 0,00	Sem Correspondência
0,00 – 0,20	Insignificante
0,21 – 0,40	Discreto
0,41 – 0,60	Moderado
0,61 – 0,80	Substancial Correspondência
0,81 – 1,00	Quase Perfeito

Fonte: Landis e Koch (1977)

Assim sendo, percebe-se que a classificação supervisionada foi satisfatória para os objetivos aqui propostos. A carta imagem de uso e cobertura do solo de Jeremoabo pode ser observada na figura 4.7.

Figura 4.7 - Carta imagem de uso e ocupação do solo do município de Jeremoabo



4.4 O PÓS-PROCESSAMENTO: O MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Esta etapa corresponde à vetorização automática da classificação – realizada no software Envi 4.6 - e edição individual dos polígonos. A etapa de edição foi realizada no ArcMap 9.3, onde foi analisado cada polígono individualmente e reclassificado aqueles que, por apresentar radiâncias semelhantes foram inseridos em classes sem correspondência no processo de classificação.

A classificação em tela foi necessária para editar os polígonos de nuvem e sombra de nuvem (Figura 4.8); este processo foi realizado tendo como base a análise da imagem, a classificação supervisionada e o conhecimento da área de estudo, assim, estes polígonos foram inseridos em suas classes de origem.

Após a edição dos polígonos, foi selecionada a combinação de cor para cada classe e feito o *layout*, inserindo título, legenda, norte e escala (Figura 4.9).

Figura 4.8 - Procedimentos para a confecção do mapa de uso do solo de Jeremoabo

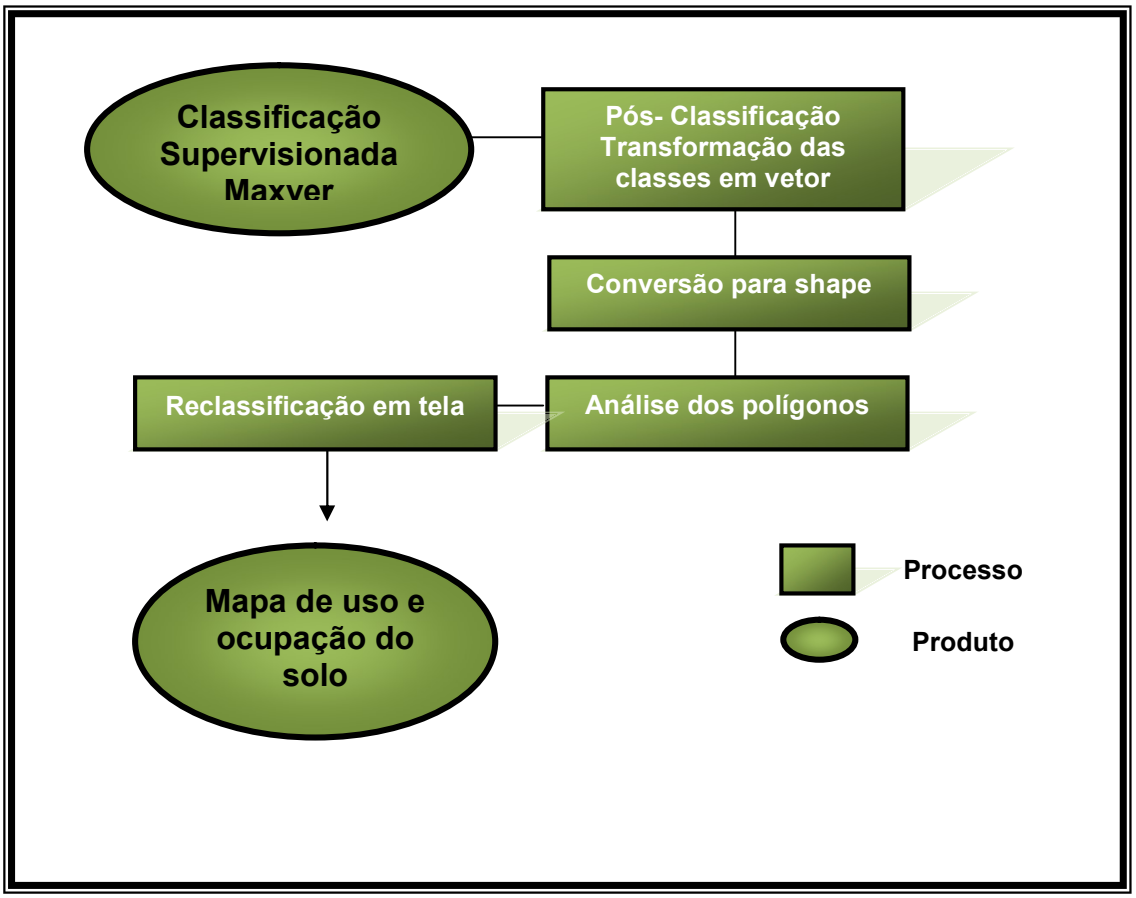
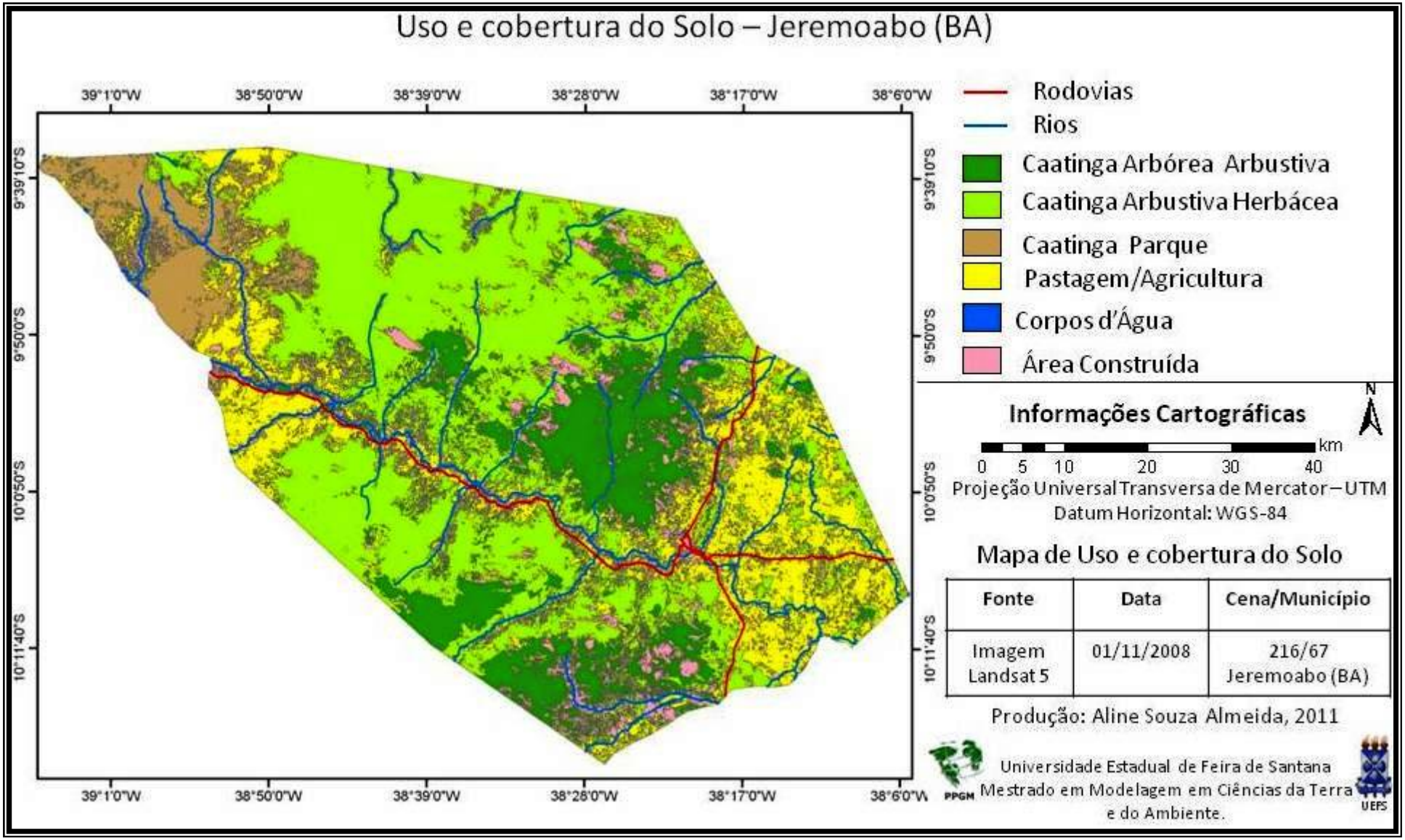


Figura 4.9 - Mapa editado de uso e ocupação do solo de Jeremoabo com base na imagem do satélite Landsat 5 cena 216/67.



4.4.1 As Classes de Uso do Solo de Jeremoabo

O levantamento do uso da terra é de grande importância para o conhecimento da dinâmica do espaço geográfico, visto que, devido ao uso intensivo do solo tem provocado a deterioração do ambiente. É salutar o conhecimento da distribuição espacial das principais atividades de uma região e a compreensão da essência de sua relação com as formas de ocupação, tento em vista que o grau de intensidade desses processos será responsável pela maior ou menor degradação do meio.

Os tipos de uso do solo do município de Jeremoabo foram inseridos em seis classes: Caatinga arbórea arbustiva, Caatinga arbustiva herbácea, Caatinga parque, agricultura/pastagem, corpos d'água e área construída. A configuração espacial e quantidade dessas classes (Quadro 4.2) estão condicionadas a presença do rio Vaza-Barris e seus afluentes e pela presença das estradas que circundam o município.

Quadro 4.2: Relação das classes mapeadas, suas áreas e percentagem.

Classes	Áreas (k2)	Percentagem %
Caatinga Arbórea Arbustiva	681,17	14,0
Caatinga Arbustiva Herbácea	2246,38	47,0
Caatinga Parque	415,5	9,0
Agricultura/Pastagem	1124,39	23,0
Água	6,8	0,0
Área Construída	315,75	7,0
Total	4789.7	100

4.4.1.1 Agricultura/Pastagem

Desde os primórdios do homem na terra, é sabido que ele procura as melhores terras onde possa obter recursos que lhe garanta a sobrevivência, como bons solos e água potável; assim não foi diferente em Jeremobo. A bacia hidrográfica do município é a do rio vaza-barris, que atravessa-o no sentido leste/oeste, sendo seu leito aproveitado para o cultivo agrícola.

A agricultura/pecuária em Jeremoabo corresponde ao uso de 23% de suas terras. A agricultura concentra-se em áreas com disponibilidade de água, ou seja, no leito do rio vaza-barris, já que grande parte da agricultura praticada

é irrigada. Na região encontram-se áreas plantadas de feijão, milho, tomate (culturas temporárias) e banana, coco, manga (culturas permanentes). Vale salientar que o município tem uma produção significativa de feijão e milho: em 2008 foram produzidas 6.680 toneladas e 20.592 toneladas destes produtos, respectivamente.

A prática agrícola tem contribuído sobremaneira para o aumento das áreas degradadas no município. A erosão do solo tem aumentado consideravelmente, em função da remoção da vegetação natural, para dar lugar à agricultura e a pecuária; de queimadas (Figura 4.10); do uso intensivo de agrotóxico e das condições inadequadas de preparo do solo. Consequentemente foram identificadas nesta classe, muitas áreas com desenvolvimento de sulcos, ravinas e voçorocas, além do desenvolvimento de crosta de salinização, devido à irrigação inadequada do solo.

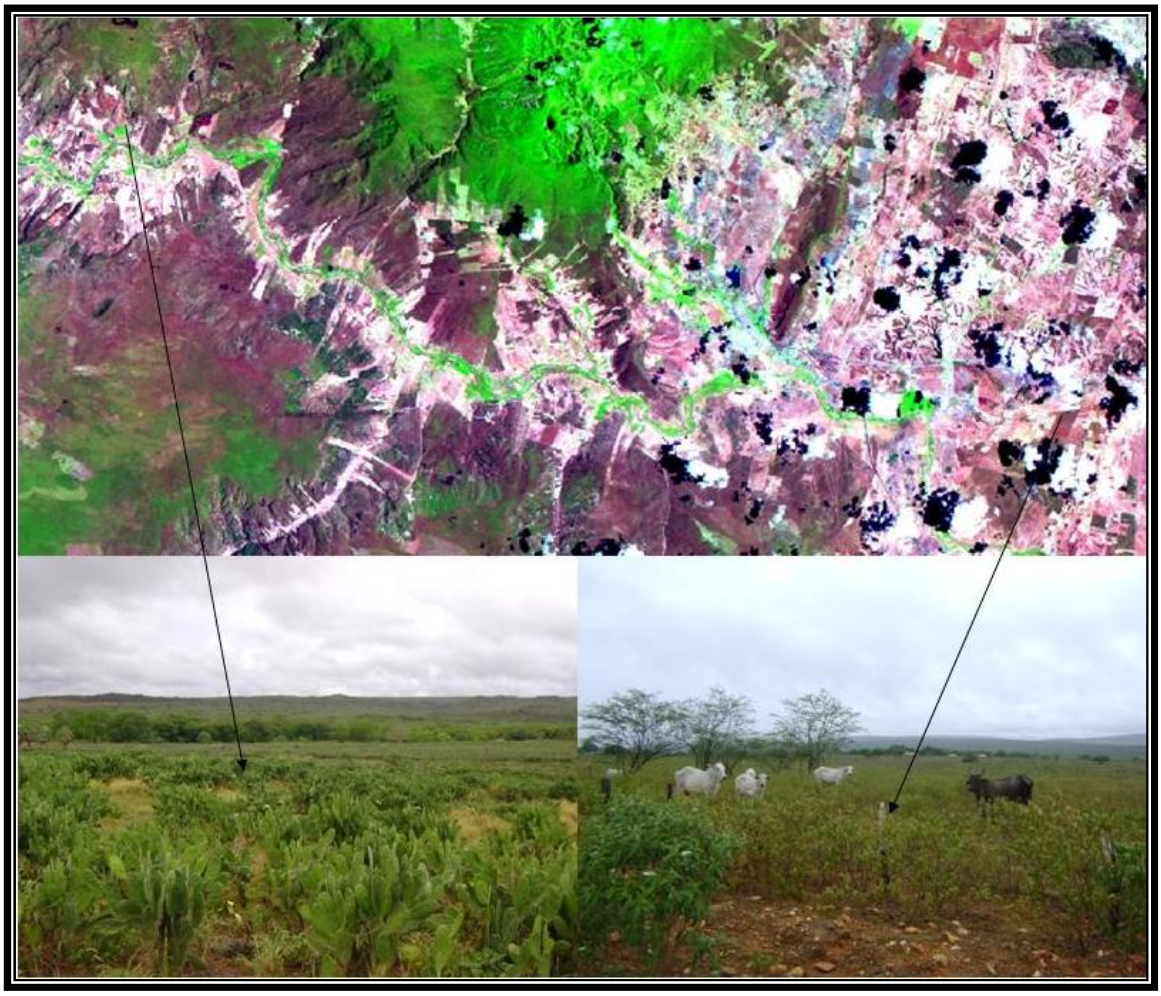
Figura 4.10 - Remoção da vegetação através de queimadas e ocupação do terço inferior da encosta com agricultura de subsistência (mandioca).

Quanto à pecuária, esta é uma atividade comum no município; os rebanhos de maior representatividade são o bovino, com 48.947 e o caprino que contou com 37.747 cabeças em 2008 (IBGE, 2008). O município também se destaca na produção de ovos de galinha, produzindo neste mesmo ano 104 mil dúzias. As áreas ocupadas pela pecuária, muitas vezes, é manejada sem planejamento, com remoção total da cobertura vegetal (Figura 4.11), o que torna o solo susceptível a variáveis externas, como a ação eólica, e o regime pluviométrico, que na região apresenta chuvas concentradas, podendo levar a lixiviação do solo, deslizamento de terras e o desenvolvimento de voçorocas.

Figura 4.11 - Área com remoção da vegetação e área destinada à pastagem do gado.

Esta classe, agricultura/pecuária foi agrupada devido à dificuldade de identificar os pixels de cultivo agrícola na imagem de satélite tendo em visa à resolução da imagem (30 x 30 m), pois as áreas destinadas à agricultura no município são relativamente pequenas, muitas vezes utilizadas apenas para subsistência. Sabe-se também que a maior área de localização destes cultivos concentra-se no leito do rio vaza-barris (Figura 4.12), devido à disponibilidade de água, enquanto a pecuária concentra-se na parte leste do município.

Figura 4.12 - Recorte da imagem de satélite revelando pixels de agricultura e pastagem e fotos correspondentes: no leito do vaza-barris área com plantação em consórcio de palma e capim para o gado e na área leste do município áreas destinadas à pastagem.



4.4.1.2 Cobertura Vegetal: Caatinga Arbórea, Arbustiva Herbácea e Parque

A cobertura vegetal da área é dominada por uma vegetação arbóreo-arbustiva, ramificada e espinhosa, com muitas bromélias e cactos. A Caatinga apresenta-se ora aberta, ora densa, composta de espécies de porte variado.

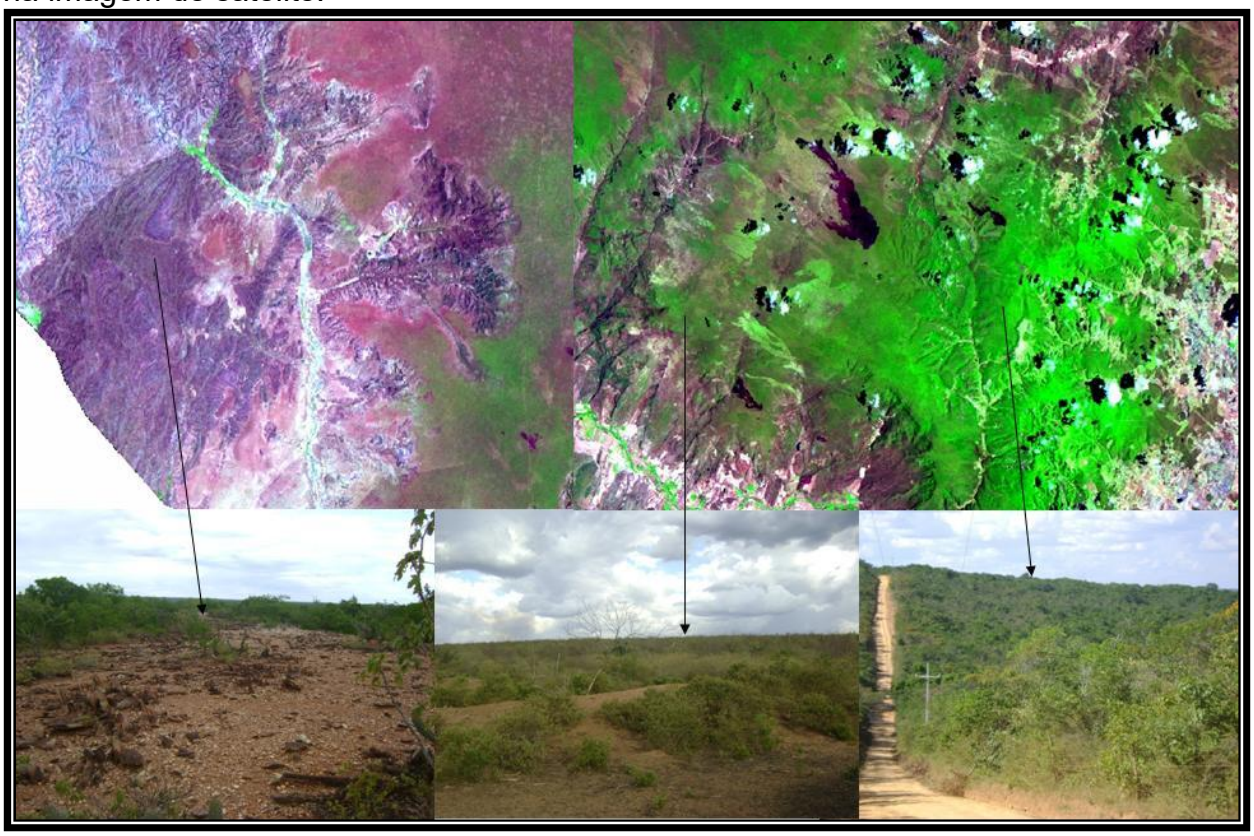
A classe de Caatinga Arbórea corresponde a 14% da área, a Caatinga Arbustiva é composta por plantas com extrato arbustivo e herbáceo, presente em 47% do território. Já a Caatinga Parque representa apenas 9% da cobertura vegetal do município.

Entre as espécies de porte arbóreo se destacam a jurema, umburana, favela, baraúna, entre outros. Das espécies arbustivas tem-se a macambira,

velame, gravatá, e da família cactácea, o mandacaru, o facheiro, xique-xique e a coroa-de-frade.

Na imagem de satélite destacam-se facilmente os três tipos de Caatinga acima descritos, pois os diferentes portes e características dessa vegetação lhes garantem uma reflectância específica, como pode ser observado na figura 4.13.

Figura 4.13 - Os diferentes portes da cobertura vegetal de Jeremoabo representados na imagem de satélite.



Mas vale salientar que a Caatinga primária do município foi substituída em muitas áreas, pela algaroba (Prosopis Juliflora), planta altamente adaptada ao semiárido, com bastante facilidade de expansão (Figura 4.14) e que serve de alimento para os animais.

Figura 4.14 - Detalhe da algaroba na estrada e imagem de sua expansão no município.

No município a algaroba é utilizada como ração animal e na produção de lenha (Figura 4.15). Segundo um produtor, vende-se o saco da semente da algoraba por 20,00 reais, enquanto a lenha rendeu ao município um montante de 58 mil reais em 2008, fruto de 117 toneladas de madeira para a produção de carvão vegetal.

Figura 4.15 - Semente da algaroba e sacas a serem vendidas (imagens superior) e madeira sendo empilhadas no caminhão para a venda.

4.4.1.3 Corpos d'água

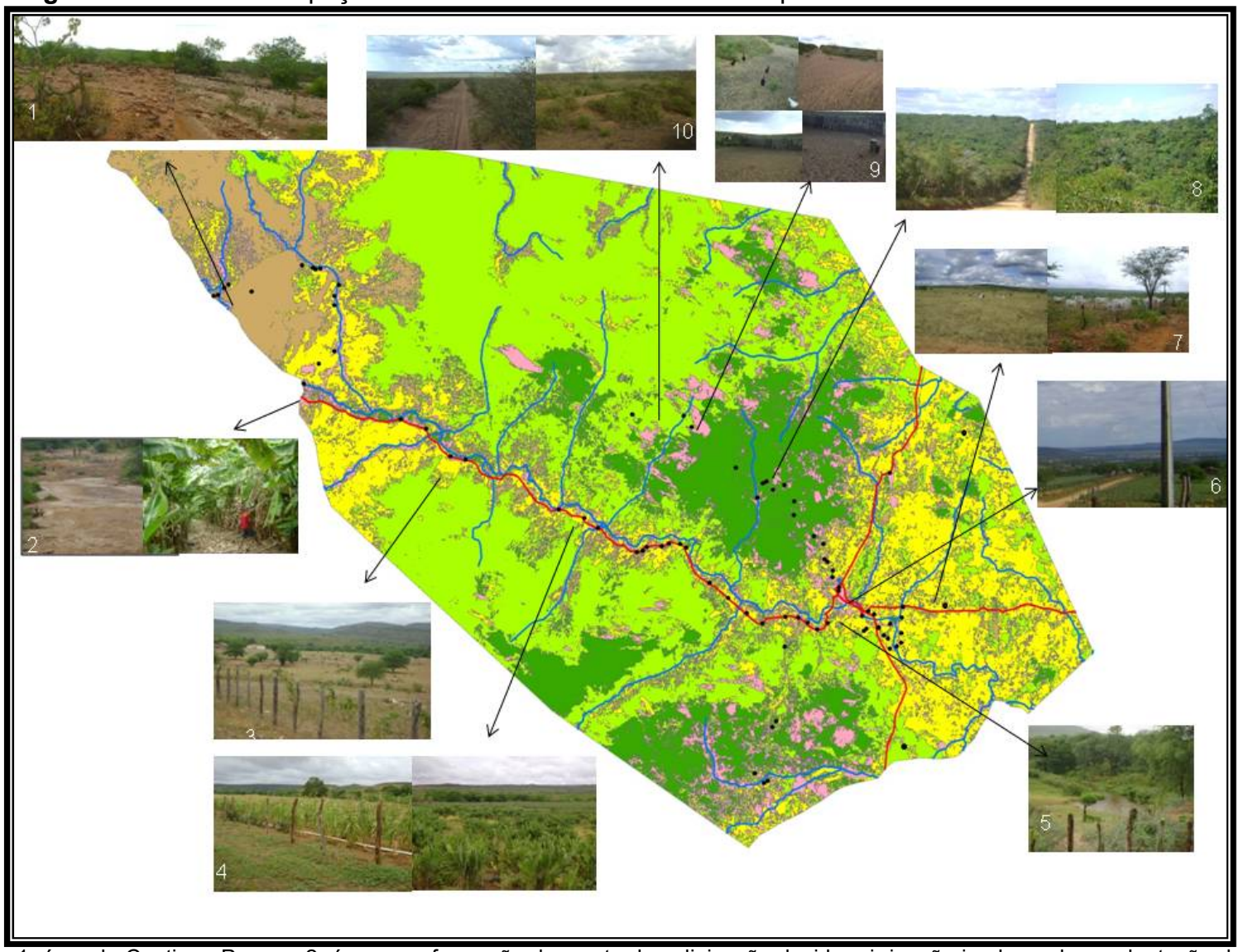
A classe água mapeada corresponde a apenas 6,8 km^2, pois a reflectância da mata ciliar do vaza-barris é maior que a radiância da água, sobressaindo à copa das árvores em detrimento da água do rio, tornando-se impossível a classificação dessa classe na imagem de satélite. O corpo d'água mapeado corresponde a um açude próximo a área urbana do município, como pode ser observado na figura 4.16.

Figura 4.16 - Imagem de satélite e foto com detalhe do corpo d'água mapeado

4.4.1.4 Área Construída

Esta classe corresponde às áreas de estradas e área urbana, incluindo povoados e comunidades, somando um total de 315,7 km, ou seja, 7% do território. A espacialização dessas classes e fotos correspondentes às mesmas pode ser conferida na figura 4.17.

Figura 4.17 - Uso e Ocupação do Solo em Jeremoabo e fotos representativas de suas classes.



1: área de Caatinga Parque; 2: área com formação de crosta de salinização devido a irrigação inadequada na plantação de banana; 3: área com supressão da vegetação para criação de pastagem; 4: agricultura irrigada; 5: Rio Vaza-Barris; 6: área urbana; 7: pastagem; 8: Caatinga arbórea; 9: clareira (solo exposto) e criação de galinhas; 10: Caatinga arbustiva.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise ambiental deve ser vista sob um viés critico, tomando como referência todas as variáveis que compõe a paisagem, sejam elas físicas ou humanas. Apesar da visão midiática imposta à questão ambiental, muitas vezes carregada de ideologia e romantismo, esta deve ser levada a sério, pois a intensa exploração dos recursos naturais está provocando a escassez cada vez mais rápida e intensa dos mesmos.

Atualmente a utilização de geotecnologias como o Sensoriamento Remoto (SR) e o Processamento Digital de Imagem (PDI), tem auxiliado no mapeamento de grandes áreas e permitido um maior conhecimento da superfície terrestre. Essas geotecnologias também têm minimizado os custos com o mapeamento e com o tempo na elaboração de produtos cartográficos, pois trabalhos que antes levavam dias, hoje podem ser realizados em poucas horas.

Por isso, nesta pesquisa foram usadas imagem de satélite – produto do SR – e o PDI para confeccionar o mapa de uso e cobertura do solo de Jeremoabo. Pois sabe-se que o conhecimento pormenorizado da dinâmica de uso e cobertura do solo oferece ao analista ambiental uma ferramenta fundamental para entender o comportamento do espaço geográfico e assim, promover medidas que possam mitigar os efeitos provocados pela ação antrópica no meio.

Haja vista, o conhecimento do uso do solo no município de Jeremoabo foi fundamental para entender a configuração de sua paisagem e o resultado do uso intenso de suas terras. Através da análise do mapa e das visitas de campo, foi possível perceber que o município apresenta em grande parte de suas terras fortes processos de degradação acelerada, como ravinas, voçorocas, terras improdutivas, crosta de salinização, etc.

Observa-se que estes fortes impactos são oriundos da aplicação de técnicas errôneas e manejo sem controle, com o uso intensivo de agrotóxicos, queimadas, retirada da vegetação natural e falta de rotação de culturas. Esses tipos de impactos provocam um processo de erosão acelerada, desgaste do solo e desenvolvimento de áreas irrecuperáveis, onde o processo de desertificação se instalou, implicando em elevados custos se ocorrer tentativas futuras de recuperação.

Frente à intensa exploração dos recursos naturais e a degradação generalizada, ocorre a redução da qualidade ambiental e social, onde se torna imperativo a participação integral da população local, visando um planejamento para recuperação das áreas degradadas, bem como a adoção de técnicas conservacionistas e menos predatórias, adaptadas à realidade local, especificamente as condições climáticas e pedológicas do município.

Verifica-se com o desenvolvimento desta pesquisa, que as ferramentas do Sensoriamento Remoto e do Processamento Digital de Imagem, foram de grande eficiência para a identificação das diversas classes de uso do solo e consequentemente, para o entendimento da dinâmica socioambiental de Jeremoabo.

REFERÊNCIAS

CHRISTOFOLETTI**,** Antônio. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Bluncher, 1999.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea Diagnóstico do Município de Jeremoabo - Bahia** / Organizado [por] Ângelo Trévia Vieira, Felicíssimo Melo, Hermínio Brasil V.Lopes, Hermínio Brasil V. Lopes, José C. Viégas Campos, José T Guimarães, Juliana M. da Costa, Luís Fernando C. Bomfim, Pedro Antonio de A. Couto, Sara Maria Pinotti Benvenuti. Salvador: CPRM/PRODEEM, 2005.

CPRM, **Sistemas de Informações Geográficas** – SIG. Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia: Mapas na escala 1:1.000.000 e 1:2.000.000. V. 1: maio, 2003. 1 CD-ROM

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento Remoto**. São Paulo: oficina de textos, 2007.

FLORENZANO, Teresa Gallotti (Org.). **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: oficina de texto, 20008.

FREIRE, Neison Cabral F. **Desertificação na Região de Xingó**: mapeamento e análise espectro-temporal. Dissertação de Mestrado. UFPE: Recife, 2004.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Cidades. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/cidades, 2008/2009. Acesso: janeiro de 2010

INSTITUTO HÓRUS. 2008. **Base de Dados sobre Espécies Exóticas Invasoras** em I3N-Brasil. Consultado em: junho de 2010 - http://www.institutohorus.org.br

JENSEN, J.R. 2008. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres.** Tradução da segunda edição pelo INPE. Editora Parêntese. 598 p.

LANDIS, J.R. e KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics,** Washington**,** v.33, n.3, p. 159-179, mac 1977.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto**: **princípios e aplicações**. São Paulo, 1992, Ed. Edgard Blücher, 308p.

OLIVEIRA, João Henrique Moura. **Caracterização Geomorfológica e Análise Integrada da Paisagem no Raso da Catarina - Ba por Geotecnologias**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente) – Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, 2008.

PONZONI, F. J.; SHIMABOUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2007.

ROQUE, Wallace V. **Mapeamento Geoambiental da Área Urbana de Manaus - AM.** Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 2006.

SARAIVA, Fabiano. **A Unidade de Paisagem Serra do Mar no Estado do Paraná: Perspectiva de Abordagem a Partir do Geossistema**. Dissertação de mestrado. UFPA: Curitiba, 2004.

SILVA, A. de B. **Sistemas de informação geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. São Paulo. Unicamp, 2003.

CAPÍTULO 5

MODELAGEM DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL À PERDA DE SOLO NO MUNICÍPIO DE JEREMOABO-BA

"(...) o desenvolvimento sustentado deve prever a manutenção dos processos ecológicos fundamentais dos quais depende a sobrevivência humana, tais como a fotossíntese, os ciclos hidrológicos e a reciclagem dos nutrientes. A perturbação em alto grau desses processos colocaria em risco a vida humana. Isso, alias, já vem ocorrendo em maior ou menor grau em todas as áreas do planeta, traduzindo-se em desertificação crescente, efeito estufa, mudanças climáticas, inundações e fragilidades crescente de algumas regiões." (DIEGUES, 1992) .

CAPÍTULO 5

MODELAGEM DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL À PERDA DE SOLO NO MUNICÍPIO DE JEREMOABO-BA

RESUMO

O objetivo deste artigo foi desenvolver um modelo de vulnerabilidade à perda de solo que melhor represente o município de Jeremoabo. Para tanto, nos apropriamos da metodologia de Crepani (2001), fazendo as devidas adaptações para a área de estudo. Como procedimento metodológico, construímos um banco de dados formado por mapas de geologia, solo, uso do solo, geomorfologia e clima e realizamos a integração destes dados em ambiente SIG. Uma etapa relevante da metodologia é a reclassificação desses mapas para valores de vulnerabilidade ambiental. O resultado destes procedimentos foram dois modelos de vulnerabilidade que possibilitou-nos perceber o grau de estabilidade/instabilidade do município quanto as suas características ambientais e antrópicas. No primeiro modelo foi obtido um mapa com três classes de vulnerabilidade: moderadamente estável (2%), medianamente estável/vulnerável (56%) e moderadamente vulnerável (42%). Já o segundo modelo apresentou quatro classes de vulnerabilidade: moderadamente estável (3%), medianamente estável/vulnerável (42%) e moderadamente vulnerável (43%) e vulnerável (12%). Vale salientar que o segundo modelo correspondeu com mais fidedignidade a realidade observada em campo.

Palavras-Chave: Modelagem; Vulnerabilidade Ambiental; Degradação.

5.1 INTRODUÇÃO

Durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente em Estocolmo, Suécia (1972), foi percebido que o homem é um dos maiores agentes transformadores do nosso planeta. Essa constatação serviu para que houvesse o desenvolvimento de vários trabalhos a respeito da forte degradação ambiental que vem passando o geossistema Terra, com propósitos claros de proteger regiões com maior sensibilidade a essas modificações.

Com tal objetivo, diversos instrumentos de análise ambiental foram desenvolvidos e testados em diferentes abordagens escalar. De caráter nacional, foi construído o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), voltado a entender as potencialidades e fragilidades de uma dada região, tomando como parâmetros

aspectos do meio físico, biótico e socioeconômico. Inicialmente o ZEE foi desenvolvido e aplicado na Amazônia Legal, mas devido a suas potencialidade, este estudo esta sendo aplicado em diferentes regiões.

Um dos produtos do ZEE é a carta de Vulnerabilidade Ambiental, que funciona como um termômetro para medir o nível de vulnerabilidade/potencialidade de um determinado território.

Diversos autores discutem o termo Vulnerabilidade[1]. Para Grigio (2003), a "vulnerabilidade ambiental consiste em qualquer conjunto de fatores ambientais de mesma natureza que, diante de atividades que estão ocorrendo ou que venham a ocorrer, poderá sofrer adversidades e afetar, de forma total ou parcial, a estabilidade ecológica da região em que ocorre".

Tagliani (2003) afirma que vulnerabilidade ambiental é a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer. Assim, nesta pesquisa abordaremos a vulnerabilidade natural como à fragilidade intrínseca das variáveis que compõem a paisagem, enquanto que por vulnerabilidade ambiental entende-se a susceptibilidade de um ambiente a vulnerabilidade natural associada ao uso da terra.

O mapeamento de áreas que apresentam vulnerabilidade ambiental permite identificar o grau de fragilidade da área, avaliar as potencialidades do meio de forma integrada. Assim, é possível analisar áreas que apresentam baixo nível de vulnerabilidade, e áreas mais frágeis, com alto nível de vulnerabilidade, onde é necessária uma intervenção antrópica que busque minimizar a degradação dessa área.

É notória a relevância do conhecimento sobre a vulnerabilidade de um ambiente, visto que este permite estimar o comportamento futuro dos sistemas naturais diante do processo de ocupação e adensamento da atividade social.

Para a modelagem da vulnerabilidade de um ambiente é necessário à integração de diferentes dados, em diversas escalas e formatos, o que gera a necessidade de manipulação dos mesmos em um ambiente com suporte apropriado, como é o caso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

---

1. Para maiores informações sobre vulnerabilidade conferir o capítulo 2 desta dissertação.

Segundo Silva (2003), um SIG consiste numa tecnologia capaz de realizar análises com dados espaciais, oferecendo alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico.

Diversos trabalhos estão sendo difundidos com esta linha de pesquisa. Nos anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) existem várias publicações de artigos com esta temática. Na edição de 2009, Santos discutiu a vulnerabilidade à perda de solo do Parque Estadual do Jalapão – TO. Já Arruda (2007) discutiu a mesma temática, agora voltada ao município de Fátima, no mesmo Estado.

Além do SBSR é possível encontrar trabalhos com esta temática, publicados em outros meios, como na Revista Brasileira de Geomorfologia e na Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Além de dissertações e teses de diferentes programas de pós-graduação que aprofundam esse tema.

Dessa forma, é possível perceber a importância dessa discussão tanto no seio da Geografia quanto das tecnologias. Assim, nesse artigo será discutido a temática, bem como os meios para a produção da carta de vulnerabilidade, objetivando testar e avaliar o modelo gerado a partir da metodologia adaptada de Crepani (2001) dirigida ao município de Jeremoabo, que está incluso no bioma Caatinga e que requer bastante atenção seja por parte da academia, seja por parte do poder público, nas diferentes esferas.

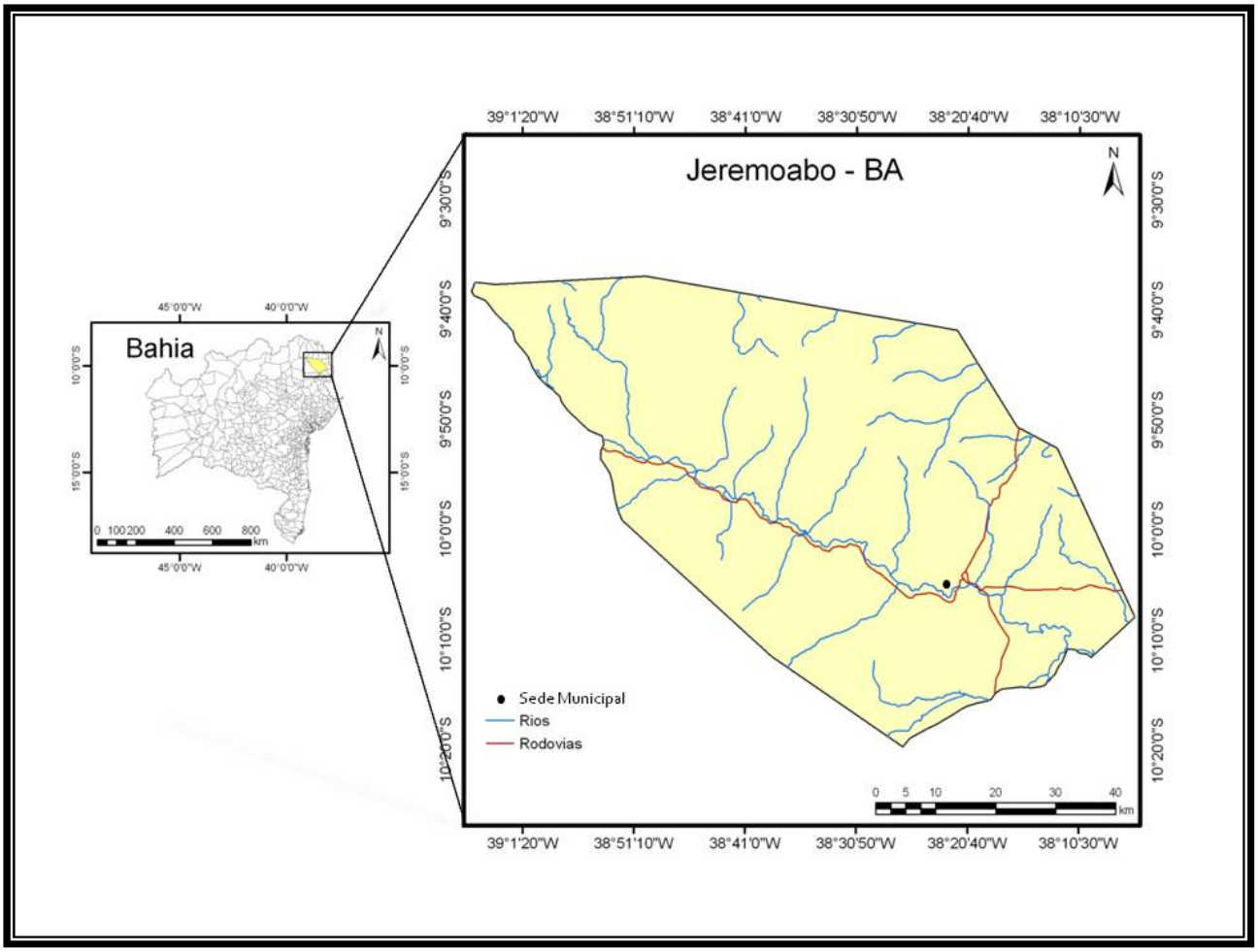
5.2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Situado na região nordeste do estado da Bahia (Figura 5.1), o município de Jeremoabo tem uma população aproximada de 39.302 habitantes e sua sede tem altitude de 275 metros e coordenadas geográficas 10°04’00” de latitude sul e 38°21’00” de longitude oeste (CPRM, 2005). Localizado na região semiárida, o município tem clima predominantemente seco, com temperatura média anual de 24º C, pluviosidade média anual de 654 mm e chuvas concentradas de maio a julho. Aliado a esta característica, apresenta substrato rochoso marcado por rochas sedimentares, relevo com topos aplainados e bordas desniveladas,

enquanto a cobertura pedológica é formada predominantemente por NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS. Já no que tange a cobertura vegetal, esta é típica de ambientes semiáridos, onde a paisagem é dominada por uma vegetação arbustiva, ramificada e espinhosa, com muitas bromélias e cactos, ou seja, compondo parte do bioma Caatinga.

Estas características, associada a um uso intensivo do solo, conferem ao município uma vulnerabilidade ambiental acentuada, tornando o risco de perda do solo por erosão bastante elevado, e isso tem provocado sérios problemas de degradação ambiental.

Figura 5.1 – Mapa de localização do Município de Jeremoabo-Ba.



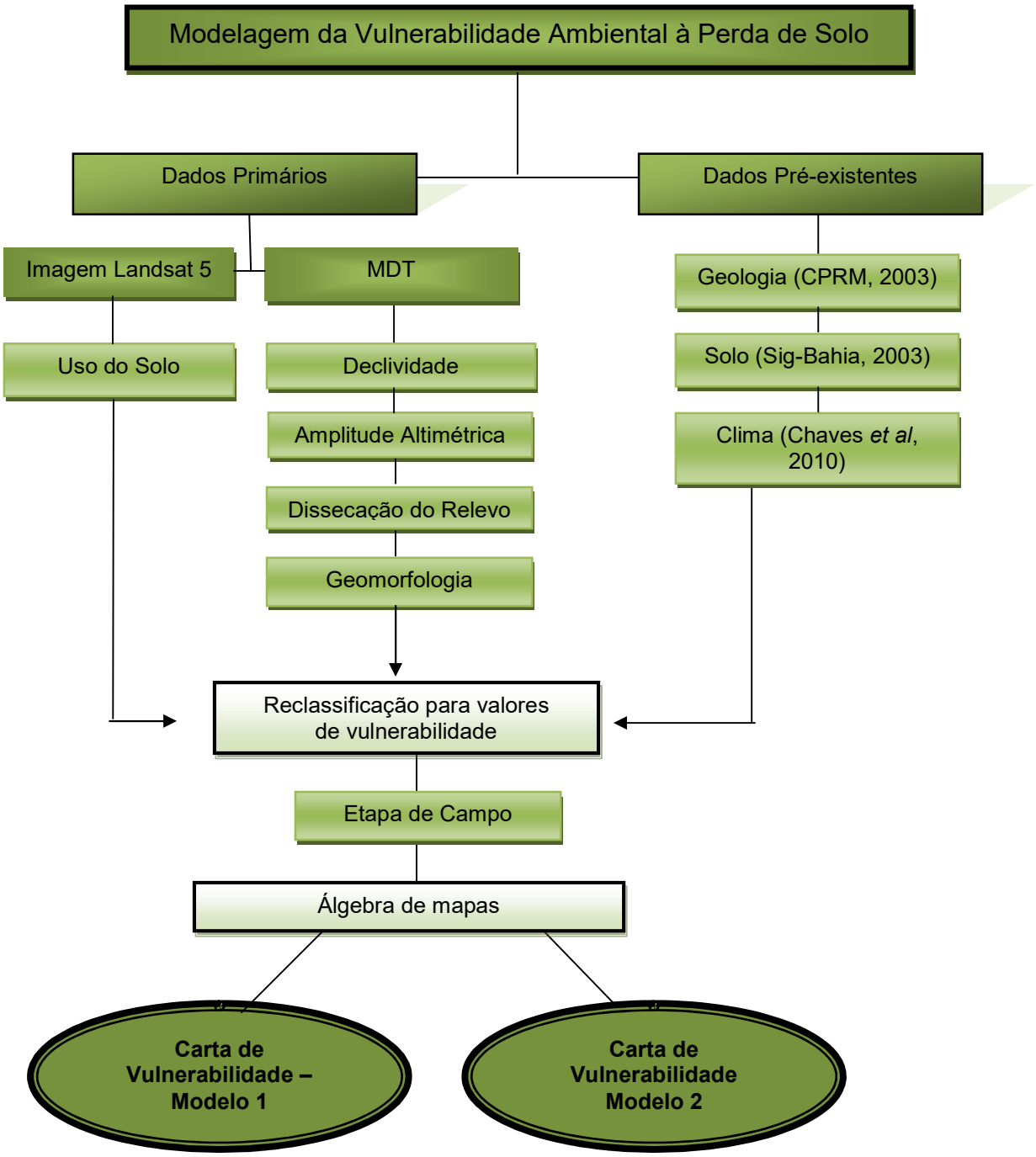
Fonte: SRH (2003)

5.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para geração da carta de vulnerabilidade ambiental **(Modelo 1 e Modelo 2)** foi necessário organizar o Banco de Dados, constituído de dados primários e secundários. Os dados primários foram obtidos através do processamento da imagem de satélite Ladsat 5 órbita/ponto 216/67 do ano de 2008, onde obtemos o mapa de uso e cobertura do solo. Além disso, houve o processamento do Modelo Digital de Terreno (MDT), onde geramos o mapa de vulnerabilidade ambiental para o tema Geomorfologia, a partir de produtos extraídos automaticamente, como a declividade, amplitude altimétrica e dissecação do relevo.

Já os dados secundários, compõem-se: do mapa geológico, disponível pela CPRM (2003); do mapa de solo do projeto SRH (2003); e dos dados climáticos disponibilizados pelo grupo Solos de vulnerabilidade Ambiental (CHAVES & SANTOS, 2010). Os dados, tanto primários quanto os pré-existentes foram reclassificados para valores de vulnerabilidade e sua integração foi feita através da álgebra simples de mapa, resultando nas cartas de vulnerabilidade ambiental à perda de solo para Jeremoabo. A modelagem das cartas pode ser visualizada na figura 5.2.

Figura 5.2 - Etapas da Modelagem da Carta de Vulnerabilidade Ambiental à Perda de Solo



5.3.1 – VARIÁVEIS UTILIZADAS PARA MODELAGEM DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL

Para estimar a vulnerabilidade ambiental de determinada área é primordial a análise de suas variáveis, sejam elas naturais e/ou antrópicas, objetivando

compreender o grau de fragilidade dessas variáveis e do ambiente em sua totalidade. Vale salientar que os valores de vulnerabilidade adotados foram baseados na classificação de Crepani (2001) e no conhecimento da área de estudo.

Em trabalhos que utilizam à modelagem em ambiente SIG é necessário que o conjunto de dados esteja no mesmo sistema de coordenadas. Assim, a primeira etapa da modelagem consistiu na configuração espacial do Banco de Dados, ou seja, todos os mapas encontram-se num mesmo sistema de projeção cartográfica: UTM - DATUM WGS 84 zona 24S. A etapa seguinte foi análise das variáveis e dos valores de vulnerabilidade para cada classe, tomando por base o conhecimento da literatura e da área de estudo, apresentada a seguir.

5.3.1.1 Valores de Vulnerabilidade para o Tema Solo

O solo é o principal recurso natural para a produção alimentar, porém, é um recurso esgotável, se não for aplicado técnicas apropriadas para sua exploração. Por isso, o seu conhecimento é imprescindível para determinar o uso e manejo mais adequado, visando com isso, obter maior produção e evitar seu empobrecimento.

No município de Jeremoabo foram identificados oito tipos de solo: ARGISSOLO, LATOSSOLO, LUVISSOLO, NEOSSOLO QUARTIZARÊNICO, NEOSSOLO LITÓLICO DISTRÓFICO, NEOSSOLO LITÓLICO EUTRÓFICO, PLANOSSOLO E VERTISSOLO. Destes, a classe mais representativa é a dos NEOSSOLOS, que juntos, somam uma área de 4192,4 km.

Os NEOSSOLOS são pouco desenvolvidos, constituídos por material mineral ou orgânico, pouco espesso e caracterizados pela ausência do horizonte B. Os QUARTZARÊNICOS são solos arenosos, essencialmente quartzosos, o que possibilita fácil desagregação das partículas, tornando-os susceptíveis a erosão.

Os NEOSSOLOS LITÓLICOS apresentam um caráter pedregoso e rochoso na superfície (ocorrência de cascalho e calhaus), sendo muito susceptíveis a erosão, principalmente em áreas com precipitação concentrada – como é o caso do nordeste brasileiro – que facilita a formação de erosão laminar e em sulcos, podendo ocorrer processos de escorregamento de massa, caso ocorra infiltração.

Assim, foi atribuído a esta classe o maior valor de vulnerabilidade, por considerá-la muito susceptível a erosão.

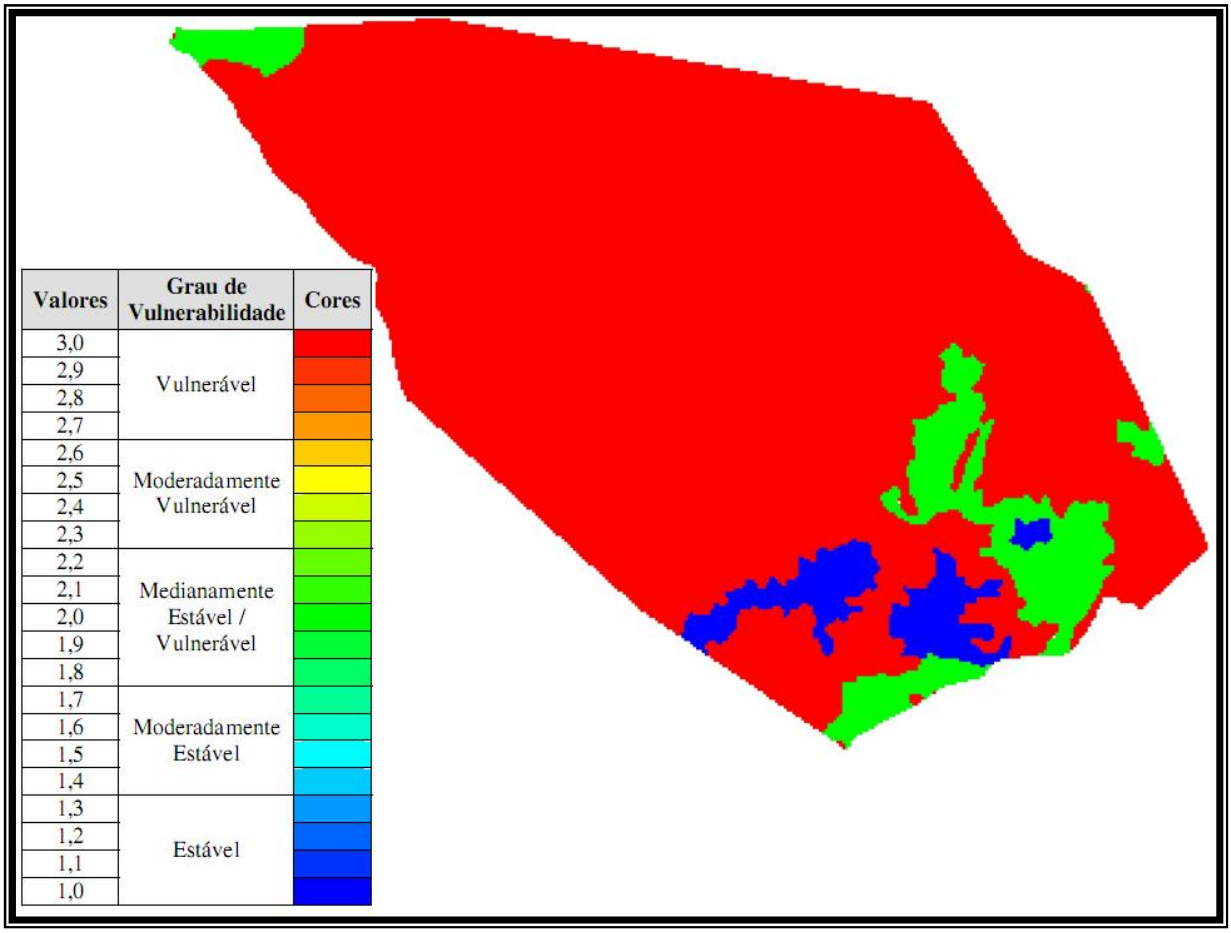
Já os ARGISSOLOS apresentam um comportamento bastante variável. Podendo ser rasos ou muito profundos; os mais susceptíveis a erosão são aqueles que apresentam caráter textural abrupto. Nos LUVISSOLOS é comum a presença de cascalho e pedregosidade na superfície, o que dificulta seu uso agrícola. Quanto aos PLANOSSOLOS, são solos mal drenados, que apresentam sérias limitações físicas, podendo desenvolver sulcos e ravinas quando combinado à ação antrópica. Desta forma, foi atribuído a esta classe um valor intermediário para a vulnerabilidade.

No tocante aos LATOSSOLOS, são caracterizados como solos profundos e/ou muito profundos (3.00 m), apresentam boas condições físicas e ocorre geralmente em relevo pouco movimentado. Por essas características, analisadas dentro do contexto, foi atribuído um valor mínimo de vulnerabilidade. O quadro 5.1 revela os valores de vulnerabilidade para cada classe de solo e a figura 5.3 representa as áreas mais susceptíveis à erosão no que se refere à variável solo.

Quadro 5.1 – Tipos de solo: Valores de Vulnerabilidade baseados em Crepani (2001)

Tipos de Solos	Vulnerabilidade
Neossolo Quartzarênico	3,0
Neossolo Litólico eutróficos	3,0
Neossolos Litólico Distrófico	3,0
Planossolo Háplico	2,0
Latossolo vermelho-amarelo	1,0
Argissolo	2,0
Luvissolo	2,0
Vertissolo	3,0

Figura 5.3 - Modelagem da Vulnerabilidade à perda de solo para o tema Solo do município de Jeremoabo-BA.



Fonte: Elaborado com base em CPRM, 2003 e Crepani, 2001.

A figura 5.3 retrata o grau de fragilidade dos solos do município, pois a maior parte dele é composta por NEOSSOLOS, categoria em que foi atribuído o valor máximo de vulnerabilidade devido a sua constituição. Desta forma, Jeremoabo apresenta três classificações: áreas estáveis (com valor 1.0), áreas medianamente estável/vulnerável (valor 2.0) e por fim, áreas fortemente instáveis (com valor 3.0).

5.3.1.2 Valores de Vulnerabilidade para o Tema Geologia

Os valores de vulnerabilidade (Quadro 5.2) foram baseados na litologia, ou seja, em sua susceptibilidade à erosão baseados nos critérios da Ecodinâmica, pois se sabe que em rochas pouco coesas podem prevalecer os processos erosivos, modificadores das formas de relevo (morfogênese), enquanto que nas

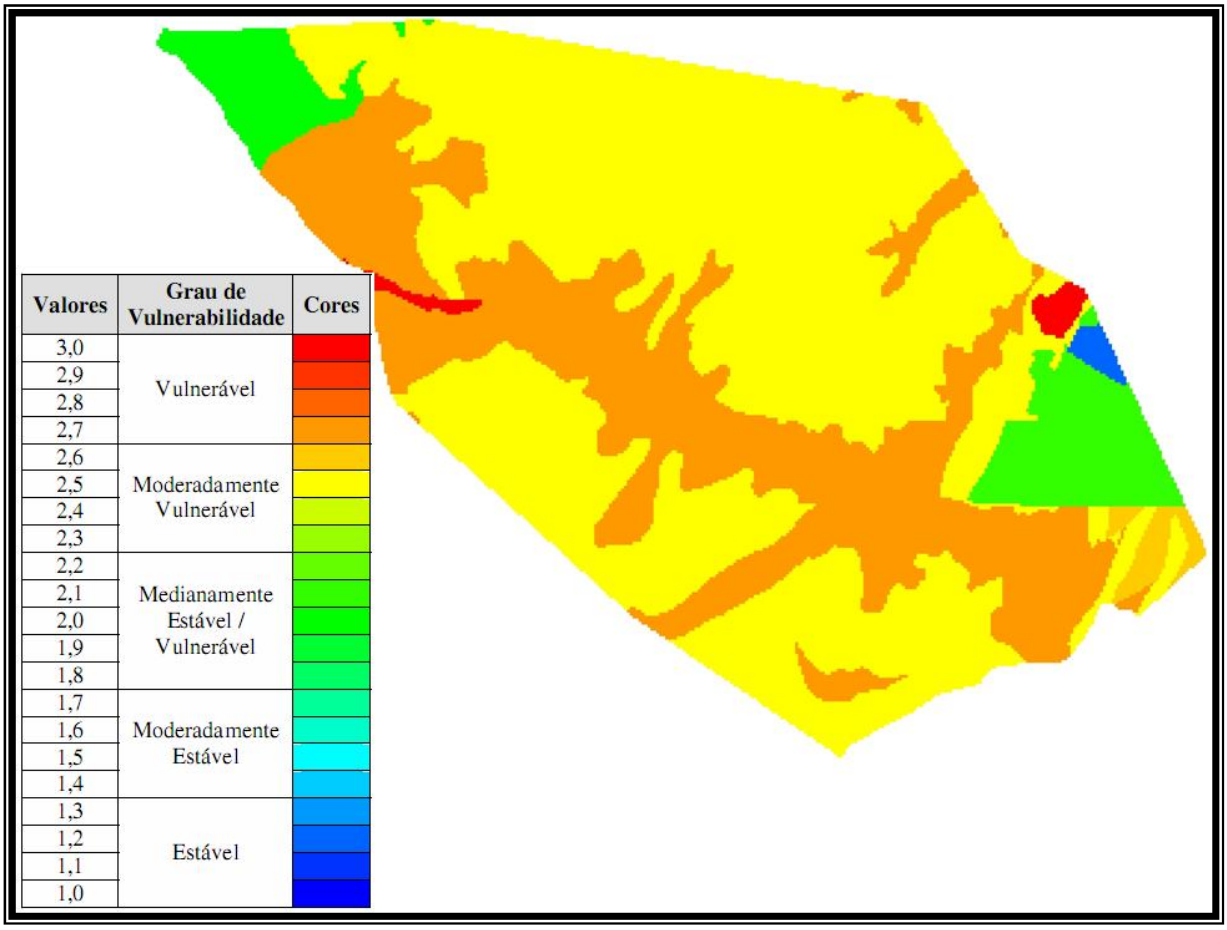
rochas bastante coesas devem prevalecer os processos de intemperismo e formação de solos (pedogênese).

Quadro 5.2 – Litologia: Valores de Vulnerabilidade baseados em Crepani (2001)

FORMAÇÃO	ÁREA (km)	PRINCIPAIS LITOLOGIAS	VULNERABILIDADE
Aliança	72,99	Arenitos conglomerados, folhelhos e calcilutitos.	2,4
Brotas	24,93	Arenitos, conglomerados, folhelhos.	2,5
Candeias	236,49	Folhelhos e siltitos.	2,8
Cocorobó	2,98	Ortognaisse.	2,0
Complexo Marancó	237,28	Xistos, filitos, metavulcânicas, metarritmitos, quartzitos, formações ferríferas, metarenitos, metassiltitos e anfibolitos.	1,7
Depósitos Aluviares	17,21	Sedimentos areno-argilosos, conglomeráticos, inconsolidados.	3,0
Depósitos Coluviais	22,33	Sedimentos areno-argilosos, conglomeráticos, inconsolidados.	3,0
Formação Juá	49,33	Conglomerados polimíticos e grauvacas.	2,6
Ilhas	648,6	Arenitos, folhelhos, lamitos e calcários.	2,4
Macururé	157,03	Micaxistos, paragnaisses e quartzitos micáceos metagrauvacas, metarenitos, metassiltitos e metarritmitos.	2,1
Marizal	2681,68	Seixos e calhaus de gnaisse, arenito, calcário, quartzo, sílex, siltito, lamito, quartzito.	2,5
Poço Verde	264,17	Lamitos, folhelhos e arenitos.	2,8
Santo Amaro	22,27	Arenitos, siltito, folhelhos.	2,4
Sergi	32,98	Arenitos.	2,4
Suite Intrusiva	20,43	Litotipos arcóseo lítico, arenito arcoseano e Grauvacas	2,6
São Sebastião	273,99	Arenitos, feldspáticos, intercalados com argilas sílticas.	2,7

A geologia apresenta três classes de vulnerabilidade: medianamente estável/vulnerável, moderadamente vulnerável e vulnerável (instável), como pode ser observado na figura 5.4.

Figura 5.4 - Modelagem da Vulnerabilidade à perda de solo para o tema Geologia do município de Jeremoabo-BA.



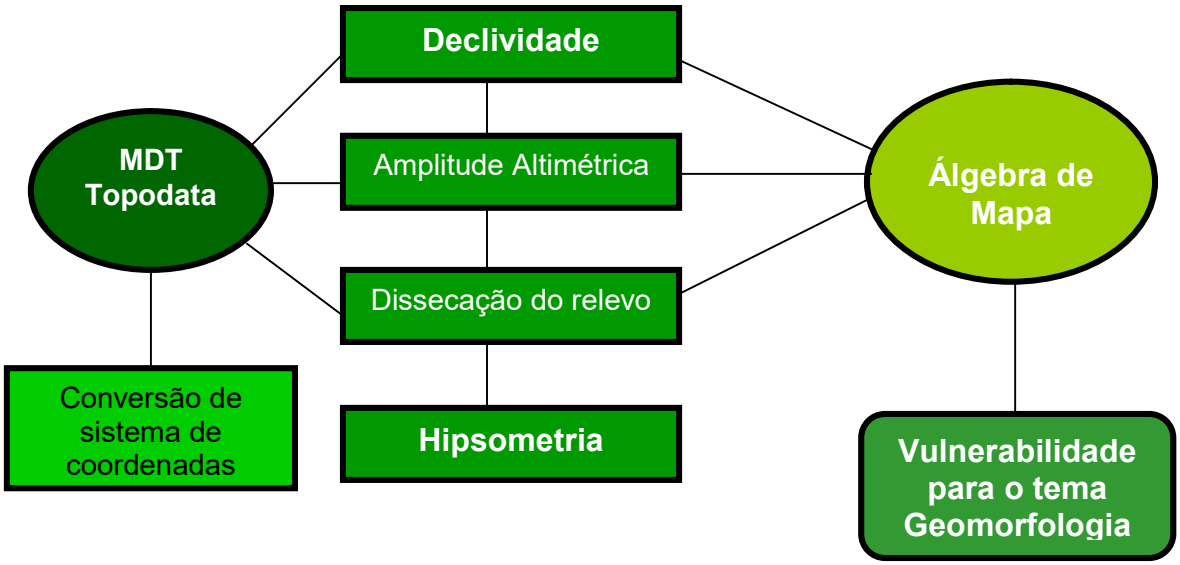
Fonte: Elaborado com base em CPRM, 2003 e Crepani, 2001.

5.3.1.3 Valores de Vulnerabilidade para o Tema Geomorfologia

Para estabelecer os valores da escala de vulnerabilidade para as unidades geomorfológicas, assim como Crepani (2001), analisamos três índices morfométricos do relevo: a declividade, a amplitude altimétrica e a dissecação do relevo. Essas unidades foram realizadas tendo como base o projeto TOPODATA (Figura 5.5) que visa à oferta de variáveis geomorfométricas para análise e interpretação do relevo, como a declividade, orientação de vertentes, curvatura horizontal, curvatura vertical e insumos para o delineamento da estrutura de drenagem. Este projeto é baseado nos dados SRTM (Shuttle Radar Topographic

Mission) disponibilizados para a América do Sul, em meados de 2003 (VALERIANO, 2008).

Figura 5.5 - Etapas da modelagem do mapa de Vulnerabilidade Geomorfológica.



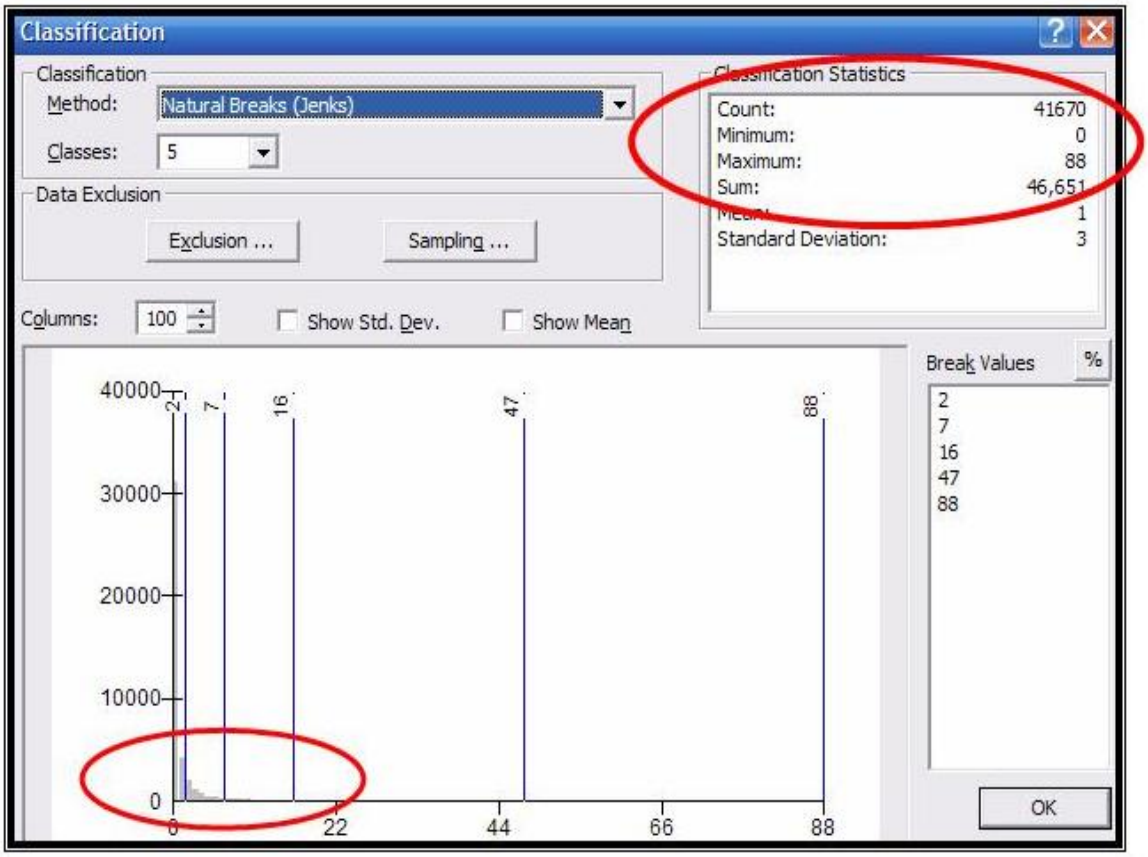
5.3.1.3.1 *Declividade*

Valeriano (2008) define declividade "como o ângulo de inclinação (zenital) da superfície do terreno em relação à horizontal". Ele afirma também que seus valores podem variar de 0º a 90º, no entanto, é mais comum sua representação em percentagem, variando de zero a infinito.

Esta variável tem relação direta com a velocidade de transformação da energia potencial em energia cinética, ou seja, é responsável pela velocidade das massas de água em movimento, consequentemente, pelo *runoff.* O mapa de declividade serve como fonte de informações das formas do relevo, das aptidões agrícolas, riscos de erosão, restrições de uso e ocupação urbana, entre outros.

Assim, foram discriminadas cinco classes de declividade para área, com intervalos em graus, compatíveis com a metodologia de Crepani (2001). Para estabelecer os intervalos foi analisado o histograma da declividade (Figura 5.6), pois ele indica os valores máximos e mínimos da inclinação do relevo e os intervalos em percentagem da área de concentração desses valores.

Figura 5.6 - Histograma gerado a partir da variável Declividade, com destaque para os valores máximos e mínimos e a área de concentração desses valores.



Após estabelecer as classes de declividade foi possível conferir a cada intervalo um valor de vulnerabilidade, como pode ser observado no quadro 5.3.

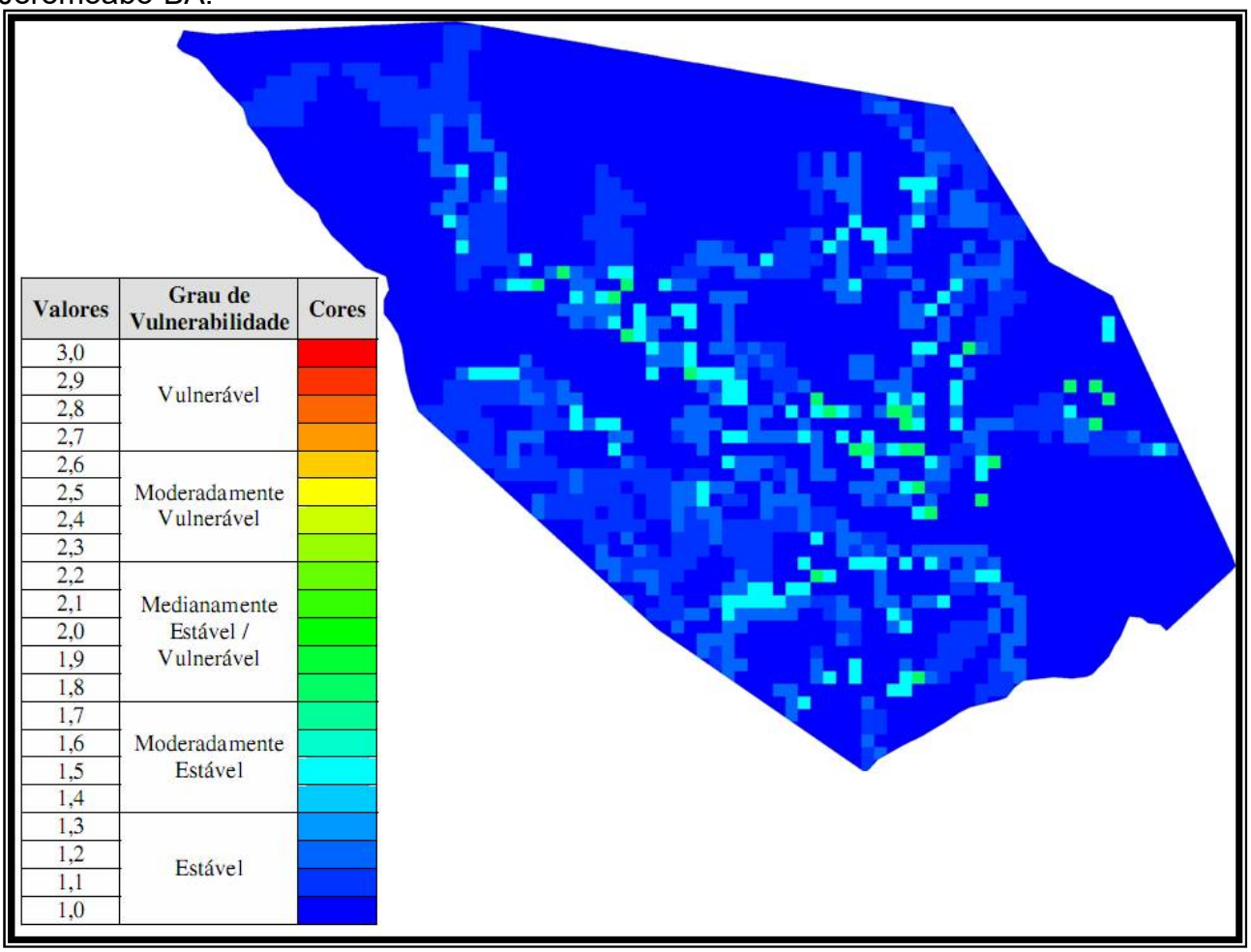
Quadro 5.3: Declividade: Valores de Vulnerabilidade baseados em Crepani (2001)

Declividade em graus	Vulnerabilidade	Área (km)
< 2	1.0	3267.7
2 – 3.3	1.1	725.4
3.3 – 4.6	1.2	557.9
7.3 – 8.6	1.5	187.3
10 - 12	1.8	42.7

Fonte: Adaptado de Crepani, 2001.

Através da análise do quadro 5.3 é possível perceber que grande parte do município apresenta declividade abaixo de 2º (Figura 5.7), ou seja, Jeremoabo apresenta um relevo plano a suavemente ondulado, com baixas altitudes.

Figura 5.7 - Modelagem da Vulnerabilidade para o tema Declividade do município de Jeremoabo-BA.



Fonte: Elaborado com base no MDT e Crepani, 2001.

A representação gráfica releva o grau de estabilidade da declividade no município, que varia da classe estável para moderadamente estável. O gráfico 5.1 ressalta a distribuição das classes de declividade por área, e nota-se que o grau < 2 representa 68% do total do território, enquanto apenas 1% corresponde aos declives entre 10-12º.

Associadas às baixas declividades do município estão às baixas altitudes que variam de 287m a 700m no Raso da Catarina (Figura 5.8). As áreas relacionadas às classes de 287 a 452m são as áreas mais planas, utilizadas para agricultura e a pastagem no município, pois representam regiões com menor declividade, o que facilita a prática agropecuária.

Gráfico 5.1 - Espacialização das Classes de Declividade por Área no Município de Jeremoabo-BA.

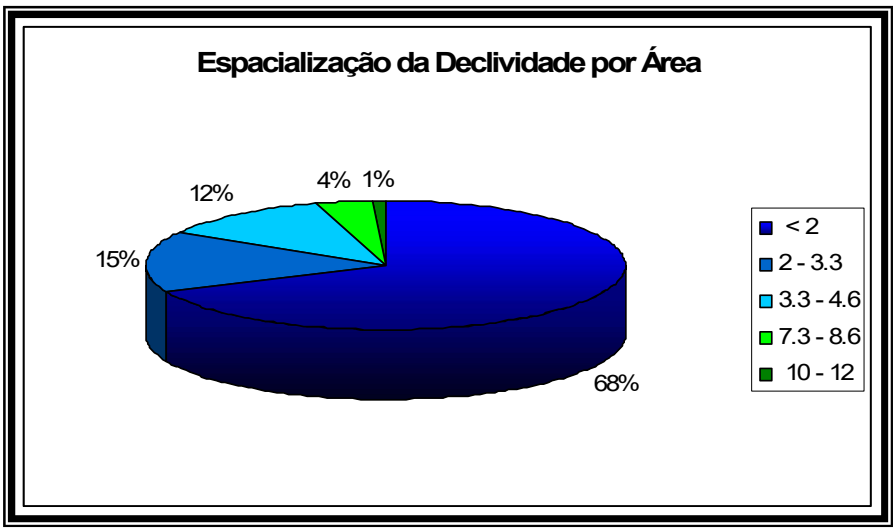
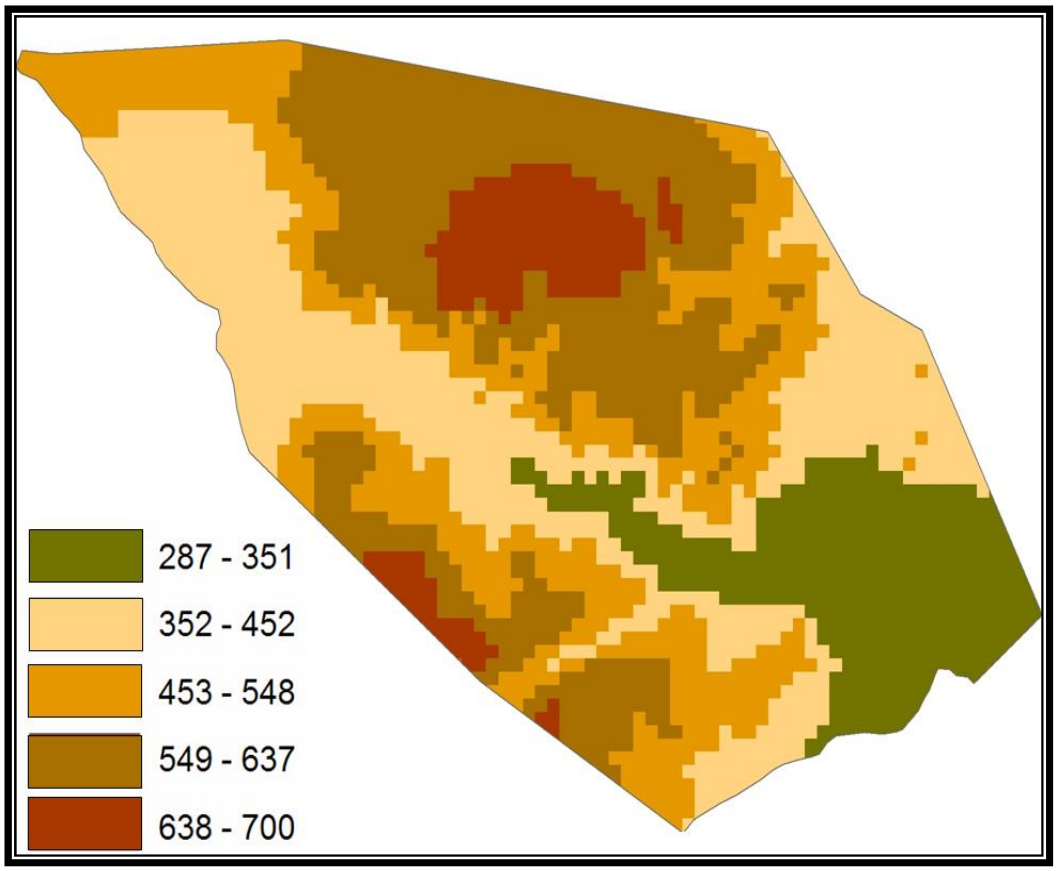


Figura 5.8 - Mapa Hipsométrico de Jeremoabo.



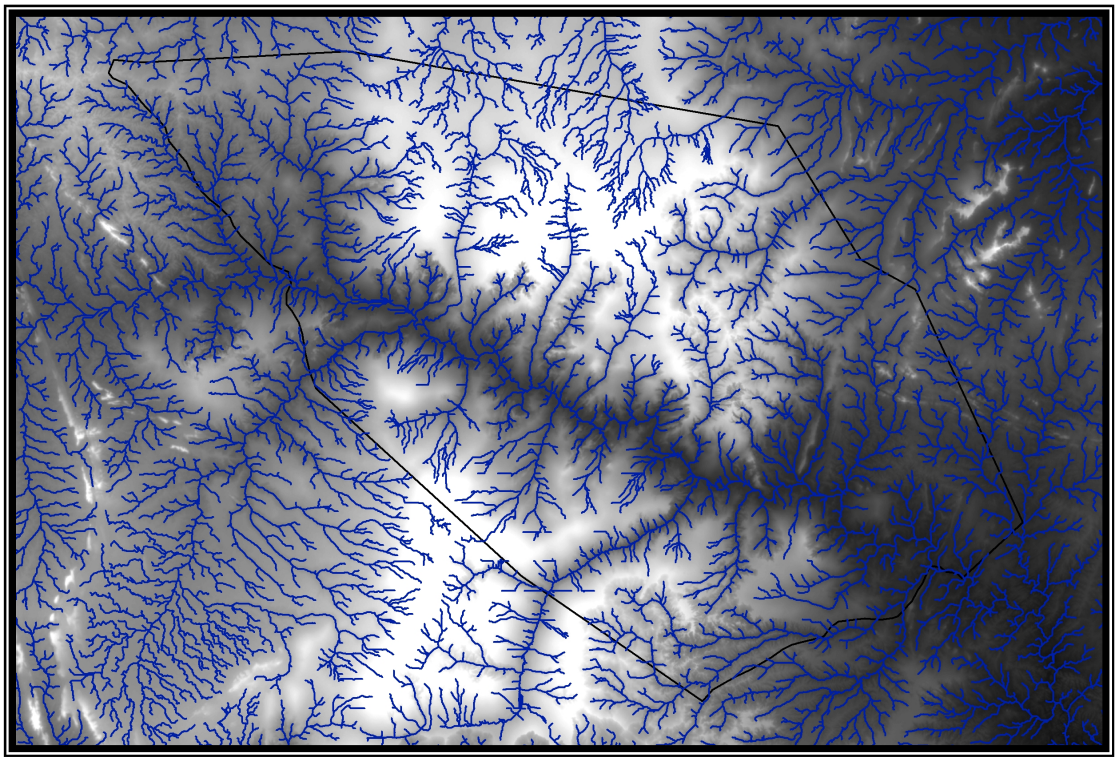
Fonte: Elaborado com base no MDT.

5.3.1.3.2 Amplitude Altimétrica

A amplitude altimétrica corresponde ao aprofundamento da dissecação, indicando a energia cinética para o escoamento. Assim, quanto maior for à amplitude, maior será a capacidade de transformar a energia potencial em energia cinética no percurso dos pontos mais altos aos pontos das áreas mais rebaixadas, o que possibilita o desenvolvimento de processos erosivos, consequentemente, favorecendo a morfogênese (SILVA, 2007).

Para gerar o modelo foi extraída automaticamente a drenagem do modelo digital de terreno (MDT), posteriormente inseridos pontos no inicio, meio e fim de cada canal fluvial, com o intuito de saber a diferença de altitude nesses pontos (Figura 5.9).

Figura 5.9 - MDT com extração automática da drenagem.



Após a subtração dos pontos de maior altitude pelos de menor altitude foi utilizado o interpolador Krigagem para obtenção da carta de Amplitude do Relevo. Os parâmetros utilizados nesta modelagem foi o método universal da Krigagem

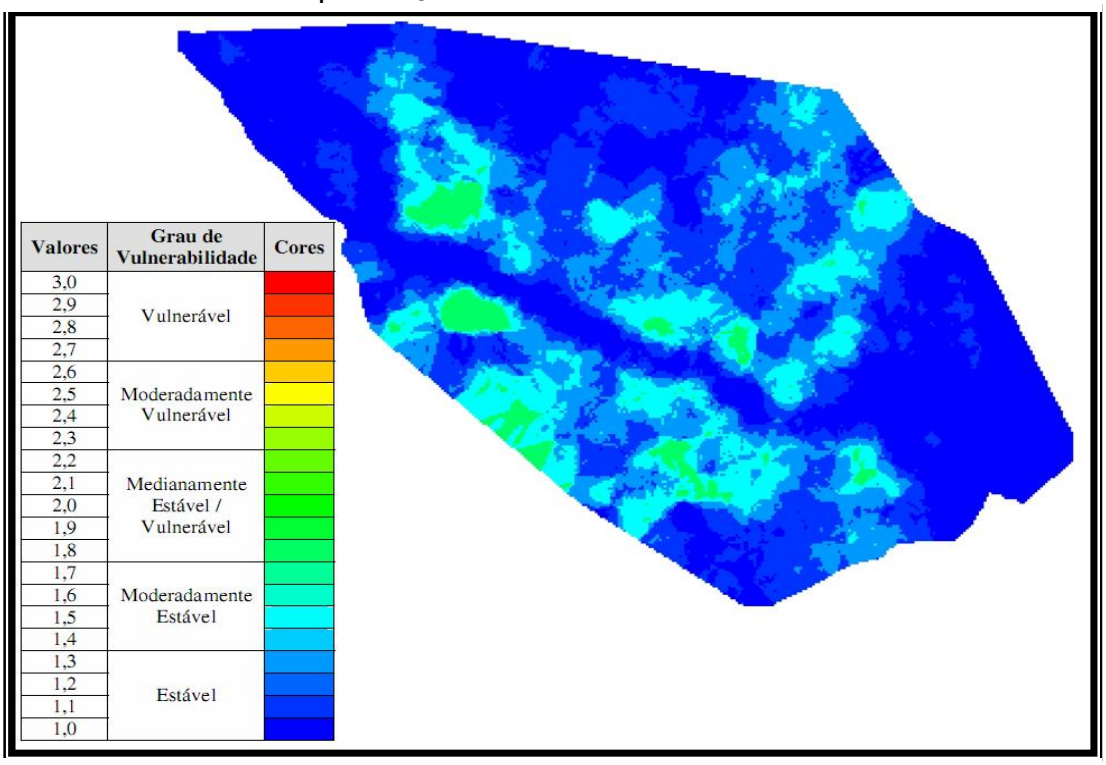
com o modelo linear, utilizando 12 pontos mais próximos. Os valores de amplitude foram inseridos em cinco classes de vulnerabilidade, como pode ser observado no quadro 5.4.

Quadro 5.4 - Amplitude Altimétrica: Valores de Vulnerabilidade baseados em Crepani (2001)

Amplitude Altimétrica (m)	Vulnerabilidade
0 -16	1.0
17 – 28	1.1
29 – 42	1.3
43 – 62	1.5
63 - 106	1.8

A partir da análise do quadro nota-se que o grau de fragilidade da amplitude altimétrica é pequeno, variando da estabilidade a categoria medianamente estável/vulnerável. O resultado dessa modelagem pode ser observado na figura 5.10.

Figura 5.10 - Modelagem da Vulnerabilidade para o tema Amplitude Altimétrica do município de Jeremoabo-BA.

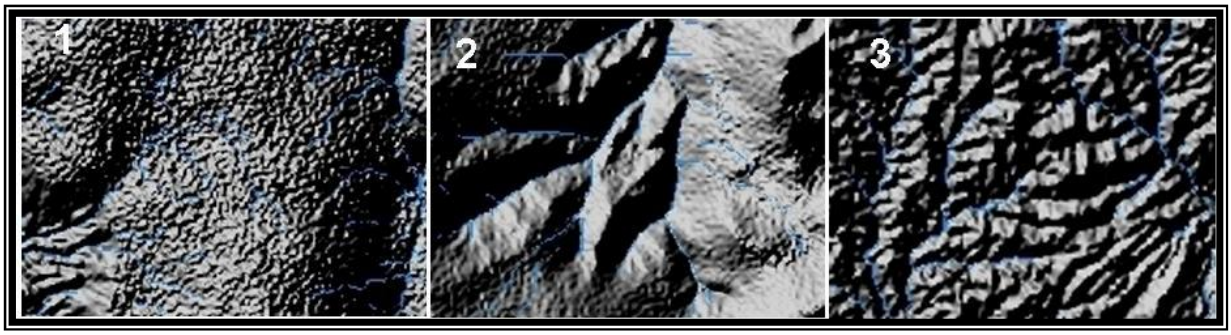


Fonte: Elaborado com base no MDT e Crepani, 2001.

5.3.1.3.3 Dissecação do Relevo

A intensidade de dissecação do relevo pela drenagem está intimamente ligada à porosidade e a permeabilidade do solo e da rocha. A modelagem da dissecação foi realizada no software SPRING, onde foram medidos os interflúvios do relevo e calculado a média para cada unidade de paisagem estabelecida no MDT através do relevo sombreado (Figura 5.11).

Figura 5.11 - Rede de drenagem sobre relevo sombreado: intensidade de dissecação: 1 - fraca; 2 – média; e 3 – forte.



Após a delimitação das unidades, separando as unidades homogêneas quanto à dissecação, foi obtido os valores médios dos interflúvios para cada unidade, obtendo-se o quadro de vulnerabilidade para as unidades (Quadro 5.5).

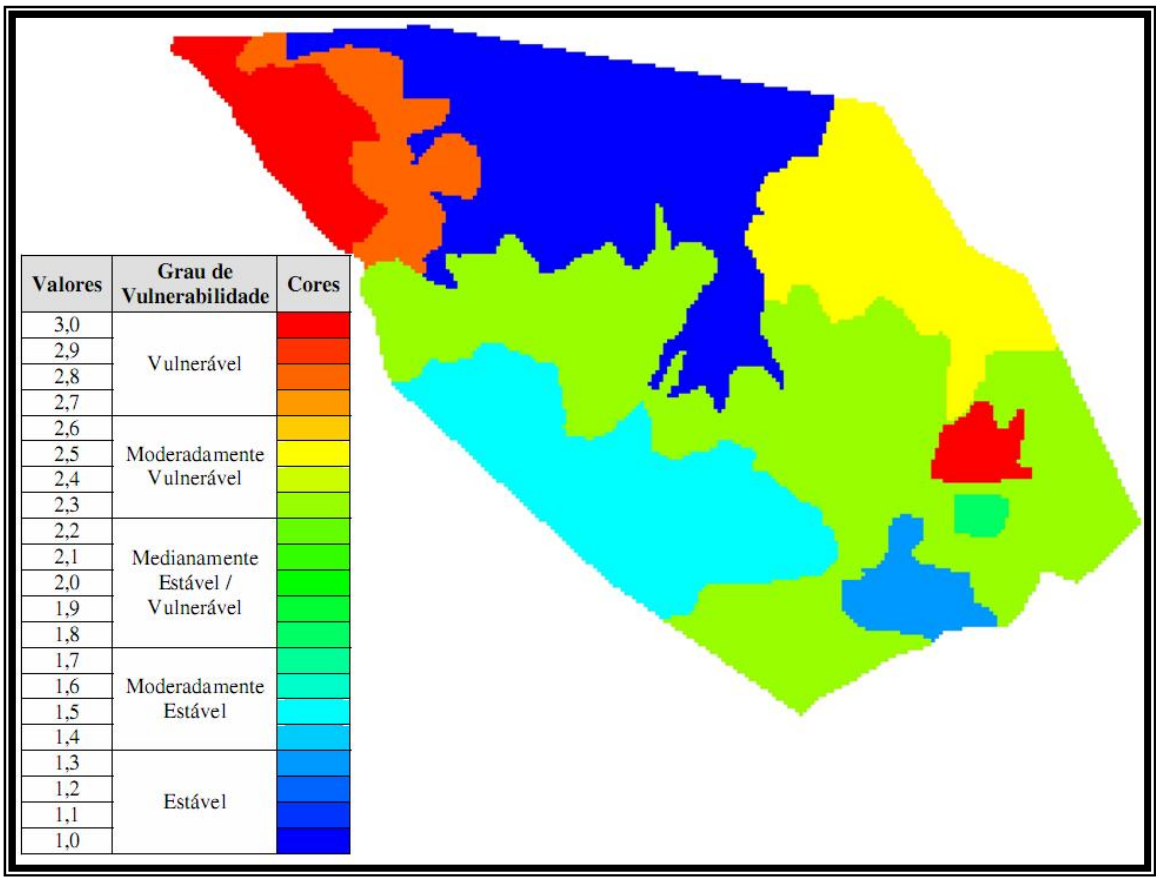
Quadro 5.5 - Dissecação do relevo: valores de Vulnerabilidade baseados em Crepani (2001)

Amplitude do Interflúvio (m)	Vulnerabilidade
> 5.000	1.0
4.250 – 4.500	1.3
3.750 – 4.000	1.5
3.000 – 3.250	1.8
1.750 – 2.000	2.3
1.250 – 1.500	2.5
500 - 100	2.8
< 250	3.0
< 250	3.0

O mapa de vulnerabilidade para a intensidade de dissecação do relevo pode ser observado na figura 5.12. Para esta classe foram obtidas nove unidades,

que variam da categoria estável a extremamente vulnerável. A classe estável pertencendo ao grau de dissecação fraca, enquanto a classe vulnerável tem dissecação muito forte – recebendo valor de vulnerabilidade 3.0.

Figura 5.12 - Modelagem da Vulnerabilidade à perda de solo para o tema Dissecação do Relevo do município de Jeremoabo-Ba.



Fonte: Elaborado com base no MDT e Crepani (2001).

A etapa seguinte à confecção dos mapas de vulnerabilidade para a dissecação do relevo, a amplitude altimétrica e a dissecação do relevo, foi realizado uma operação matemática, com o intuito de produzir o mapa de vulnerabilidade para o tema geomorfologia. Este mapa foi obtido a partir da seguinte equação (Crepani, 2001):

$$VG = \frac{Vd + Va + Vdr}{3}$$

Onde:

VG – Vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

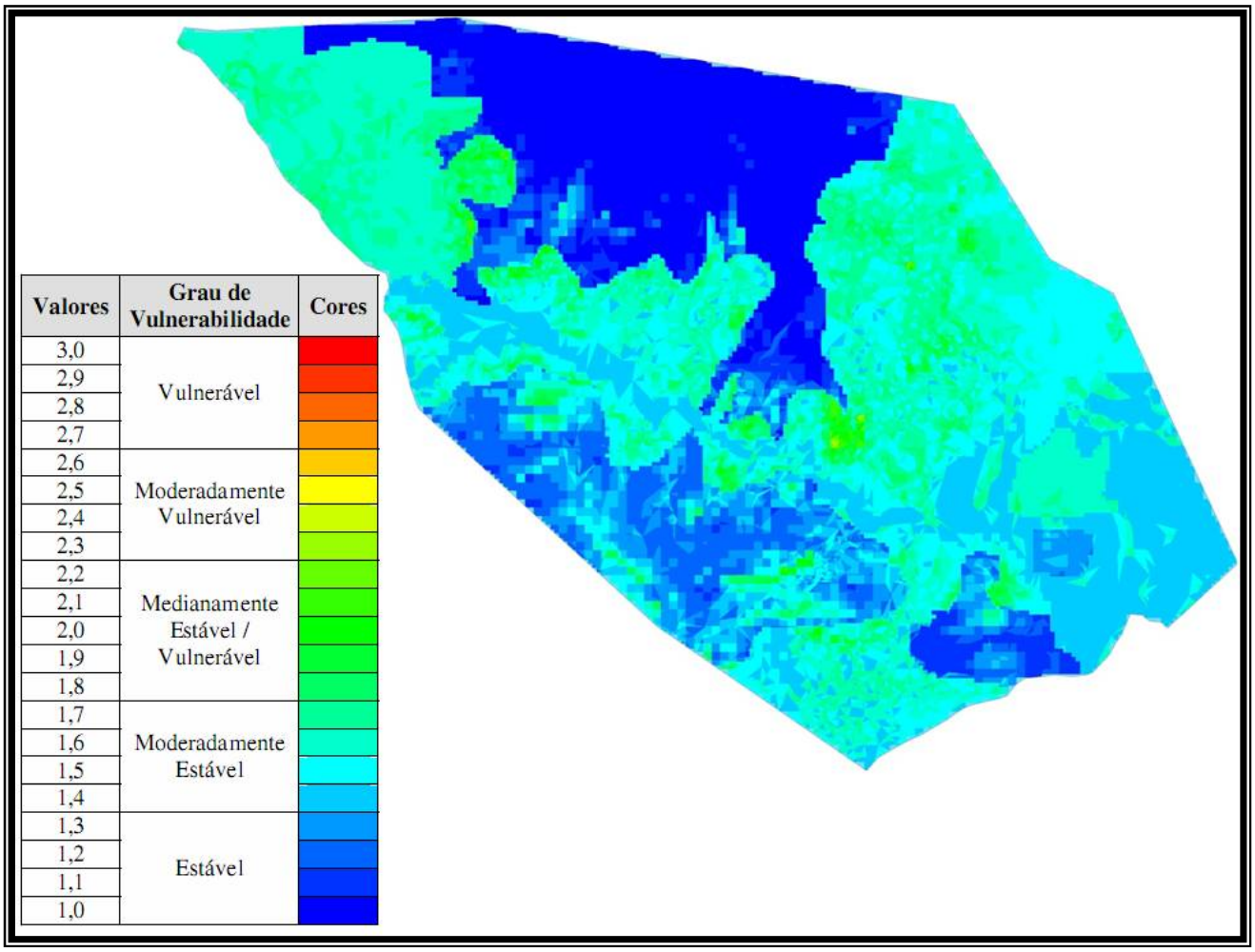
Vd - Vulnerabilidade para o tema Declividade

Va - Vulnerabilidade para o tema Amplitude do Relevo

Vdr - Vulnerabilidade para o tema Dissecação do Relevo

O mapa de vulnerabilidade da geomorfologia apresentou três classes: a estável, a moderadamente estável e a medianamente estável/vulnerável, obtendo o valor 2.0 para o maior grau de vulnerabilidade, como pode ser observado na figura 5.13.

Figura 5.13 - Modelagem da vulnerabilidade a perda de solo para o tema Geomorfologia do município de Jeremoabo-Ba.



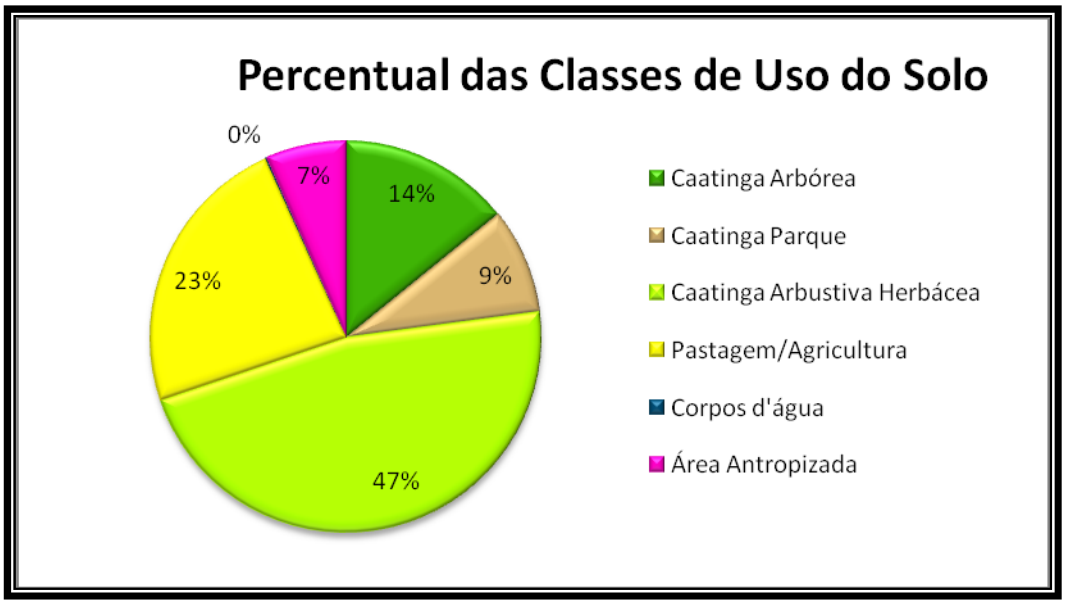
Fonte: Elaborado com base em MDT e Crepani, 2001.

5.3.1.4 Valores de Vulnerabilidade para o Tema Uso do Solo

O levantamento do Uso da Terra é de grande importância para o conhecimento da dinâmica do espaço geográfico, visto que, devido ao uso desordenado do solo, recurso tão caro à humanidade, tem provocado à deterioração do ambiente. É salutar o conhecimento da distribuição espacial das principais atividades de uma região e a compreensão da essência de sua relação com as formas de ocupação, tento em vista que o grau de intensidade desses processos será responsável pela maior ou menor degradação do meio.

Os tipos de uso do solo do município de Jeremoabo foram inseridos em seis classes: Caatinga Arbórea, Caatinga Parque, Caatinga Arbustiva Herbácea, Pastagem/Agricultura, Corpos d'água e Área Construída. A classe mais abundante corresponde a Caatinga Arbustiva Herbácea, como pode ser observado no gráfico 5.2.

Gráfico 5.2 - Distribuição Percentual das Classes de Uso do Solo de Jeremoabo



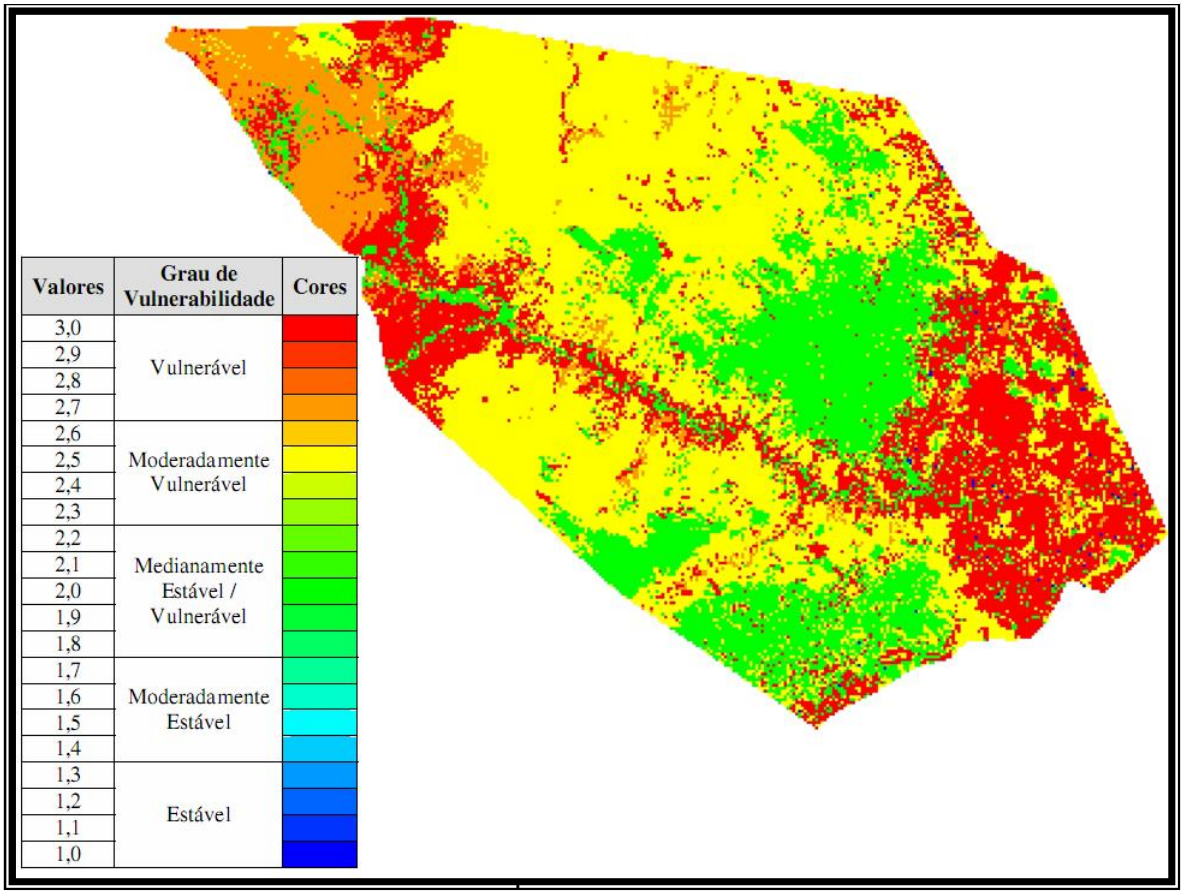
A classe Caatinga arbórea, por encontrar-se parcialmente conservada e servir de proteção ao solo recebeu um valor de vulnerabilidade intermediário, já a Caatinga parque, por apresentar menor porte, ser mais espaçada, deixando o solo exposto às intempéries climáticas, recebeu um valor de vulnerabilidade mais alto. Enquanto as áreas de pastagem/agricultura e áreas construídas receberam um valor mais alto de vulnerabilidade, como pode ser observado no quadro 5.6.

Quadro 5.6: Uso e cobertura do solo: Valores de Vulnerabilidade adaptados dos valores definidos por Crepani (2001)

Uso do Solo	Vulnerabilidade
Caatinga Arbórea	2,0
Caatinga Parque	2,7
Caatinga Arbustiva	2,5
Pastagem/Agricultura	3,0
Áreas Construídas	2,0
Corpos d'água	1,0

O mapa de Uso do Solo, reclassificado para valores de vulnerabilidade, apresenta grande parte de seu território na classe instável, variando de moderadamente variável a variável, como pode ser percebido na figura 5.14.

Figura 5.14 - Modelagem da vulnerabilidade à perda de solo para o tema Uso do Solo no município de Jeremoabo-Ba.



Fonte: Elaborado com base na imagem Landsat 5, cena 216/67 de 2008 e Crepani,

Os estudos climáticos são essenciais para o entendimento da vulnerabilidade ambiental, visto que o clima tem bastante influência na dinâmica da evolução dos ambientes naturais. Sabe-se que a precipitação regula a distribuição da fauna e da flora num geossistema, bem como participa diretamente na evolução das formas de relevo, por meio do intemperismo e da erosão.

Desta forma, a característica climática abordada neste trabalho foi à intensidade pluviométrica, pois ela representa a relação entre o quanto chove e quando chove numa região. Sua relevância é verificada quando se sabe que uma elevada pluviosidade anual, mas bem distribuída ao longo de um período, tem um poder erosivo menor do que uma precipitação anual mais reduzida, contudo, concentrada durante certo período, situação corrente na Região Nordeste.

Para o estabelecimento dos valores de vulnerabilidade para a intensidade pluviométrica, entende-se que em regiões que apresentam menores índices pluviométricos anuais e maior duração para o período chuvoso receberão valores próximos à estabilidade 1.0. Aos valores intermediários associam-se valores para a vulnerabilidade/estabilidade entorno de 2.0 e às unidades localizadas em áreas de maiores índices de pluviosidade anual e menor duração do período chuvoso atribui-se valores próximos da vulnerabilidade (3.0), como pode ser conferido no quadro 5.7.

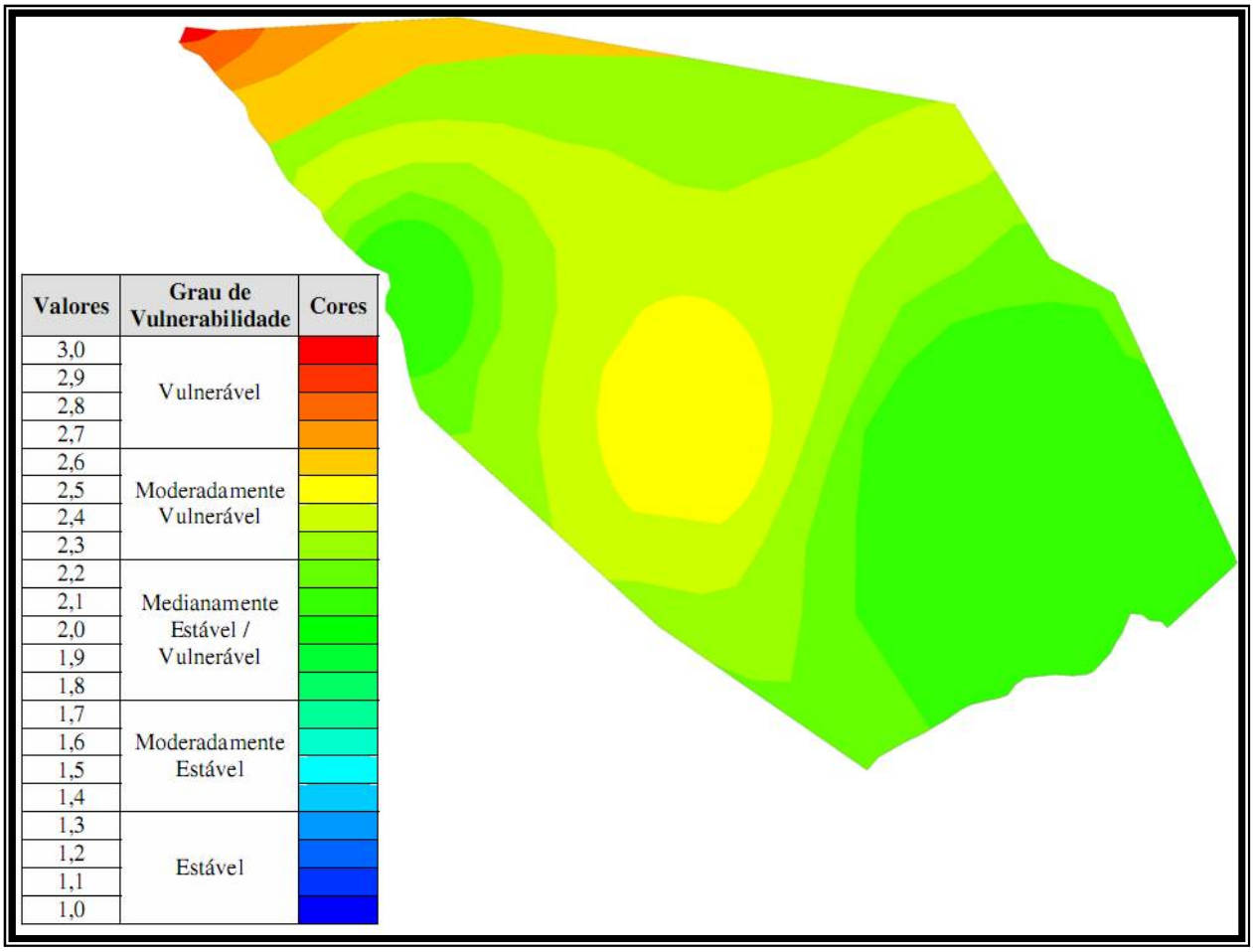
Quadro 5.7 - Intensidade Pluviométrica: Valores de Vulnerabilidade baseados em Crepani (2001)

ntensidade Pluviométrica **(mm/mês)**	**Vulnerabilidade**
300 – 325	2.1
325 - 350	2.2
350 – 375	2.3
375 - 400	2.4
400 - 425	2.5
425 - 450	2.6
450 - 475	2.7
475 - 500	2.8
500 - 525	2.9
> 525	3.0

Através do quadro 5.7 pode-se perceber que o índice pluviométrico para Jeremoabo varia de 300 a valores acima de 525 mm/mês, o que lhe confere um

grau de vulnerabilidade intenso, perpassando as classes de moderadamente vulnerável e extremamente vulnerável (valor 3.0), como pode ser observado no mapa da figura 5.15.

Figura 5.15 - Modelagem da vulnerabilidade à perda de solo para o tema Clima no município de Jeremoabo-Ba.



Fonte: Chaves *et al* (2010) e Crepani, 2001.

5.4 MODELAGEM DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL À PERDA DE SOLO

5.4.1 – Modelo 1 – Gerado a partir de Crepani (2001)

A carta de vulnerabilidade ambiental para o município de Jeremoabo - **Modelo 1 -** foi gerada tomando-se como base os princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977), onde são considerados os processos de pedogênese e morfogênese. Assim, em áreas onde predomina o processo pedogenético, ou seja, que favorecem a formação do solo, foram consideradas áreas estáveis, recebendo um valor 1.0 na escala de vulnerabilidade. Já nas áreas onde há o predomínio da morfogênese, ou seja, com preponderância dos processos modificadores do relevo, foram consideradas instáveis, recebendo um valor 3.0 na escala de vulnerabilidade. Para os meios onde há um balanço entre a pedogênese e a morfogênese (meio intergrade) foi estabelecido um valor 2.0 para a vulnerabilidade.

A partir da montagem do Banco de Dados, com todos os mapas no mesmo sistema de coordenadas e datum, e com seus respectivos valores de vulnerabilidade, foi realizado a integração dos mapas através de uma operação matemática simples, como pode ser verificado na equação seguinte.

$$V_1 = \frac{(G + R + S + Vg + C)}{5}$$

onde:

V_1= Vulnerabilidade à perda de solo - **Modelo 1**

G = vulnerabilidade para o tema Geologia

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

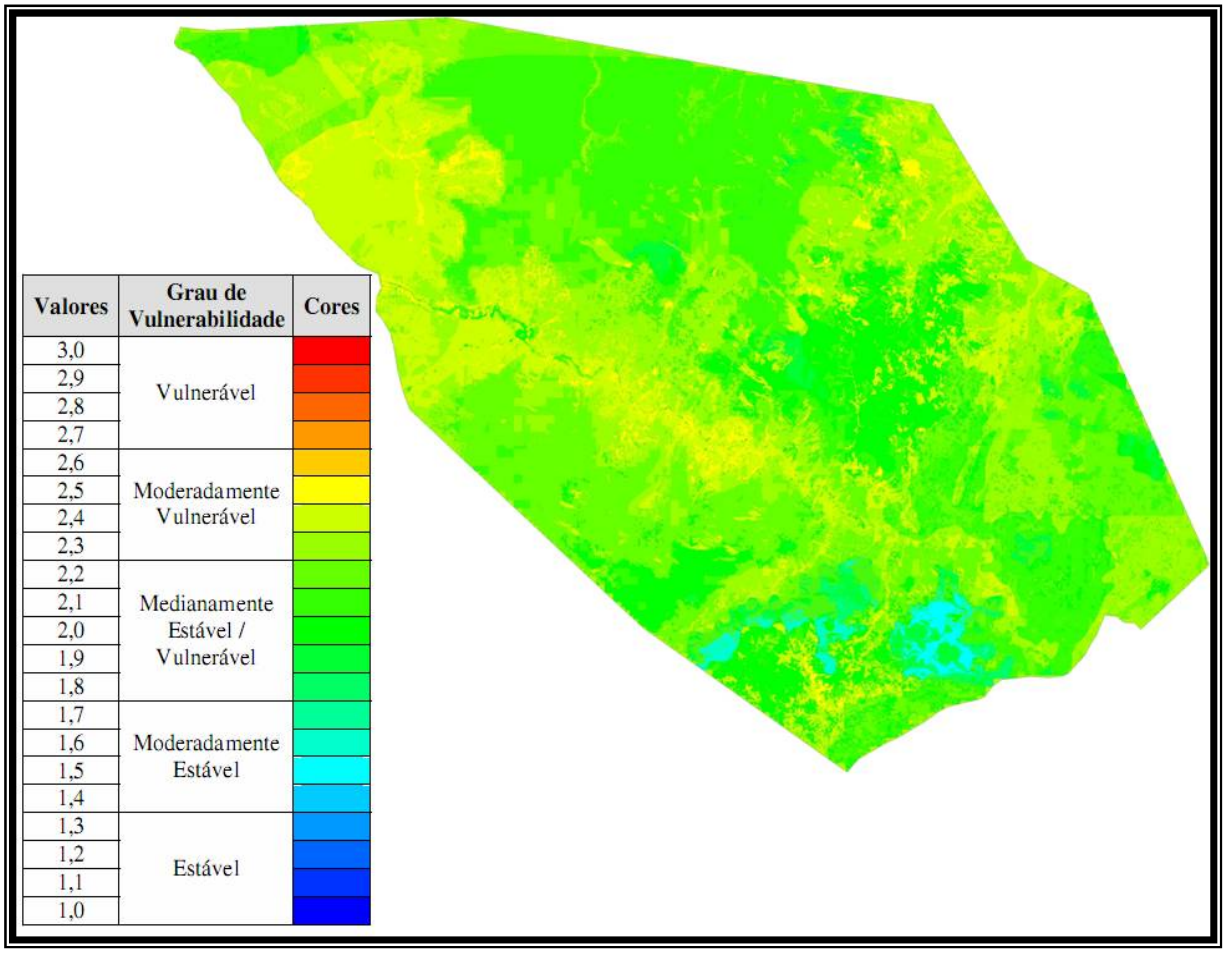
S = vulnerabilidade para o tema Solos

Vg = vulnerabilidade para o tema Uso e cobertura do solo

C = vulnerabilidade para o tema Clima

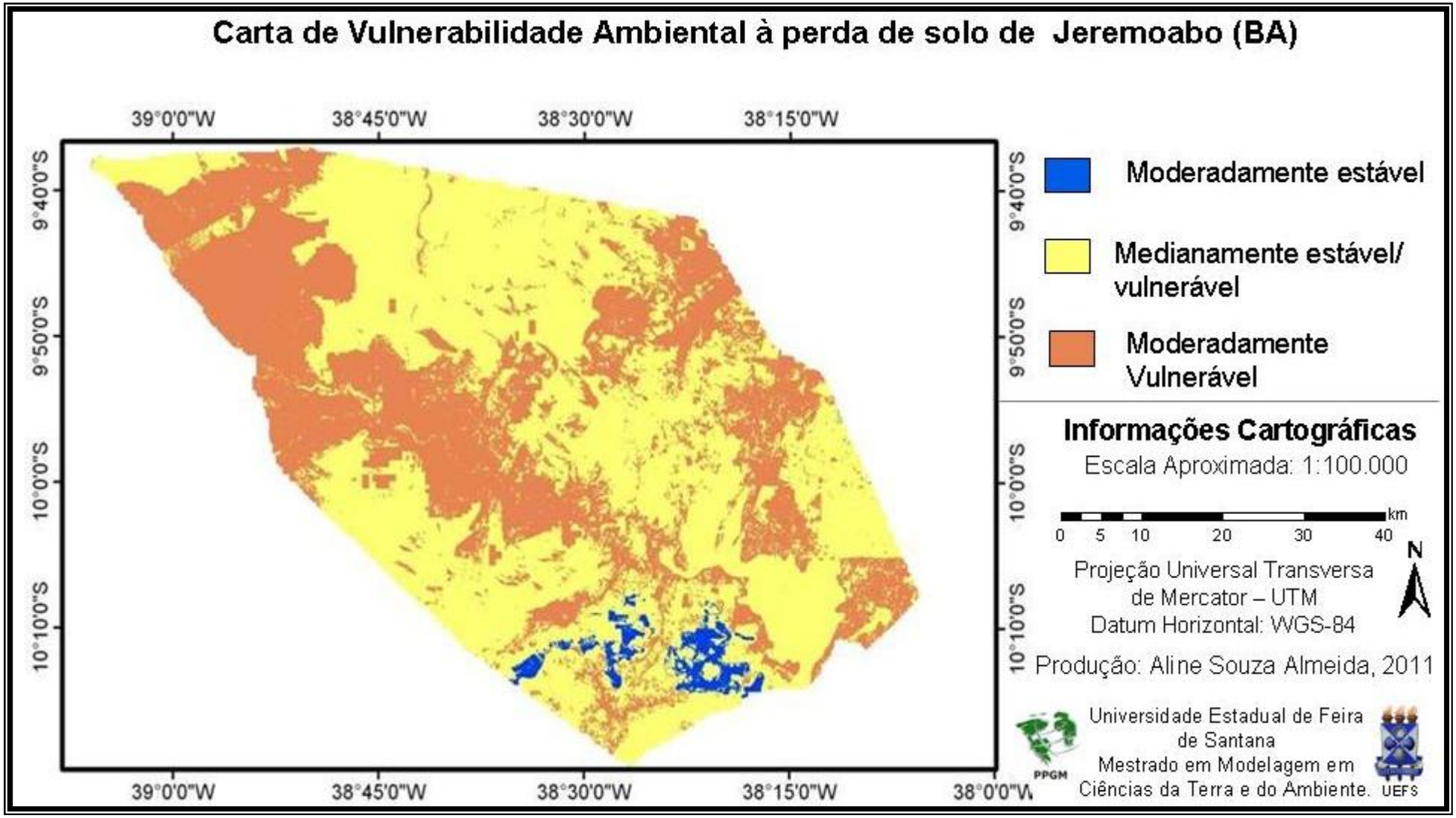
O mapa resultante dessa modelagem apresentou 12 valores para a vulnerabilidade, variando de 1.5 a 2.6 (1.5; 1.6; 1.7; 1.8; 1.9; 2.0; 2.1; 2.2; 2.3; 2.4; 2.5; e 2.6). Porém, devido à proximidade das tonalidades na escala de cores proposta por Crepani (2001), tornou-se difícil identificar em quais classes esses valores estão inseridos (Figura 5.16).

Figura 5.16 - Modelagem da vulnerabilidade ambiental à perda de solo para o município de Jeremoabo-Ba.



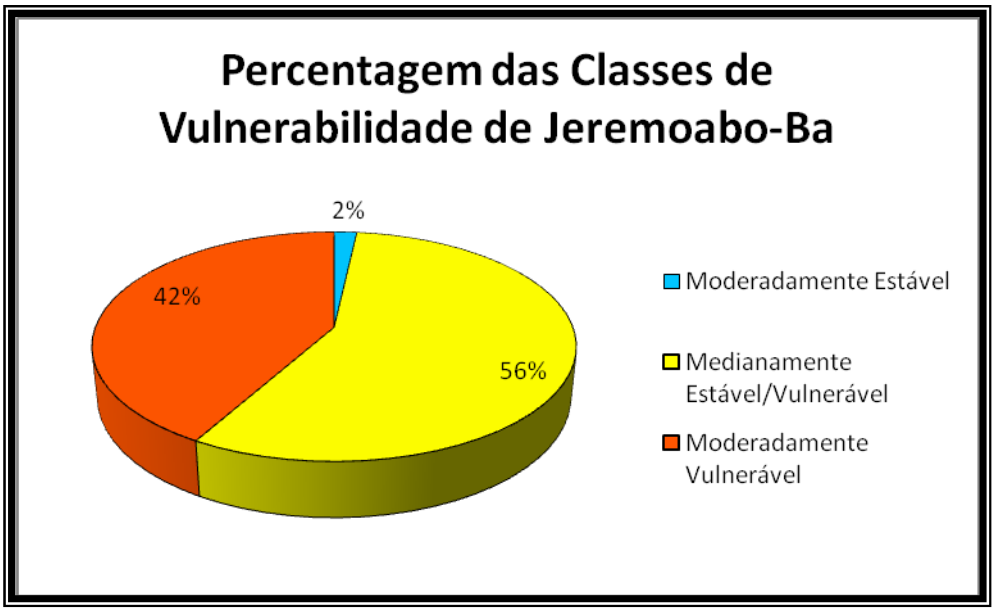
Dessa forma, foi realizada uma reclassificação do mapa de vulnerabilidade ambiental, inserindo os valores em três classes: moderadamente estável (valores de 1.5 a 1.7); medianamente estável/vulnerável (de 1.8 a 2.2); e moderadamente vulnerável (de 2.3 a 2.6). É notório que a partir desta metodologia o município não apresentou áreas nem de estabilidade (valor 1.0) e nem tão pouco de extrema vulnerabilidade (valor 3.0) como pode ser constatado na figura 5.17.

Figura 5.17 - Mapa Editado da Vulnerabilidade Ambiental à Perda de Solo para o Município de Jeremoabo-Ba.



As áreas moderadamente estáveis correspondem a apenas 2% do total do território (Gráfico 5.3), podendo estar relacionada ao tipo de solo da região, que é o LATOSSOLO VERMELHO Amarelo Distrófico, que no cômputo da vulnerabilidade recebeu valor de estabilidade 1.0.

Gráfico 5.3 - Percentual das classes de vulnerabilidade à perda de solo de Jeremoabo.



As áreas consideradas medianamente estáveis/vulneráveis podem está relacionadas à cobertura vegetal, onde grande parte do município é recoberto por uma vegetação de Caatinga (61% de Caatinga arbórea e Caatinga arbustiva herbácea), que se apresenta ora aberta ora fechada, protegendo o solo das intempéries climáticas.

O relevo aplainado, com a altitude mais elevada registrada na região do Raso da Catarina (700m), e as baixas declividades do município – 68% do território, apresentam declives abaixo de 2º - contribuem para a estabilidade quanto à vulnerabilidade, ao contrário do tema solo que possui grande parte do município com valores próximos à instabilidade.

No que tange as áreas moderadamente vulneráveis, estas constituem 42% do território e estão relacionadas às regiões onde são praticadas a agricultura e pecuária. Vale salientar que a partir dos conhecimentos da área de estudo, podemos perceber que a metodologia aplicada minimizou os efeitos da forte degradação que assola o município, pois ela torna as áreas de maior

vulnerabilidade, quando associadas a outras de menor vulnerabilidade, numa área de vulnerabilidade média, contradizendo o que foi observado em campo.

5.4.2 – Modelo 2 – Gerado a partir da análise dos valores das variáveis com maior expressão de vulnerabilidade

Analisando o resultado obtido no **Modelo 1**, criado a partir da metodologia de Crepani (2001) percebeu-se que não expressava as observações de campo, mascarando, em parte, os impactos ambientais provocados pela erosão. Dessa forma, testou-se um novo modelo, levando em conta os temas que apresentaram valores significativos de vulnerabilidade e consequentemente, que mais contribuem para a degradação do solo no município. Estas variáveis estão relacionadas ao uso e tipos de solos, ao substrato rochoso e a geomorfologia, no que tange a variável dissecação do relevo.

Assim, propomos gerar uma nova carta de vulnerabilidade á Perda de Solo, aqui chamado de **Modelo 2**. Esta proposta foi definida tomando-se por base os mapas de vulnerabilidade para cada tema gerado no **Modelo 1**. A análise desses mapas foi pautada na contribuição de cada tema ao processo de degradação das terras do município, esses mapas foram integrados sem alterar o valor individual de vulnerabilidade de seus atributos.

Essa proposta visa obter um modelo de vulnerabilidade que mais se aplique a realidade do município, tendo como referência os conhecimentos da realidade de campo. Este modelo foi definido segundo a equação:

$$V_2 = \frac{(G + D + S + Vg)}{4}$$

onde:

V_2= Vulnerabilidade à perda de solo - **Modelo 2**

G = vulnerabilidade para o tema Geologia

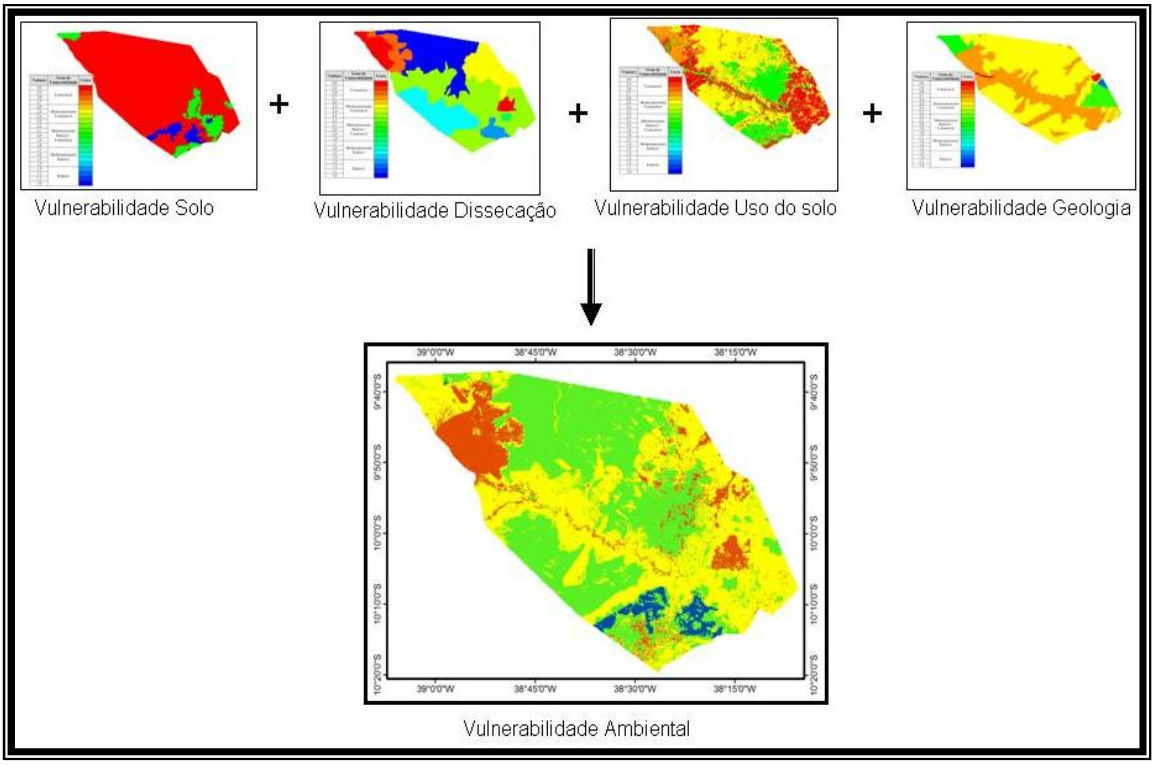
D = vulnerabilidade para o tema Dissecação

S = vulnerabilidade para o tema Solos

Vg = vulnerabilidade para o tema Uso e cobertura do solo

De forma ilustrativa, a figura 5.18 expressa a equação usada no **Modelo 2**, onde podem ser observadas as áreas de vulnerabilidade para os temas Solo, Dissecação, Uso do Solo e Geologia.

Figura 5.18 - Representação da produção da carta de vulnerabilidade para o Modelo 2.



Com a utilização desta metodologia, a carta de vulnerabilidade gerada apresentou 4 classes de vulnerabilidade: moderadamente estável (com valores variando de 1.4 a 1.7); medianamente estável/vulnerável (de 1.8 a 2.2); moderadamente vulnerável (de 2.3 a 2.6); e a classe vulnerável (com valores de 2.7 a 2.9), como pode ser verificada na figura 5.19.

A classe moderadamente estável pode está relacionada ao tipo de solo que é o LATOSSOLO, garantindo na região uma maior estabilidade ao solo dos processos intempéricos, porém, esta classe representa apenas 3% do território. No que concerne às áreas medianamente estável/vulnerável estão relacionadas à cobertura vegetal do município, que é a Caatinga, registrando uma proteção média ao solo. Esta classe contabiliza 42% do total (Gráfico 5.4).

Figura 5.19 – Modelagem da Vulnerabilidade à Perda de Solo para o Município de Jeremoabo – Modelo 2.

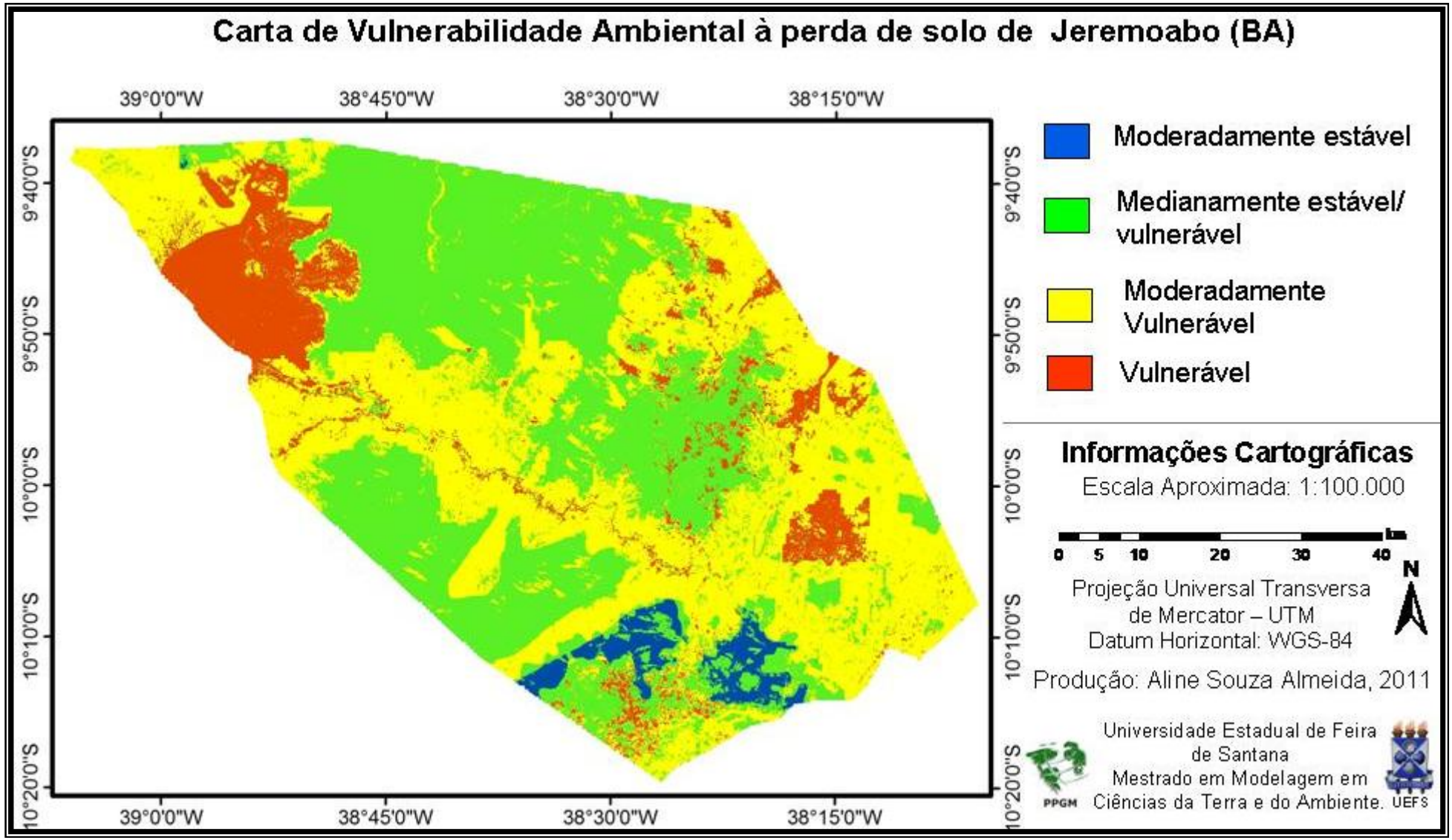
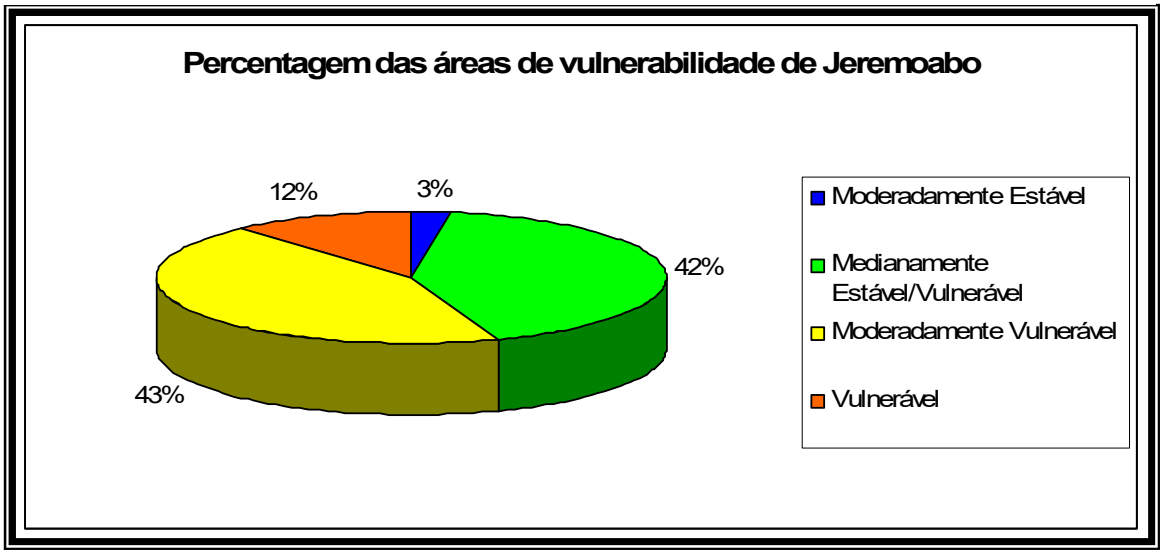


Gráfico 5.4 - Percentagem das Áreas de Vulnerabilidade de Jeremoabo-BA.



Quanto à classe moderadamente vulnerável, esta corresponde às áreas de intenso uso agropecuário, onde podemos encontrar terras improdutivas, solos com processos de ravinamento e voçorocas, remoção da vegetação primária para a implantação de pastagem. Estas características são oriundas das práticas agressivas na agricultura, como uso de agrotóxicos, falta de rotação de cultura, entre outros. Esta classe corresponde a 43% da área total do município.

A classe vulnerável é responsável pela instabilidade, quanto a processos erosivos, de 12% das terras de Jeremoabo. Esta classe está relacionada ao tipo de solo (NEOSSOLOS), ao tipo de dissecação, considerada forte, a geologia, onde o substrato rochoso é composto por rochas sedimentares ou sedimentos, como o siltito e o folhelho. Bem como ao tipo de uso e cobertura do solo, mais especificamente a Caatinga Parque e as áreas de pastagem/agricultura, que receberam valores mais altos para a vulnerabilidade.

Ao compararmos o modelo gerado pela metodologia adaptada de Crepani (2001) – que chamaremos de **Modelo 1** - e o modelo gerado a partir da avaliação da vulnerabilidade para cada tema – que chamaremos de **Modelo 2**, podemos perceber diferenças significativas. No **Modelo 1** temos 3 classes de vulnerabilidade, enquanto no **Modelo 2** temos 4 classes, e a percentagem das áreas correspondentes a essas classes varia de um modelo para outro, como podemos perceber no quadro 5.8.

Quadro 5.8 - Relação da percentagem das classes de vulnerabilidade para o **Modelo 1** (CREPANI, 2001) e **Modelo 2** (gerado na dissertação).

CLASSES	**Percentagem das áreas de vulnerabilidade (%)**	
	Modelo 1	**Modelo 2**
Medianamente Estável	2	3
Medianamente Estável/Vulnerável	56	42
Moderadamente Vulnerável	42	43
Vulnerável	0	12
Total	100%	100%

Assim, percebe-se que houve no **Modelo 2** um acréscimo de 1% nas áreas de baixa vulnerabilidade, enquanto que, no **Modelo 1** há uma supervalorização da classe medianamente estável/Vulnerável, o que conferiu ao município uma preponderância da vulnerabilidade média. Diferentemente do **Modelo 1**, onde não houve classes de extrema vulnerabilidade, o **Modelo 2** registrou uma percentagem de 12 % no território. Concluímos, assim que, o **Modelo 2** representa com mais fidedignidade a realidade local, especialmente quando se observam dados de campo, onde a degradação do município, é provocada pelo uso intensivo do solo, como pode ser visualizado nas imagens da figura 5.20. Essas áreas correspondem aquelas mapeadas como vulneráveis à perda de solos no município de Jeremoabo.

Figura 5.20 – Formas de degradação do solo em Jeremoabo: A - área salinizada devido à irrigação; B - desenvolvimento de voçorocas; C - queimadas para a prática agrícola e; D - solo exposto com ravinamento.

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem diversas maneiras de analisar a paisagem, além de diferentes técnicas e atributos que podem variar de acordo com o objetivo e o objeto de estudo. Nesta pesquisa optamos por analisar a paisagem sob a ótica da vulnerabilidade ambiental à perda de solo para o município de Jeremoabo, localizado na região semiárida do nordeste brasileiro, a partir de dois modelos. O **Modelo 1**, testando a metodologia de Crepani (2001) e o **Modelo 2**, levando em consideração os temas que apresentaram maior vulnerabilidade ambiental.

Vale salientar que este estudo é novo no município e é uma forte ferramenta para o planejamento e gestão territorial, pois possibilita indicar as áreas mais susceptiveis ao processo de degradação ambiental, auxiliando na aplicação de medidas mitigadoras de forma direcionada, evitando assim, que essa degradação alcance o nível de uma desertificação, como já apontados alguns estudos realizados pela Universidade Estadual de Feira de Santana e pelo INGA.

Para a realização deste trabalho, nos apropriamos inicialmente do arcabouço teorico-metodológico da proposta de Crepani (2001), depois foram feitas alterações na metodologia para se adequar aos dados existentes. Os dados analisados nesta pesquisa foram: solo, uso do solo (cobertura vegetal), geologia, geomorfologia (indice de dissecação do relevo, declividade e amplitude altimétrica) e clima (precipitação pluviométrica).

Assim, no primerio momento foi gerado um mapa de vulnerabilidade à perda de solo, que chamamos de **Modelo 1**, onde foram identificadas três classes de vulnerabilidade: moderadamente estável, medianamente estável/vulnerável e moderadamente vulnerável.

Para o **Modelo 1** houve um predomínio da classe medianamente estável/vulnerável (56% do território), devido à aplicação da média aritmética ponderada em todas as variáveis utilizadas. Este procedimento faz com que as variáveis muito vulneráveis sejam atenuadas pelas variáveis de menor vulnerabilidade.

O que foi constatado é que na geração do **Modelo 1**, as variáveis consideradas de extrema vulnerabilidade, quando associadas a variáveis estáveis, têm suas características atenuadas, ou seja, passam a apresentar-se como intermediárias. Toma-se como exemplo a variável solo, que no município é constituído predominantemente de NEOSSOLOS (78%), os quais tiveram valor de vulnerabilidade 3.0 na escala de estabilidade. Esta classe teve seu valor atenuado pela variável uso do solo, que em sua maior parte recebeu valores dentro da escala de estabilidade, como pode ser visto na associação de classes abaixo.

Mapas reclassificados ⇨ Geologia (2,5) + geomorfologia (1,6) + uso do solo (1,0) + Clima (2,3) = 10,4/5 = 2,04. Resultando assim numa unidade com grau de vulnerabilidade média.

Desta forma, as variáveis de grande vulnerabilidade deixam de oferecer risco à erosão/perda de solo quando associada às variáveis de maior estabilidade.

A aplicação desta metodologia foi relevante para o município, no que se refere à identificação das variáveis que mais contribuem com o processo de degradação/desertificação. Porém, a partir da análise dos dados de campo, percebemos que o **Modelo 1** não corresponde à realidade observada. Assim, a partir da identificação das variáveis que mais contribuem para o processo erosivo, foi realizada outra modelagem, gerando o mapa de vulnerabilidade à perda de solo, **Modelo 2**, resultando num mapa com 4 classes de vulnerabilidade. Observa-se que este novo mapa é mais condizente com a realidade, pois as variáveis de maior vulnerabilidade não tiveram suas características atenuadas pelas de menor vulnerabilidade.

Dessa forma, podemos perceber que uma grande contribuição desta metodologia é a possibilidade de conhecer o potencial de cada variável ao processo de perda de solo e consequentemente sua fragilidade ao processo de desertificação. Assim, torna-se mais fácil inserir medidas de prevenção e/ou mitigação dos efeitos da degradação, contendo o processo de desenvolvimento da desertificação. Observa-se também que a população deve utilizar os recursos da natureza de forma parcimoniosa, numa tentativa de permitir que as gerações futuras, também conheçam a Caatinga, a vegetação original do nosso sertão.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, Warley da Costa; DIAS, R. R.; PEREIRA, E. Q. Análise da vulnerabilidade natural à perda de solo do município de Fátima – TO. In: XIII SBRS, Florianópolis, **Anais**. p. 5083 – 5089, 2007.

Barbosa, C.C.F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento.** 150p. (INPE-7115-TDI/667) Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1997.

Becker, B.K.; Egler, C.A.G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia Legal**. Rio de Janeiro: LAGET/UFRJ, 1996. 43p.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA; Projeto RADAMBRASIL. **Folhas SC. 24/25 Aracaju/Recife:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: O Projeto, 1983. 852 p.

CHAVES. J. LEAL, R; (ORG). **Relatório do grupo solos de vulnerabilidade Ambiental**. UEFS, 2010.

CHORLEY, Richard John; HAGGETT, Peter. **Modelos fisicos e de informação em geografia.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, São Paulo: USP. Coordenadoria de Comunicação Social, 1975. 260p (Modelos em Geografia).

CHRISTOFOLETTI**,** Antônio. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Bluncher, 1999.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea Diagnóstico do Município de Jeremoabo - Bahia** / Organizado [por] Ângelo Trévia Vieira, Felicíssimo Melo, Hermínio Brasil V.Lopes, Hermínio Brasil V. Lopes, José C. Viégas Campos, José T Guimarães, Juliana M. da Costa, Luís Fernando C. Bomfim, Pedro Antonio de A. Couto, Sara Maria Pinotti Benvenuti. Salvador: CPRM/PRODEEM, 2005.

CPRM, **Sistemas de Informações Geográficas** – SIG. Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia: Mapas na escala 1:1.000.000 e 1:2.000.000. V. 1: maio, 2003. 1 CD-ROM

CREPANI, E.; Medeiros, J. S. de; Azevedo, L. G. DE.; Hernandez Filho, P.; Florenzano, T. G.; Duarte, V. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos: INPE, 2001. 25p.

DIEGUES, Antônio Carlos. **Desenvolvimento sustentável ou sociedades sustentáveis: da critica dos modelos aos novos paradigmas**. Revista São Paulo em Perspectiva, 6 (1-2); 22-29, jan/jun 1992.

FLORENZANO, Teresa Gallotti (Org.). **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: oficina de texto, 2008.

GRIGIO, Alfredo Marcelo. **Aplicação de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera.** Dissertação de mestrado, UFRN, 2003.

GOMES, Alessandra Rodrigues. **Avaliação da vulnerabilidade à perda de solo em região semi-árida utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento – área piloto de Parnamirim (pe).** Dissertação de mestrado, INPE, São José dos Campos, 2005.

KAWAKUBO, Fernando Shinji; MORATO, Rúbia G.; CAMPOS, Kleber C.; LUCHIARI, Ailton; ROSS, Jurandyr L. S. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento.** In: XIII SBRS, Goiania, **Anais**. p. 2203 – 2210, 2005.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. In**: Revista do Departamento de Geografia** n° 8, 63-74 pp. DG-FFLCH-USP, São Paulo, 1994.

SANTOS, Patrícia Azevedo dos; MARÓN José Ramiro L. Análise da vulnerabilidade à perda de solo do Parque Estadual do Jalapão - TO In: XIII SBRS, Natal, **Anais**. p. 4347 – 4354, 2009.

SILVA, A. de B. **Sistemas de informação geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. São Paulo. Unicamp, 2003.

SILVA, Vitor U. F. **Zoneamento ambiental com instrumento de gestão como avaliação da vulnerabilidade ao processo de desertificação: análise do município de Salgueiro – PE**. Dissertação de mestrado, UFPE, 2007.

TAGLIANI, C.R. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações. In: XI SBRS, Belo Horizonte, MG, **Anais**. p. 1657-1664, 2003.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 97 p

VALERIANO, Márcio de Morisson. **Topodata: Guia para Utilização de Dados Geomorfométricos Locais.** INPE, São José dos Campos 2008.

CAPÍTULO 6

Conclusões e Recomendações

CAPÍTULO 6

6.1 CONCLUSÕES

Esta dissertação teve como principal objetivo modelar a vulnerabilidade Ambiental à perda de solo para o município de Jeremoabo-BA, se apropriando do arcabouço teórico da análise sistêmica da paisagem para avaliar suas variáveis de forma integrada, utilizando para tanto, o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informação Geográfica como ferramenta.

A apropriação do arcabouço teórico da análise sistêmica da paisagem foi de suma relevância para este estudo, tendo basilado sua execução. Sabe-se que para a concepção de um modelo geossitêmico não há uma receita a ser seguida e sim uma direção a ser tomada. Para entender as diferentes interrelações que permeiam o objeto de estudo deve-se levar em consideração diferentes parâmetros, cabendo ao analista optar pelas melhores variáveis e melhor forma de alcançar seu objetivo.

Assim, optou-se nessa pesquisa pela utilização das variáveis: solo, uso e cobertura vegetal, geologia, geomorfologia, e precipitação pluviométrica. Essas variáveis permitiram entender a dinâmica ambiental do município supracitado.

Foi verificado que há na região o uso intensivo do solo, o que tem promovido o desgaste mais rápido e mais intenso do mesmo, por isso, estudos realizados pelo Instituto de Gestão das Águas e Clima (INGÁ) da Bahia, o classificou, juntamente com mais 51 municípios, como área susceptível a desenvolver o processo de desertificação.

A desertificação é considerada como a degradação das terras das zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes de muitos fatores, como as variações climáticas e as atividades humanas. O município registra uma média pluviométrica anual abaixo de 700 mm e chuvas concentradas nos meses de maio a julho, ficando os nove meses restantes, sem precipitação. Assim sendo, a vulnerabilidade das condições climáticas associada ao uso agressivo do solo,

como queimadas, supressão da cobertura vegetal, tem promovido cada vez mais a degradação e afetando sobremaneira a população.

Para a realização deste trabalho, identificando as áreas mais vulneráveis, logo, áreas mais propensas à desertificação, nos pautamos em diferentes etapas. A primeira foi à construção do Banco de Dados, onde utilizamos dados de diferentes fontes e escalas, como mapas geológicos disponíveis pela CPRM, mapas pedológicos (SRH, 2003), geomorfologia (processamento do MDT), uso do solo (fruto da classificação supervisionada da imagem de satélite) e dados climáticos disponibilizados pelo grupo de pesquisa Mandacaru (CHAVES *et al*, 2010).

Para a construção do mapa de uso e cobertura vegetal fizemos várias saídas a campo, e as informações obtidas foram de suma importância para a análise da vulnerabilidade ambiental, pois permitiu a obtenção de informações sobre as variáveis utilizadas, sobre as comunidades, enfim, uma melhor percepção da realidade local.

O município em estudo é bastante carente, muitas famílias vivem apenas do que plantam e/ou dos benefícios do governo, como bolsa família e bolsa escola. Uma pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) identificou que aproximadamente metade da população passa por sérias dificuldades, e o índice de pobreza encontrado no município no ano de 2003 foi de 49%.

A renda do município é baseada na agropecuária, na extração vegetal e na silvicultura. Os produtos agrícolas que mais se destacam são o milho e o feijão enquanto na pecuária o rebanho mais representativo é o bovino, com mais de 48 mil cabeças (IBGE, 2008). A pecuária também tem contribuído para a degradação ambiental de Jeremoabo, pois há a supressão da vegetação para a construção de pastagem, que geralmente estão degradadas e deixam o solo praticamente exposto nos períodos secos. Outra fonte de renda é a extração da lenha, que em 2008 foram produzidas 117 toneladas de madeira (carvão), o que gerou 58 mil reais para o município.

A produção dessa lenha é oriunda da algaroba (Prosopis Juliflora), uma espécie exótica, que foi introduzida no Brasil e conseguiu se estabelecer no nordeste brasileiro devido a sua tolerância a climas áridos e rústicos. A ocupação e expansão da algaroba é favorecida pela perturbação antrópica e

pela proximidade de cursos d'água, assim, freqüentemente, ela é encontrada em áreas de matas ciliares e de baixadas sedimentares. Muitos benefícios da algaroba já foram constatados por estudiosos, tanto que em Jeremoabo ela é utilizada pela população para servir de fonte de alimentação para os rebanhos e como fonte de renda a partir da venda da vagem.

Porém, devido a suas características, a espécie tem provocado impactos no semiárido nordestino. Segundo o Instituo Hórus (2008), a algaroba impede o desenvolvimento da vegetação nativa, através da competição por espaço; é grande consumidora de água, já que se instala a margem de rios; e finalmente, não combate a erosão, além de só aumentar o risco de incêndios devido ao acúmulo de biomassa. Nesse sentido, a preocupação é de que essa planta invasora tome definitivamente o lugar da Caatinga, que cada vez mais se torna escassa no nosso semiárido.

Desta forma, a extração da madeira, juntamente com as incessantes queimadas, uso intensivo de defensivos agrícolas, falta de rotação de cultura, muito comum na região, tem contribuído para que cada vez mais o desgaste do solo aumente, pois o mesmo torna-se desprotegido quanto às intempéries climáticas e outras ações antrópicas.

Torna-se evidente que o desgaste do solo é decorrente de ações antrópicas, onde o homem retira a vegetação nativa para dar lugar a diversas formas de uso, e com isso assoreia os rios e polui com o uso de agrotóxicos nas lavouras, consequentemente, quebrando o equilíbrio dinâmico do ambiente.

Visando entender e mapear a vulnerabilidade ambiental do município de Jeremoabo foi realizado a modelagem para vulnerabilidade à perda de solo. Para tanto, foram gerados dois modelos: i) **Modelo 1**, baseado na aplicação da metodologia proposta por Crepani (2001) e ii) **Modelo 2** a partir da análise do tema de maior vulnerabilidade e de dados de campo.

Ambos os modelos são interessantes, pois permite-nos relacionar as diferentes variáveis que compõem a paisagem, identificando condições favoráveis ou não ao processo de perda de solo e consequentemente da desertificação.

Para o **Modelo 1** foram identificadas três classes de vulnerabilidade para Jeremoabo, sejam elas: moderadamente estável, medianamente

estável/vulnerável e moderadamente vulnerável. Percebe-se que não há classes realmente estáveis ou extremamente vulneráveis, pois esta metodologia parte do principio da média aritmética, ou seja, são somadas todas as variáveis e divididos pelo número de atributos existentes.

Essa característica da metodologia não aponta claramente aquelas áreas que são realmente susceptíveis à perda do solo, ou que poderão se tornar um ponto de desertificação, pois ao serem somados e posteriormente divididos os valores de cada mapa individualmente, podem-se estar mascarando uma realidade problemática.

Essa afirmativa pauta-se no conhecimento da área de estudo e também no modelo de vulnerabilidade gerado para cada variável, uma vez que alguns atributos de determinadas variáveis apresentaram grau de extrema vulnerabilidade (valor 3.0) e quando somados e divididos por variáveis de maior estabilidade, tenha resultado numa área de situação intermediária. Porém, este fator de extrema vulnerabilidade – como a modelagem à perda de solo para o tema Solo, por exemplo – pode ser um determinante para desencadear o processo de desertificação. Assim, concluímos que o Modelo 1 não é aplicável ao município.

Como afirma Cougo (1997), se no processo de validação não descobrimos algum ponto falho, ou algo a ser melhorado, devemos ficar preocupados, pois não realizamos corretamente a validação. Assim, pautado nessa afirmativa, e no conhecimento da área de estudo, optamos por gerar o **Modelo 2**, onde foram selecionadas quatro variáveis que interferem sobremaneira no processo de degradação do município: solo, uso do solo, geologia e dissecação do relevo, relacionada à variável geomorfologia.

De posso desses dados, foi gerado uma nova carta de vulnerabilidade com 4 casses de vulnerabilidade à perda de solo: medianamente estável, medianamente estável/vulnerável, moderadamente vulnerável e vulnerável.

Estas classes de vulnerabilidade estão mais de acordo com a realidade do município, revelando com clareza a contribuição de cada atributo no processo de degradação.

Assim, o conhecimento da vulnerabilidade para cada variável foi de extrema relevância, pois através deles pode-se perceber a contribuição de cada atributo na geração da carta síntese de vulnerabilidade ambiental.

Por fim, vale salientar, que o uso de ferramentas de geoprocessamento foram relevantes para o desencadeamento desta pesquisa, pois demonstraram eficiência e agilidade na aplicação da metodologia, e podemos constatar como o uso dessas geotecnologias são importantes para estudos de caráter ambiental.

A geração do **Modelo 2** está de acordo com as principais características destacadas por Cougo (op. cit): i) **Capacidade de Seletividade** – implica numa atitude altamente seletiva no que concernem as informações usadas na modelagem, onde o operador deixa de lado dados indesejados. ii) **Natureza Sugestiva** – os modelos devem conter informações para sua generalização, sugerindo novas hipóteses. iii) **Simplicidade** – os modelos devem ser simples pra compreensão dos usuários. vi) **Caráter Análogo** – os modelos são analogias da realidade, uma forma simples de compreendê-la. v) **Replicabilidade** – um modelo não deve ser apenas descritivo, mas possuir a capacidade de ser aplicado a outras realidades.

Logo, concluímos afirmando que as informações utilizadas no **Modelo 1** não revelaram verdadeiramente o caráter frágil das variáveis ambientais de Jeremoabo, mascarando uma realidade evidente no município, porém, indicou-nos o caminho para conhecer a fragilidade de cada variável. Já a metodologia aplicada no **Modelo 2**, associando os conhecimentos de campo, revelou uma maior proximidade com a realidade, tornando-se um importante instrumento na análise ambiental. Daí pode-se afirmar que cabe então, ao analista, selecionar as variáveis que mais contribuem para a formação da paisagem e para os processos de degradação, tornando possível dessa forma, gerar um modelo mais condizente com a realidade do local e assim, inserir medidas que venha minimizar a degradação.

6.2 RECOMENDAÇÕES

A forte degradação encontrada no município de Jeremoabo é resultante de intensivas e agressivas práticas ao geossistema, como queimadas, remoção da vegetação, falta de rotação de culturas, uso de agrotóxicos, entre outros, que tem provocado no município uma série de conseqüências negativas, como

o empobrecimento do solo, formação de crosta de salinização devido à irrigação, além de voçorocas e ravinamentos.

A cobertura vegetal (Caatinga) fornece uma proteção contra a degradação do solo, dessa forma, sugere-se um monitoramento e fiscalização das mesmas, tendo em vista que a legislação ambiental estabelece que as propriedades devam reservar 20% de suas áreas. Além de um estudo mais detalhado para que possa ser identificadas áreas em estado de degradação e assim, propor medidas mitigadoras que visem à recuperação dessas áreas.

Este trabalho trás importantes contribuições para o município, no que concerne ao planejamento ambiental, pois indica as áreas que apresentam maior vulnerabilidade, revelando regiões potenciais para implementação de medidas mitigadoras para conservação ambiental.

Sugere-se também a produção de dados e informações (geológicos, pedológicos, climáticos, etc.) atualizados e em escala mais adequada para se trabalhar com município, para que se possam obter resultados mais precisos numa análise que objetive o planejamento e gestão do território.

Sabe-se que os modelos são abstrações, mas que muitas vezes não são fidedignos a realidade, como o que foi gerado nesta pesquisa a partir da aplicação da metodologia de Crepani (2001), no **Modelo 1**. Melhorando significativamente quando gerou-se o **Modelo 2**, onde foram observados dados de campo. De toda forma, sugere-se na continuidade dos estudos na região aplicação de outras metodologias, como por exemplo, os modelos de fragilidade ambiental proposto por Ross (1994), bem como a utilização de outras variáveis no processo de modelagem, que possam caracterizar melhor a área de estudo.

Outra questão a ser apontada é a inserção da Educação Ambiental para crianças e adolescentes nas escolas do município, visto que elas podem ser multiplicadores de informação, levando o conhecimento aprendido na sala de aula para casa, e assim, sensibilizando os pais quanto às práticas errôneas aplicadas ao ambiente. Para além das escolas, este conhecimento deve se estender às Associações, Prefeituras, Sindicatos, entre outros, visando diminuir cada vez mais o nível de degradação estabelecido nas terras do município.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, Aziz N. **Os Domínios de Natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ALVES, Jose Jakson Amancio. **Geoecologia da Caatinga no Semi-Árido do Nordeste Brasileiro.** Revista Climatologia e Estudos da paisagem. Rio Claro – vol.2 – n.1 – Jan/Jun/2007, p.58.

ARAUJO, Gustavo H. S.; AlMEIDA, Josimar R.; GUERRA, Antônio J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

BARBOSA, Johildo Maria Salomão Figueiredo; Domingues, José Maria Landim. (coordenadores) **Geologia da Bahia:** texto explicativo. Salvador: Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração, 1996. 400p

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. 3. ed Petropolis: Vozes, 1977. 351p (Colecao Teoria dos sistemas 2) ISBN (Broch.).

BERTRAND, Georges. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. "Textos clássicos" **RA'EGA o Espaço Geográfico em debate**. Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Editora UFPR. Disponível em: http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/raega/article/view/3389/2718

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA; Projeto RADAMBRASIL. **Folhas SC. 24/25 Aracaju/Recife:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: O Projeto, 1983. 852 p

BRASIL**, Secretaria de Planejamento e tecnologia** - SEPLANTEC, 1976.

_____,**Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste** – SUDENE, 1990.

CEPAN – Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste. **Contextualização Sobre Espécies Exóticas Invasoras**: Dossiê Pernambuco. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, março de 2009.

CHAVES. J. SANTOS, R. L. (ORG). **Relatório do grupo solos de vulnerabilidade Ambiental**. UEFS, 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236 p.

CONTI, José B. O **conceito de desertificação**. Climatologia e Estudos da Paisagem Rio Claro – Vol.3 – n.2 – julho/dezembro/2008, p. 39: Disponível em: http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/climatologia/article/viewFile/2091/2203 . Acesso: 23/07/2009.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea Diagnóstico do Município de**

Jeremoabo - Bahia / Organizado [por] Ângelo Trévia Vieira, Felicíssimo Melo, Hermínio Brasil V.Lopes, Hermínio Brasil V. Lopes, José C. Viégas Campos, José T Guimarães, Juliana M. da Costa, Luís Fernando C. Bomfim, Pedro Antonio de A. Couto, Sara Maria Pinotti Benvenuti. Salvador: CPRM/PRODEEM, 2005.

CPRM, **Sistemas de Informações Geográficas** – SIG. Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia: Mapas na escala 1:1.000.000 e 1:2.000.000. V. 1: maio, 2003. 1 CD-ROM

CREPANI, E.; Medeiros, J. S. de; Azevedo, L. G. DE.; Hernandez Filho, P.; Florenzano, T. G.; Duarte, V. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos: INPE, 2001. 25p.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Brasil); EMBRAPA. Serviço de Produção de Informação. **Sistema brasileiro de classificaçao de solos.** 6. impr Brasília: EMBRAPA, SPI 1999, 412p.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento Remoto**. São Paulo: oficina de textos, 2007.

FLORENZANO, Teresa Gallotti (Org.). **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: oficina de texto, 20008.

FREIRE, Neison Cabral F. **Desertificação na Região de Xingó**: mapeamento e análise espectro-temporal. Dissertação de Mestrado. UFPE: Recife, 2004.

GOMES, Alessandra Rodrigues. **Avaliação da vulnerabilidade à perda de solo em Região semi-árida utilizando sensoriamento Remoto e geoprocessamento – área piloto de Parnamirim (Pe)**. INPE: São José dos Campos, 2005. Dissertação de Mestrado.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Cidades. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/cidades, 2008/2008. Acesso: janeiro de 2010.

INSTITUTO HÓRUS. 2008. **Base de Dados sobre Espécies Exóticas Invasoras** em I3N-Brasil. Consultado em: junho de 2010 - http://www.institutohorus.org.br

JENSEN, J.R. 2008. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres.** Tradução da segunda edição pelo INPE. Editora Parêntese. 598 p.

LEFF, Enrique. **Epistemologia ambiental**. São Paulo, SP: Cortez, 2002.

MARQUES NETO, Roberto. A Abordagem Sistêmica e os Estudos Geomorfológicos: Algumas Interpretações e Possibilidades de Aplicação. **Geografia** - v. 17, n. 2, jul./dez. 2008 – Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências. Disponível em: http://www.uel.br/revistas/geografia

MATALLO JUNIOR, Heitor. **Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília: UNESCO, 2001.

MATALLO J. Heitor; SCHENKEL, Celso S. (orgs). **Desertificação**. Brasília: UNESCO, 2003. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/ue000056.pdf. Acesso em 16/07/2009.

MMA. **Atlas das áreas susceptíveis a desertificação do Brasil**. MMA Secretaria de Recursos Hídricos, Universidade Federal da Paraíba: Brasília: MMA, 2007.

MMA. **Convenção das *Nações Unidas de Combate à Desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África***. Disponível em: http://desertificacao.cnrh-srh.gov.br/arquivos/Ccd.doc. Acessado em 24/07/2009.

MMA. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca Pan-Brasil**. Ministério do meio ambiente Secretaria de recursos hídricos, Agosto, 2004.

MONTEIRO, C. A. **Geossistema*:*** a história de uma procura. São Paulo. Contexto, 2000.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. Rio de janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Ambientais, 1989, 422 p.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto**: **princípios e aplicações**. São Paulo, 1992, Ed. Edgard Blücher, 308p.

OLIVEIRA, João Henrique Moura. **Caracterização Geomorfológica e Análise Integrada da Paisagem no Raso da Catarina - Ba por Geotecnologias**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente) – Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, 2008.

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo (org). **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Edições UFC, 2007.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. In**: Revista do Departamento de Geografia** n° 8, 63-74 pp. DG-FFLCH-USP, São Paulo, 1994.

ROSS, Jurandir Luciano Sanches. **Ecogeografia do Brasil:** Subsídios para planejamento ambiental. 1ª ed. Editora Oficina de Textos, São Paulo 2006.

ROQUE, Wallace V. **Mapeamento Geoambiental da Área Urbana de Manaus - AM.** Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 2006.

SILVA, A. de B. **Sistemas de informação geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. São Paulo. Unicamp, 2003.

SHINZATO, Edgar; CARVALHO Filho, Amaury; TEIXEIRA, Wenceslau Geralds. Solos Tropicais. *In* SILVA, Cássio Roberto da. **Geodiversidade do Brasil:** conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. Rio de Jeneiro: CPRM, 2008.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. Instituto de Geografia. Universidade de São Paulo. São Paulo: Ed. Lunar, 1977.

SPÖRL, Cristiane. **Análise da Fragilidade Ambiental Relevo-Solo com Aplicaçãode Três Modelos Alternativos nas Altas Bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. 2001. Dissertação (Mestrado) Programa de Pos Graduação em Geografia- FFLCH – USP, São Paulo.

SRH. Superintendência de Recursos Hídricos. CD-ROM SIG Bahia. 2003.

TRICART, Jean. A Geomorfologia nos Estudos Integrados de Ordenação do Meio Natural. **Boletim de Geografia. Rio de Janeiro, 34(251): 15-42, out-dez, 1976**.

_____ **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 97 p

TROPPMAIR, Helmut; GALINA, Márcia Helena. Geossistemas. **Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 05, número 10, 2006.**

VALLES, Giane de Fátima. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados á geração de uma carta de vulnerabilidade natural á perda de solo.** INPE: São José dos Campos, 2008. Dissertação de Mestrado.