



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**ANÁLISE GEOAMBIENTAL E DEGRADAÇÃO NO MUNICÍPIO DE
CABACEIRAS - PB**

OTÁVIA KARLA DOS SANTOS APOLINÁRIO

JOÃO PESSOA – PB

2014

OTÁVIA KARLA DOS SANTOS APOLINÁRIO

**ANÁLISE GEOAMBIENTAL E DEGRADAÇÃO NO MUNICÍPIO DE
CABACEIRAS - PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Geografia (Mestrado), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre.

Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente.

Linha de Pesquisa: Gestão do território e análise geoambiental.

Orientador: Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza.

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Nadjacleia Vilar Almeida.

JOÃO PESSOA - PB

2014

A643a Apolinário, Otávia Karla dos Santos.
Análise geoambiental e degradação no município de
Cabaceiras-PB / Otávia Karla dos Santos Apolinário.-- João
Pessoa, 2014.
109f. : il.
Orientador: Bartolomeu Israel de Souza
Coorientadora: Nadjacleia Vilar Almeida
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN
1. Geografia regional. 2. Semiárido nordestino. 3. Gestão
territorial. 4. Dinâmica geoambiental. 4. Processos de
degradação.

UFPB/BC

CDU: 913(043)

“Análise Geoambiental e Degradação no Município de Cabaceiras - PB”

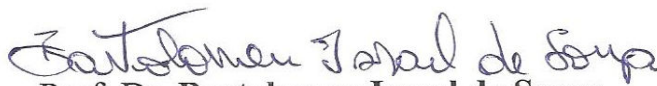
por

Otávia Karla dos Santos Apolinário

Dissertação apresentada ao Corpo Docente do Programa de
Pós-Graduação em Geografia do CCEN-UFPB, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente

Aprovada por:

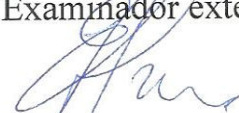

Prof. Dr. **Bartolomeu Israel de Souza**

Orientador


Prof.ª Dr.ª **Nadjacéia Vilar Almeida**

Co-orientadora


Prof. Dr. **Flávio Rodrigues do Nascimento**
Examinador externo


Prof. Dr. **Eduardo Rodrigues Viana de Lima**
Examinador interno

**Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Curso de Mestrado em Geografia**

Agosto/2014

Dedico esta pesquisa ao meu falecido
(pai) drasto, Eldonor Amorim Coelho, o
qual me ensinou que a única coisa que
levamos deste plano é a sabedoria.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida.

À minha mãe, Sueli, e irmã, Karina, pelo apoio e incentivo aos estudos desde sempre.

Agradeço aos meus amigos Valderban, Elisabete, Carlange, Joseilson, Maria do Carmo e Janaína, por toda força que sempre me deram nos momentos mais difíceis, de minha vida pessoal e acadêmica.

Aos meus colegas de turma por todos os momentos de preocupações, distrações e troca de conhecimento durante toda a jornada do mestrado, em especial, agradeço a Glauciene, Pamela, Ivanildo pelo companheirismo e amizade.

À Thereza Rachel pela atenção e ajuda na construção da dissertação

À Mônia Larissa e Priscila Pereira pelas positivas discussões, reflexões e companheirismos em todos os momentos, inclusive nas pesquisas de campo, as quais foram de grande importância na construção da pesquisa.

Agradeço a todos os professores do PPGG e do PRODEMA, pelo conhecimento transmitido e por ampliar meus conhecimentos para além da visão acadêmica.

À Universidade Federal da Paraíba e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos no período 2013-2014, tornando possível a realização desta pesquisa.

Meu agradecimento todo especial ao meu orientador, Bartololeu Israel de Souza, por ter sido sempre tão atencioso nas orientações e pesquisas de campo, e por todo o conhecimento transmitido por ele para que eu pudesse chegar até aqui.

À Nadjacleia Vila Almeida pela co-orientação no trabalho de dissertação e por estar presente em minha vida em toda minha jornada acadêmica de graduação, especialização e mestrado. Assim como, pelo companheirismo e cumplicidade em todos os momentos.

Aos professores Flávio Rodrigues do Nascimento e Eduardo Rodrigues Viana de Lima, pela disponibilidade, contribuições e sugestões.

E a todos que colaboraram direta e indiretamente com esse trabalho meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

O semiárido brasileiro apresenta um quadro biótico e abiótico ainda pouco conhecido cientificamente, o que acaba favorecendo a ocorrência de degradação ambiental, característica marcante no conjunto de paisagens existentes, particularmente em suas zonas de maior secura climática. Esse trabalho foi realizado no município de Cabaceiras-PB, conhecido como o de menor pluviosidade do Brasil, onde também existem sérios impactos ambientais devido a ocorrência de alguns processos naturais e principalmente através do uso e ocupação da terra por atividades agropecuárias e extrativistas, desde o início do processo de ocupação de seu território. O objetivo geral da pesquisa foi analisar o nível de degradação ambiental existente no município, tendo por objetivos específicos, realizar o diagnóstico físico-geográfico, analisar a vulnerabilidade das unidades de paisagem associadas às atividades socioeconômicas e analisar a relação do processo histórico e socioeconômico de uso e ocupação da terra com a degradação ambiental. A metodologia foi fundamentada nas Teorias Geossistêmica e Ecodinâmica, como também nos conceitos e processos causadores da degradação ambiental. Para os procedimentos metodológicos, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, acompanhadas de trabalhos de campo para validação das respostas obtidas. Como resultados, concluiu-se que o município se encontra, predominantemente, em um nível de estabilidade e vulnerabilidade média, prevalecendo a morfogênese sobre a pedogênese e que 32,36% da área de estudo foi considerada como degradada, tendo em vista a perda de biomassa entre os períodos de 1989 e 2005. Do ponto de vista das ações passíveis de conter a degradação e melhorar a qualidade ambiental encontrada atualmente, buscou-se destacar algumas diretrizes e programas de intervenções públicas existentes, as quais, sendo bem executadas, podem solucionar ou ao menos amenizar a situação existente.

Palavras chave: Semiárido nordestino. Dinâmica Geoambiental. Processos de degradação.

ABSTRACT

The Brazilian semiarid presents a biotic and abiotic framework still little known scientifically, which ends up favoring the occurrence of environmental degradation, hallmark the set of existing landscapes, particularly in their areas of increased climatic dryness. This work was conducted in the municipality of Cabaceiras-PB, known as the least rainfall in Brazil, where there are also serious environmental impacts due to the occurrence of some natural processes and primarily through the use and occupation of land by agricultural and extractive activities, from beginning of the occupation of their territory. The overall objective of the research was to analyze the existing level of environmental degradation in the city, with the specific objectives, perform the physical-geographic diagnosis, analyze the vulnerability of landscape units associated with socioeconomic activities and analyze the relationship between historical and socioeconomic process use and occupation of land with environmental degradation. The methodology was based on geosystemic and ecodynamic theories, as well as the concepts and processes causing environmental degradation. For methodological procedures, geoprocessing and remote sensing, accompanied by field work to validate the responses were used. As results, it was concluded that the municipality is predominantly in a medium level of stability and vulnerability, prevailing morphogenesis on pedogenesis and 32.36% of the study area was considered degraded, in view of the loss of biomass between the periods of 1989 and 2005. From the standpoint of shares that can contain the degradation and improve environmental quality currently found, we sought to highlight some guidelines and existing public assistance programs, which, being well executed, can solve or at least ameliorate the situation.

Keywords: Northeast Semi-arid. Geo-environmental dynamics. Degradation processes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do município de Cabaceiras – PB.....	15
Figura 2 - Esboço de uma definição teórica de geossistema.....	19
Figura 3 - Estabilidade dos Ambientes Naturais.....	22
Figura 4 - Perda do solo em diferentes condições de usos.....	28
Figura 5 - Atividades humanas e implicações no processo de degradação das terras...	29
Figura 6 - Relação dos postos pluviométricos e coordenadas geográficas usados para caracterização climática do município de Cabaceiras no período de 1960 a 1990.....	34
Figura 7 - Pontos de coleta de dados em campo no município de Cabaceiras – PB.....	38
Figura 8 - Escala de vulnerabilidade à erosão dos componentes de geoambientais.....	40
Figura 9 - Rochas Gnaiss metamórficas.....	49
Figura 10 – Afloramento granítico.....	50
Figuras 11 e 12 – Afloramentos graníticos.....	50
Figura 13 – Geologia do município Cabaceiras – PB.....	51
Figura 14 - Relevo Sombreado de Cabaceiras, com destaque para o transecto A-B....	52
Figura 15 - Perfil topográfico transversal A-B, sentido nordeste-noroeste de Cabaceiras.....	53
Figura 16 - Hipsometria do município de Cabaceiras.....	54
Figura 17 - Declividade do município Cabaceiras.....	55
Figura 18 - Relevo do município de Cabaceiras.....	56
Figura 19 - Neossolo Litólico.....	59
Figura 20 - Neossolo Flúvico.....	59
Figura 21 - Vertissolo Hidromórfico com microrelevo <i>Gilgai</i>	60
Figura 22 - Solos do município do município de Cabaceiras.....	61
Figura 23 - Precipitação Anual do município de Cabaceiras no período de 1960 a 1990.....	63
Figura 24 - Duração Sazonal de chuva no município de Cabaceiras no período de 1960 a 1990.....	64
Figura 25 - Intensidade Pluviométrica anual no município de Cabaceiras no período	

de 1960 a 1990.....	65
Figura 26 – Cobertura Vegetal arbóreo-arbustiva fechada.....	67
Figura 27 - Vegetação Arbustivo-Arbórea Fechada.....	68
Figura 28 - Vegetação Arbustiva Fechada.....	69
Figura 29 - Vegetação Arbustiva Aberta.....	69
Figura 30 - Plantação de Palma Forrageira.....	70
Figura 31 - Pecuária Bovina Extensiva.....	70
Figura 32 - Capim Panasco e Xique Xique.....	70
Figura 33 - Espacialização do SAVI no município Cabaceiras.....	72
Figura 34 - Classificação da cobertura vegetal do município Cabaceiras-PB do período de 02/08/1989.....	73
Figura 35 - Classificação da cobertura vegetal do município Cabaceiras-PB do período de 29/07/2005.....	74
Figura 36 – Vulnerabilidade das rochas do município de Cabaceiras-PB.....	79
Figura 37 - Vulnerabilidade do relevo do município de Cabaceiras-PB.....	82
Figura 38 – Vulnerabilidade dos solos do município de Cabaceiras – PB.....	84
Figura 39 – Vulnerabilidade da intensidade pluviométrica do município de Cabaceiras – PB.....	88
Figura 40 - Vulnerabilidade da Cobertura Vegetal do município de Cabaceiras – PB.....	91
Figura 41 - Carta Síntese da Vulnerabilidade do município de Cabaceiras – PB.....	93
Figura 42 - Classificação da Cobertura Vegetal em 1989.....	95
Figura 43 - Classificação da Cobertura Vegetal em 2005.....	95
Figura 44 - Mapa da situação da Cobertura Vegetal no período de 1989 a 2005.....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de declividade em porcentagem.....	32
Tabela 2– Relação dos postos pluviométricos e série climatológica mensal e anual.....	33
Tabela 3- Identificação dos meses eco-secos a partir do regime pluviométrico.....	34
Tabela 4 - Avaliação da Vulnerabilidade com base nas Categorias Morfodinâmicas....	39
Tabela 5 - Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns.....	40
Tabela 6 – Valores de Vulnerabilidade para a Densidade de Drenagem.....	42
Tabela 7 – Valores de Vulnerabilidade para Amplitude Altimétrica.....	42
Tabela 8 – Classes de declividade com respectivos valores da escala de vulnerabilidade.....	42
Tabela 9 - Valores de vulnerabilidade natural à erosão para os solos incluindo a correlação com a nova nomenclatura de solos da Embrapa (1999).....	44
Tabela 10 - Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à perda de solo.....	45
Tabela 11 - Adaptação da nomenclatura da cobertura vegetal para o semiárido.....	45
Tabela 12 - Classes de solo em área.....	57
Tabela 13 - Distribuição em área e porcentagem da cobertura vegetal e água no município de Cabaceiras – PB em 02/08/1989 e 29/07/2005.....	75
Tabela 14 - Pluviosidade mensal (mm) coletado no posto pluviométrico do Município de Cabaceiras- PB em 1989.....	75
Tabela 15 - Pluviosidade mensal (mm) coletado no posto pluviométrico do Município de Cabaceiras- PB em 2005.....	76
Tabela 16 - Distribuição em área e valores de vulnerabilidade das rochas.....	78
Tabela 17 - Valores de vulnerabilidade do relevo e categorias morfodinâmicas.....	81
Tabela 18 - Valores de Vulnerabilidade dos solos e classes morfodinâmicas.....	83
Tabela 19 – Valores de vulnerabilidade da intensidade pluviométrica e classificação morfodinâmica.....	86
Tabela 20 – Valores de vulnerabilidade e categorias morfodinâmicas da cobertura vegetal.....	89

Tabela 21: Predominância das classes morfodinâmicas dos elementos de paisagem do município de Cabaceiras-PB.....	92
Tabela 22 - Distribuição em porcentagem da situação da cobertura vegetal.....	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Unidades litoestratigráficas do Terreno Alto Moxotó.....	49
Quadro 2 - Sincronização entre os seixos temáticos do PAN-BRASIL e do PAE-PB..	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA/PB - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

APA - Área de Proteção Ambiental

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DS - Distribuição Sazonal

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO - A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

GPS - *Global* Positioning System/ Sistema de Posicionamento Global

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDW - Inverse distance weighted / Distância Inversa Ponderada

IICA - Interamericano de Cooperação para a Agricultura

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IP - Intensidade Pluviométrica

MDT - Modelo Digital de Terreno

MDT- Modelo Digital de Terreno

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MNT - Modelo Numérico do Terreno

ND - Número Digital

NDVI - Normalized Difference Vegetation Index / Índice de Vegetação da Diferença Normalizada

PAE-PB - Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca no Estado da Paraíba

PAN-BRASIL - Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação

PIT - Pluviosidade Total

SAVI - *Soil Adjusted Vegetation* Index / Índice de Vegetação Ajustado ao Solo

SCIENTEC - Associação para o Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia

SIG - Sistemas de Informação Geográfica

SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

SUDENE - Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

TAM - Terrenos Alto Moxotó

TAP - Terrenos Alto Pajeú

TM - Thematic Mapper

UNCCD - Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação

WGS – *World Geodetic System* / Sistema Geodésico Mundial

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO I	
1 ARCABOUÇO TEÓRICO CONCEITUAL	17
1.1 TEORIA GERAL DOS SISTEMAS E GEOSSISTEMAS	17
1.2 ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM E A TEORIA DA ECODINÂMICA	23
1.3 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	26
CAPÍTULO II	
2 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS METODOLÓGICOS	30
2.1 FASE DE PREPARAÇÃO	30
2.2 FASE DE DIAGNÓSTICO	31
2.2.1 Diagnóstico Geoambiental	31
2.2.2 Diagnóstico Ecodinâmico	39
2.2.3 Mapeamento da situação da Paisagem no período de 1989 a 2005	46
CAPÍTULO III	
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
3.1 DIAGNÓSTICO FÍSICO	48
3.1.1 Características Geológicas	48
3.1.2 Características do Relevo	52
3.1.3 Características Pedológicas	57
3.1.4 Características Pluviométricas	62
3.1.5 Características da Cobertura Vegetal	66
3.2 ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À EROSÃO	78
3.2.1 Vulnerabilidade das Rochas	78
3.2.2 Vulnerabilidade do Relevo	80
3.2.3 Vulnerabilidade dos Solos	83
3.2.4 Vulnerabilidade Pluviométrica	85
3.2.5 Vulnerabilidade da Cobertura Vegetal	89
3.2.6 Integração das Cartas de Estabilidade e Vulnerabilidade dos Componentes Geoambientais	92
3.3 DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL	94
3.3.1 Dinâmica da Cobertura Vegetal entre os Anos de 1989 e 2005	94

CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
REFERÊNCIAS	106

INTRODUÇÃO

A degradação ambiental é entendida na literatura científica como a perda ou redução da qualidade dos recursos bióticos e abióticos provenientes de processos naturais e antropogênicos, os quais associados condicionam os componentes geoambientais a diferentes graus de estabilidade e vulnerabilidade.

As discussões sobre a problemática ambiental em nível mundial têm início a partir da década de 1970, como resultado de um repensar a sociedade, inclusive em sua forma de agir com a Natureza. Nesse contexto, surgem diversos fóruns mundiais onde essas questões foram e continuam a ser exploradas, destacando-se, inicialmente, a Conferência de Estocolmo (1972), entre outras que lhe seguiram.

Em termos mais específicos, no caso das zonas de clima seco, destaca-se a Conferência de Nairóbi (1977), cujas discussões giraram em torno particularmente da questão da desertificação. Essas áreas até hoje chamam atenção da comunidade científica e política em nível mundial, dada a sua importância no que diz respeito a abrangência territorial e número de habitantes, associados a um ambiente biótico e abiótico que, com dinâmica distinta das zonas úmidas, ainda hoje se constitui um desafio no que diz respeito a um processo de ocupação que possibilite uso econômico e conservação dos recursos naturais existentes.

Nesse contexto temos a Região Semiárida no Brasil, em que por séculos de ocupação tem promovido fortes alterações no quadro ambiental, sem que até o momento muitos dos problemas gerados tenham sido parcial e satisfatoriamente solucionados.

Em se tratando da contribuição das ciências a essas questões, a Geografia possui papel de destaque, particularmente com o advento da Teoria Geossistêmica sistematizada por Bertrand (1968), na qual se buscou compreender o potencial ecológico, a exploração biológica e a ação antrópica, com a finalidade de identificar a modificação e artificialização na natureza através das atividades humanas.

No contexto acima, pensando a paisagem como uma unidade Geossistêmica, procurou-se analisar como a dinâmica sociedade/natureza influencia na estabilidade e vulnerabilidade do ambiente, classificando-o em unidades morfodinâmicas denominadas como meios Estável, *Intergrade* e Instável, e como esses meios interferem na produtividade ecológica, biológica, e antropogênica, utilizando como metodologia a Teoria Ecodinâmica formulada por Tricart (1977).

Desta forma, com a integração dessas teorias metodológicas, com o auxílio das geotecnologias e com pesquisa de campo foi possível identificar o grau morfodinâmico do ambiente e sua relação com a degradação, considerando que as atividades produtivas desenvolvidas tenham acelerado esse processo, espacial e temporalmente.

Sendo Assim, é possível ser constatado que a degradação ainda pode ser reversível se forem tomadas medidas, ações e providências, mediante diretrizes e políticas públicas, com foco na recuperação, preservação, conservação, no manejo sustentável dos recursos naturais e na melhoria da qualidade socioeconômica e cultural.

Diante desse contexto, essa dinâmica ambiental se aplica ao município de Cabaceiras – PB, o qual está localizado na Microrregião do Cariri paraibano, Semiárido Nordeste, posicionado entre os paralelos de 7°18'00'' e 7°36'30'' de latitude sul e entre os meridianos de 36°09'00'' e 36°27'00'' de longitude oeste (Figura 1), possuindo uma área territorial de 452,922 Km², população total de 5.035 habitantes e densidade demográfica de 11,12 hab/Km² (IBGE, 2010).

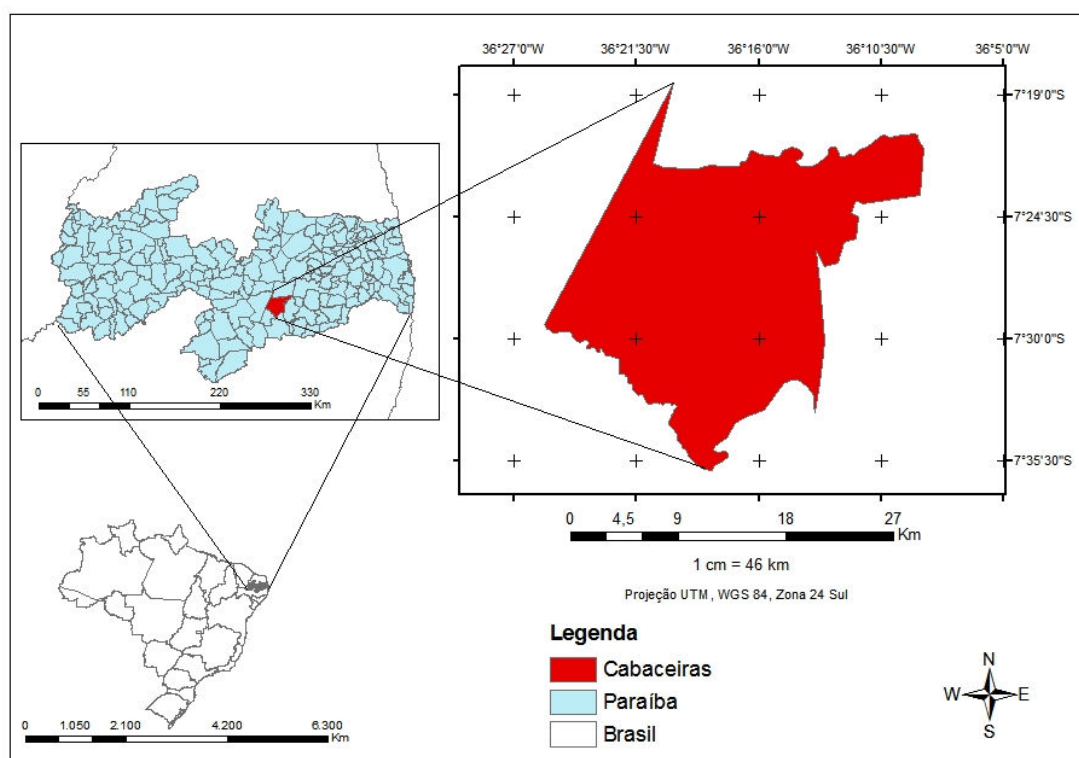


Figura 1 - Localização do município de Cabaceiras – PB.

Cabaceiras possui, de forma geral, características naturais heterogêneas, com temperaturas médias anuais elevadas de 27° a 29°C, solos rasos, vegetação de caatinga e

precipitações irregulares e torrenciais, cujas médias anuais variam entre 400 e 800 mm (AB'SABER, 1980), sendo considerado um dos municípios mais secos do Brasil.

Diante do exposto, teve-se como objetivo geral analisar o nível de degradação ambiental no município de Cabaceiras, e como objetivos específicos, realizar diagnóstico físico-geográfico, analisar a vulnerabilidade das unidades de paisagem associadas às atividades socioeconômicas e analisar a relação do processo histórico de uso e ocupação da terra com a degradação ambiental.

A escolha do município mencionado e da temática abordada no trabalho se deu pelo contexto histórico de uso e ocupação da terra e da intensa degradação dos recursos naturais em função de modelos de desenvolvimento econômicos que não deram certo e que acabaram por promover a acentuação da degradação ambiental, contribuindo também com as desigualdades socioeconômicas.

Sendo assim, viu-se a necessidade de se trazer a temática para o meio acadêmico a fim de se gerar discussões e de estudar meios, através de metodologias científicas e políticas públicas, de conter ou amenizar a degradação ambiental no município de Cabaceiras.

O trabalho está estruturado em três capítulos, de modo que no primeiro capítulo é apresentado o Arcabouço Teórico Conceitual como base norteadora da pesquisa, contemplando a Teoria geral dos Sistemas e geossistema, a Análise Integrada da Paisagem, a Teoria Ecodinâmica e a os conceitos e processos da Degradação Ambiental; no segundo capítulo são apresentados os Procedimentos Técnicos Metodológicos, compreendendo a Fase de Preparação, que consiste no levantamento dos dados e materiais utilizados, e a Fase do Diagnóstico Físico e do Diagnóstico Ecodinâmico, constando as metodologias e procedimentos utilizados e o terceiro e último capítulo contendo os Resultados e Discussões, dividido em três tópicos: o Diagnóstico Físico, o qual apresenta as características físicas intrínsecas da área de estudo, a Análise da Estabilidade e Vulnerabilidade do Meio Físico e o ultimo tópico a Dinâmica da Cobertura Vegetal, compreendendo a mudança da paisagem entre o ano de 1989 e o de 2005 e os possíveis caminhos para a atenuação da degradação.

CAPÍTULO I

1 ARCABOUÇO TEÓRICO CONCEITUAL

1.1 TEORIA GERAL DOS SISTEMAS E GEOSSISTEMAS

A Geografia perpassou por várias correntes geográficas em sua trajetória, sendo a partir da Geografia Teórica e Quantitativa ou Geografia Neopositivista, em meados do século XX, que surge a Teoria Geral dos Sistemas. Essa Nova Geografia é derivada do Positivismo, movimento relacionado com o Empirismo e o Naturalismo, introduzido em meados do século XIX por Auguste Comte (CHRISTOFOLETTI, 1985).

A Geografia Teórica e Quantitativa ou Geografia Neopositivista surge a partir da necessidade de buscar novas metodologias no estudo da Geografia, pois a Geografia Tradicional, empírica e descritiva, não possuía uma base teórico-metodológica para as novas proposições da Geografia Neopositivista, como um maior rigor na aplicação da metodologia científica, desenvolvimento de teorias, uso de técnicas estatísticas e matemáticas, uso de modelos e abordagem sistêmica (CHRISTOFOLETTI, 1985).

Entre as teorias, metodologias e técnicas, destaca-se a Teoria Geral dos Sistemas proposta pelo biólogo Ludwig Von Bertalanffy no início do século XX, permanecendo pouco difundida até meados desse século. Bertalanffy (1973, p.62) definiu sistemas como “um conjunto de elementos em interação”. Em uma breve revisão acerca da Teoria dos Sistemas, Heigh (1985, *apud* CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 46) considera que “sistema é uma totalidade que é criada pela integração de um conjunto estruturado de partes componentes, cujas inter-relações estruturais e funcionais criam uma inteireza que não se encontra implicada por aquelas partes componentes quando desagregadas”, ou seja, só há um sistema quando as partes de um todo estão inter-relacionadas entre si e seus atributos.

A teoria sistêmica foi utilizada como base para vários ramos da ciência, destacando-se a Ecologia e a Geografia (RODRIGUES, 2001). Na Ecologia ela derivou o termo ecossistema, utilizado por muitos estudiosos, sendo com o inglês Tansley, em 1934, que o conceito foi sistematizado (TRICART, 1977). Outro enfoque sistêmico foi empregado por Carl Troll (1938), quando utilizou o termo “Landschaftsokology”

(Ecologia da Paisagem) em 1938, reagrupando “os elementos da paisagem de um ponto de vista ecológico, dividindo-os em ecótopos, unidades comparáveis aos ecossistemas” (SCHIER, 2003, p.84), introduzindo, dessa forma, um novo entendimento sistêmico das unidades geográficas abordada na Nova Geografia.

Na Geografia surge outra derivação da Teoria dos Sistemas, o Geossistema, lançado no início da década de 1960 pelo Instituto Geográfico da Sibéria, liderado pelo geógrafo soviético Viktor Borisovich Sotchava, o qual foi bastante criticado por não apresentar de maneira clara e precisa os critérios para classificação e subdivisão do geossistema, sendo considerado como um conceito teórico de difícil aplicação prática (ALMEIDA, 2012).

Em 1968, Paul Georges Bertrand publicou o artigo “Paisagem e Geografia Física Global: Esboço metodológico”, otimizando o conceito de Geossistema. Neste trabalho foi estabelecida uma tipologia em que a paisagem é analisada segundo uma visão sistêmica e integrada, englobando elementos físicos, biológicos e antrópicos. Bertrand deu uma nova roupagem à Teoria Geossistêmica, dando-lhe consistência teórico-metodológica aplicável nos estudos da análise integrada da paisagem, organizando-a em um sistema taxonômico que permite classificar a paisagem em função da escala, situando as Unidades de Paisagens no tempo e no espaço (ALMEIDA, 2012).

É importante frisar que apesar da Teoria Geossistêmica ter sido criticada inicialmente com Sotchava em 1960, por não possuir uma metodologia consistente e aplicável na prática, ela passou por adaptações que a tornaram sistemática e, portanto, aplicável cientificamente às pesquisas. Neste sentido, podemos tomar como exemplo pesquisadores de destaque como Bertrand, o qual contribuiu com a utilização da escala para classificar a paisagem em níveis taxonômicos diferentes.

Para Bertrand (1972), a escala de classificação da paisagem é dividida em seis níveis taxonômicos categorizados em unidades superiores e inferiores. Nas unidades superiores estão os elementos climáticos e estruturais: Zona (caracterizado pelo clima e biomas, estando na primeira grandeza escalar); Domínio (combinação de relevos montanhosos e climas oceânicos, estando na segunda grandeza escalar) e Região Natural (situada entre a terceira e quarta grandeza é constituída pela junção dos elementos da natureza, relevo, clima, vegetação, geologia, e outros constituintes naturais). Nas unidades inferiores têm-se o Geossistema (constituído pelos complexos geográficos e sua dinâmica, situado entre a quarta e a quinta grandeza); o Geofácies (aspectos fisionômicos homogeneizados em setores espaciais geográficos, situado na

sexta grandeza escalar) e o Geótopo (situado no último nível da escala espacial, homogeneizado pontualmente ou localmente, situado na sétima grandeza escalar têmporo-espacial).

Cada unidade de paisagem deverá ser representada em uma escala cartográfica que possa representar o real com nível máximo de detalhamento correspondente a cada escala. Dessa forma, na unidade geossistêmica, a escala para se trabalhar satisfatoriamente está entre 1/100000 e 1/200000 (BERTRAND & BERTRAND, 2007).

Nesse nível de escala, percebe-se que na paisagem não existe uma homogeneidade fisionômica, pois ela é formada por diferentes fisionomias que representam os diversos estágios da evolução do geossistema. Dessa forma, o geossistema constitui-se de uma unidade de paisagem em que há uma interação entre o potencial ecológico (geomorfologia+clima+hidrologia), a exploração biológica (vegetação+solo+fauna) e a ação antrópica, podendo-se entender como se dá a modificação e artificialização dos elementos bióticos e abióticos através da ação humana (Figura 2).

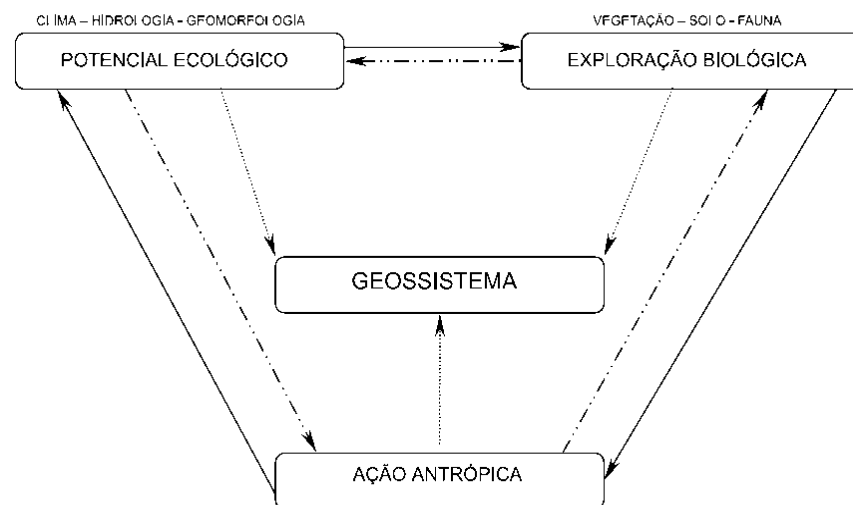


Figura 2 – Esboço de uma definição teórica de geossistema.

Fonte: Bertrand (2007, p.18)

Quando há um equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica, diz-se que o geossistema está em estado de clímax. No entanto, esse é um estado bastante difícil de se chegar e de manter-se estável pela própria dinâmica do potencial ecológico e da ocupação biológica, os quais variam no tempo e no espaço (BERTRAND, 1972).

Dessa forma, a paisagem é uma unidade global dinâmica, que pode ser classificada em unidades hierarquizadas (táxons) em função da escala têmporo-espacial. Com base nesses preceitos, o geossistema foi classificado em tipologias dinâmicas em função de sua evolução, levando em consideração o sistema de evolução, o estágio atingido em relação ao clímax e o sentido geral da dinâmica (progressiva, regressiva, estabilidade). Essa tipologia é inspirada na teoria de bioresistasia de H. Erhart. A subdivisão do geossistema, seguindo essa tipologia, possibilita uma correlação entre o potencial de uso e a interferência humana no ambiente em relação aos elementos da paisagem, classificando-as de acordo com a biostasia e a resistasia (BERTRAND & BERTRAND, 2007; p. 24).

No geossistema em biostasia predominam os agentes e processos bioquímicos-pedogênese-formação do solo, concorrência entre espécies vegetais etc. Possui atividade geomorfogenética fraca ou nula e o potencial ecológico é mais ou menos estável. A intervenção humana pode provocar uma dinâmica regressiva, mas nunca compromete gravemente o equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica (BERTRAND, 1972). Dessa forma o geossistema em biostasia, na concepção de Bertrand & Bertrand (2007), divide-se em:

- geossistemas climáticos, correspondendo à paisagem em que o clímax é mais ou menos bem conservado;
- geossistemas paraclimáticos, os quais aparecem no decorrer de uma evolução regressiva, ocorrendo uma paralização relativamente longa dessa evolução ligada a uma modificação parcial do potencial ecológico ou da exploração biológica. Geralmente essa paralização ou bloqueio tem origem ligada às atividades humanas;
- geossistemas degradados com dinâmica progressiva, em que a paisagem sofre uma tensão continuada provocada pela ação humana, embora em um determinado momento ocorra um retorno espontâneo ao estado de clímax, ainda que não mais em sua forma pioneira ou nativa;
- geossistemas degradados com dinâmica regressiva sem modificação importante do potencial ecológico. Do ponto de vista da exploração biológica, representa uma paisagem em que a vegetação sofreu uma grande modificação ou destruição.

No geossistema em resistasia predomina a geomorfogênese, no qual os processos morfogenéticos (erosão, escoamento superficial, transporte e acumulação de detritos), responsáveis pela formação e esculturação do relevo, atuam de forma agressiva sobre a pedogênese e a colonização vegetal. Essa dinâmica da paisagem pode ser distinguida em dois níveis de intensidade (BERTRAND & BERTRAND, 2007):

- na resistasia verdadeira, há uma crise geomorfoclimática modificadora do relevo, em que a destruição da vegetação nativa e do solo pioneiro pode ser total, acelerada pela ação antrópica, sendo gerado um geossistema totalmente novo;
- na resistasia limitada à cobertura viva da vertente, há uma erosão da parte superficial das vertentes (vegetação, húmus, solos, mantos superficiais, lençóis freáticos epidérmicos), também chamada de erosão epidérmica, correspondendo a erosão natural.

Analisando o geossistema em biostasia e resistasia é possível verificar que há uma relação próxima entre esses e os meios morfodinâmicos, em que os geossistemas em biostasia estão diretamente ligados aos meios estáveis e intermediários e os geossistemas em resistasia correspondem ao meio instável da ecodinâmica.

Vale salientar que em toda tipologia do geossistema deve-se levar em consideração a importância do tempo e do espaço, para analisar a época de um determinado evento ou acontecimento passado na escala geológica e geomorfológica da Terra, reconstruindo a cadeia histórica dos geossistemas, levando em conta as fases do equilíbrio biológico e as fases da atividade geomorfológica. Em relação ao espaço, o estudo da distribuição espacial dos geossistemas dá suporte às pesquisas cartográficas de áreas ou regiões em equilíbrio biológico ou em atividade geomorfológica (BERTRAND & BERTRAND, 2007).

Drew (1998) exemplifica bem essa subdivisão dos geossistemas, no que ele chama de Estabilidade dos Ambientes Naturais, dividido em Estado de Equilíbrio Dinâmico, Estado Intermediário, Limiar e a Realimentação (feedback) Positiva ou Negativa (Figura 3).

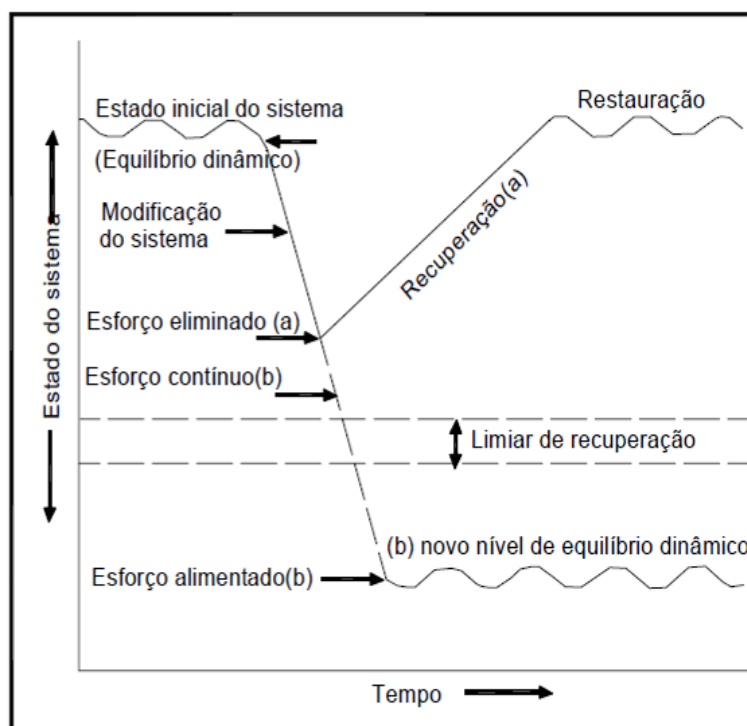


Figura 3 – Estabilidade dos Ambientes Naturais. Reação de um sistema ambiental perante um esforço ou tensão que lhe é imposto: (a) com a cessação do esforço antes do nível do limiar há condições para sua recuperação e restauração; (b) com a continuação do esforço, até que o sistema ultrapasse o nível do limiar, não há mais condições para se voltar ao estado original. Quando há a eliminação do esforço, a estabilização ocorre em um novo nível de equilíbrio. Fonte: Drew (1998).

Drew (1998) chama de Estado Inicial do Sistema o ambiente virgem, não alterado, em equilíbrio dinâmico. O Sistema em Modificação é o sistema intermediário, o qual está passando por um estado de tensão que vai do inicial (vegetação esparsa, pobre, solo compactado, menos infiltração, plantas rentes ao chão) ao estado “intermediário” continuado (cobertura parcial da vegetação, menos solo fértil, mais compactação, erosão do solo superficial). Nesses dois níveis o sistema pode sofrer recuperação e restauração. No Estado Limiar de Recuperação também há um esforço continuado, no entanto se essa tensão for eliminada, o sistema sofre resiliência, passando pela realimentação negativa (reduz-se o efeito da mudança), voltando ao estado de equilíbrio dinâmico. O Estado Final é aquele em que a tensão ultrapassa a zona de Limiar (rio efêmero, sem solo superficial e com vegetação sazonal e parcial), quando o sistema procura um novo nível de equilíbrio dinâmico, passando pela Realimentação Positiva (reforço da direção de mudança original), quando o ambiente não mais voltará ao estado original.

Diante do exposto, de acordo com Bertrand (2007) e Drew (1998), percebe-se que o geossistema através de suas classificações e tipologias, forneceu importante

suporte para a sistematização na Geografia Física nos estudos ligados à análise integrada da paisagem e nos estudos da ecodinâmica, desenvolvido posteriormente por Jean Tricart, como veremos adiante.

1.2 ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM E A TEORIA DA ECODINÂMICA

O conceito de paisagem passou por muitas definições de acordo a evolução do pensamento geográfico, sendo uma das categorias da Geografia mais discutida por essa Ciência.

A partir da Teoria Geossistêmica e de seu aprimoramento por Bertrand (1972), a Geografia tem procurado estudar a paisagem de forma holística, dentro do contexto das relações entre sociedade e natureza. Sendo assim, Bertrand & Bertrand (2007, p. 7-8) definem paisagem da seguinte forma:

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.

Analisando a paisagem em uma dimensão cultural, Bertrand & Bertrand (2007, p. 251) dizem que esta é “uma criação humana, a marca de uma sociedade sobre um território. [...] que ela nem é natural nem artificial, mas híbrida”. Desta forma, para os autores, “a paisagem é o reflexo e a marca impressa da sociedade dos homens na natureza. Ela faz parte de nós mesmos. Como um espelho, ela nos reflete, ao mesmo tempo, ferramenta e cenário” (BERTRAND & BERTRAND, p. 263).

Considerando a paisagem a partir da relação sociedade e natureza, Bolós (1981, *apud* GUERRA & MARÇAL, 2006, p. 97) afirma que: “A dinâmica e evolução da paisagem são determinadas por processos políticos, econômicos e culturais”. Ou seja, a partir do momento que a sociedade transforma o meio no tempo e no espaço, através dos processos políticos, econômicos e culturais que são inerentes à sociedade, ela estará dinamizando ou transformando a paisagem.

Analisar a paisagem de forma integrada é vê-la como um sistema em que todas as unidades componentes da superfície terrestre e as atividades exercidas pela sociedade são analisadas como um conjunto, e que suas partes integrantes se inter-relacionam.

Bertrand & Bertrand (2007, p. 224) ao discutirem a paisagem sob essa perspectiva, dizem o seguinte:

A mais simples e banal das paisagens é ao mesmo tempo social e natural, subjetiva e objetiva, espacial e temporal, produção material e cultural, real e simbólica etc. A enumeração e a análise separada dos elementos constitutivos e as diferentes características espaciais, psicológicas, econômicas, ecológicas etc. não permitem dominar o conjunto. A complexidade da paisagem é ao mesmo tempo morfológica (forma), constitucional (estrutura), e funcional, e não devemos tentar reduzi-la dividindo-a. (...) Ela é uma interpretação social e da natureza.

Além da teoria geossistêmica, outra base teórico-metodológica que se propõe a dar sustentação a análise integrada da paisagem é a Teoria da Ecodinâmica, proposta por Jean Tricart (1977). Essa teoria busca classificar os meios em unidades morfodinâmicas, considerando diversos aspectos bióticos (solo e vegetação), abióticos (geologia, geomorfologia e hidroclimatologia) e socioeconômicos.

De acordo com Tricart, as unidades ecodinâmicas “se caracterizam por certa dinâmica do meio ambiente que têm repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses” (TRICART, 1977, p.32). Integrado ao conceito de ecossistema, as unidades ecodinâmicas baseiam-se na integração mútua dos componentes ligados por fluxos de energia e matéria presentes no meio ambiente (TRICART, 1977, p.32).

A Teoria da Ecodinâmica considera como indicador de estabilidade do sistema a ação dos processos morfogenéticos e pedogenéticos na esculturação do relevo. De acordo com as relações de pedogênese/morfogênese, essa teoria classifica a paisagem em diferentes categorias morfodinâmicas: meios estáveis, meios instáveis e meios intermediários (Intergrades), como segue:

- São considerados meios estáveis “os processos mecânicos que atuam pouco e sempre de modo lento. (...) Sendo a vegetação capaz de fornecer detritos tem lugar a pedogênese”, prevalecendo os processos formadores do solo (TRICART, 1977, p. 35; 37);
- No caso dos intermediários (Intergrades), considera-se que “É a passagem gradual entre os meios estáveis e os meios instáveis; quando há uma interferência permanente de pedogênese e morfogênese, exercendo-se de maneira concorrente sobre um mesmo espaço” (TRICART, 1977, p.47).
- Nos meios instáveis “a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural, e o fator predominante do sistema natural, ao qual outros elementos estão subordinados” (TRICART, 1977, p. 51);

Cada categoria morfodinâmica (meios estáveis, meios intermediários e meios instáveis) é subdividida em diferentes graus de estabilidade. Essa condição de estabilidade é quem determina o tempo em que a pedogênese e a morfogênese serão exercidas, e qual a predominância. É através do tempo que se verifica o grau de evolução do solo e suas características morfológicas, podendo-se distinguir se os meios estáveis, intermediários e instáveis estão assim a muito tempo ou se tornaram estáveis, intermediários e instáveis há pouco tempo (TRICART, 1977).

É importante frisar que a cobertura vegetal é de suma importância no princípio da conservação para as diversas variedades dos meios estáveis e intermediários, visto que a estabilidade está em manter a cobertura vegetal. No entanto, nos meios instáveis a cobertura vegetal também tem sua importância, visto que há uma influência indireta no clima. Com o efeito dessa influência, a vegetação não se adapta bem às irregularidades climáticas e as influências da bioestasia são reduzidas ao mínimo. Um bom exemplo disso é a região semiárida do Nordeste brasileiro, a qual possui irregularidades sazonais na distribuição das precipitações, influenciando diretamente na vegetação (TRICART, 1977).

Para avaliar a estabilidade dos meios morfodinâmicos, é preciso avaliar não só a vulnerabilidade da vegetação, mas considerando a relação entre os processos de morfogênese e pedogênese, a partir da análise integrada da geologia, da geomorfologia, do solo e da vegetação, assim como informações complementares dos efeitos do clima e do uso da terra (BECKER & EGLER, 1996).

Uma síntese das principais características das categorias morfodinâmicas propostas por Tricart (1977) é apresentada por Almeida (2012): Meios Estáveis - cobertura vegetal densa, dissecação do relevo moderada e ausência de manifestações vulcânicas; Meios Intergrades - balanço entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas; Meios Fortemente Instáveis - condições bioclimáticas agressivas, com 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 à inundações e geodinâmica interna intensa.

No que diz respeito a contribuição do estudo da ecodinâmica e da análise integrada da paisagem em uma região com fragilidades socioeconômicas, a exemplo da região semiárida da Paraíba, essa está em avaliar a vulnerabilidade do ambiente, considerando que a região possui características físicas que potencializam os efeitos da degradação ambiental gerada pela ação humana. Nesse contexto, as várias atividades

antropogênicas existentes na região influenciam diretamente no grau de vulnerabilidade e na fragilidade do meio.

1.3 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

A questão da degradação deixou de ser um problema estritamente ambiental para ser um problema ambiental, pois além dos fatores atribuídos aos aspectos físicos e biológicos, também envolve questões políticas, sociais, culturais e econômicas que acabam por influenciar direta e indiretamente na qualidade ambiental e social.

No contexto acima descrito e no que se refere às regiões de clima seco no mundo, a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, realizada em 1972 na cidade de Estocolmo, iniciou oficialmente uma discussão mundial acerca dessa problemática, com base na questão da desertificação. Seguindo essa perspectiva, a Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação reconheceu a desertificação como um tipo de degradação desencadeadora de severos custos para a sociedade (NASCIMENTO et al., 2007). Na década de 1970 essa expressão passa a ser considerada como um conjunto de processos que dão origem a áreas degradadas nas regiões de clima seco. Na década de 1990, com a Convenção das Nações Unidas de Combate a Desertificação (1995, p.7) esse conjunto de processos foi definido como sendo “[...] a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas”.

Sendo assim, concebendo a desertificação como a degradação da terra nas zonas de clima seco, a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD) (1995, p.14) entende a degradação como:

[...] redução ou perda, nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, da produtividade biológica ou econômica e da complexidade das terras agrícolas de sequeiro, das terras agrícolas de regadio, das pastagens naturais, das pastagens semeadas, das florestas ou das árvores com arvoredos dispersos, devido aos sistemas de utilização das terras ou a um processo ou combinação de processos incluindo os que resultam da actividade do homem e de suas formas de ocupação do território, tais como: (i) A erosão do solo causada pelo vento/ e ou pela água; (ii) A deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas ou econômicas do solo e, (iii) A destruição da vegetação por períodos prolongados”.

De acordo com Nascimento et al. (2007) existem vários fatores sociais que podem ocasionar a degradação de um ambiente. Para estes autores, dependendo da

intensidade e frequência desses fatores, pode ser desencadeada a desertificação. Entre esses fatores sociais estão:

O sistema de propriedade da terra; racionalidade dos agentes e atores sociais envolvidos; a intensa pressão humana sobre os sistemas naturais; tecnologia inadequada prevalecente; carência de infraestrutura ambiental e social; insuficiente integração regional (NASCIMENTO et al., 2007; p. 82).

Várias são as formas de degradação, sendo que esta não atinge apenas um elemento da paisagem (geologia, geomorfologia, solos, vegetação, hidrografia, fauna), pois todos esses elementos estão interconectados uns com os outros, formando um único sistema aberto, ligado por fluxos de energia e matéria presentes no meio ambiente.

A degradação ocorre devido a uma combinação de processos naturais agindo sobre a terra, como o ressecamento do clima atmosférico, processos naturais de erosão, entre outros, e processos antrópicos de ação direta ou indireta sobre o terreno. A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) define a degradação da terra como sendo “a deterioração ou perda total da capacidade dos solos para o uso presente e futuro” (FAO, 1980 *apud* ARAUJO et al., 2010). Neste sentido, Araújo et al. (2010) consideram que terra é:

uma área delimitada da superfície da Terra, cujas características incluem todos os atributos da biosfera, verticalmente acima ou abaixo dessa superfície, incluindo aquelas da atmosfera mais baixa (bacia aérea), o solo e a geologia, a hidrologia (inclusive lagos, rios, pântanos e mangues), a população vegetal e animal, o modelo de assentamento humano e os resultados físicos da atividade humana do passado e do presente (terraceamento, armazenamento de água ou estruturas de drenagem, estradas etc.) (ARAUJO et al., 2010, p. 17).

Cada elemento da paisagem tem um grau diferente de resiliência. No caso dos solos, a degradação se destaca por ser um processo dificilmente reversível, caso a pressão exercida sobre o meio não seja cessada ou diminuída, e por sua recuperação ou regeneração ser bastante lenta. Além da erosão, as terras cultiváveis podem sofrer vários outros tipos de degradação, como a degradação física (compactação do solo) e química (fertilizantes, pesticidas) decorrentes de práticas agrícolas, que podem diminuir ou anular as propriedades benéficas do solo, tornando-o improdutivo. Quanto às aspectos hídricos, se mal geridos, podem causar o encharcamento ou a salinização do solo, ameaçando a capacidade produtiva biológica e econômica do mesmo (ARAUJO et al.,

2010). Tanto a degradação do solo quanto a dos recursos hídricos irão causar degradação à vegetação, que poderá causar mudança, a longo prazo, no clima, como também poderá causar a diminuição da fauna local. E assim, todos os elementos da paisagem poderão sofrer diferentes graus de degradação, de uma ou mais ação no meio ambiente.

Pensando em ter, na maioria das vezes, um aproveitamento econômico a curto prazo, os atores humanos buscam através dos meios tecnológicos transformar a terra em espaços produtivos economicamente, sem levar em conta o potencial e as limitações de uso de uma determinada área ou região. Sendo assim, de acordo com o uso e ocupação da terra, a intensidade da perda de solo por erosão irá variar, conforme pode ser observado na Figura 4, a seguir, baseado em Mafra (1999).

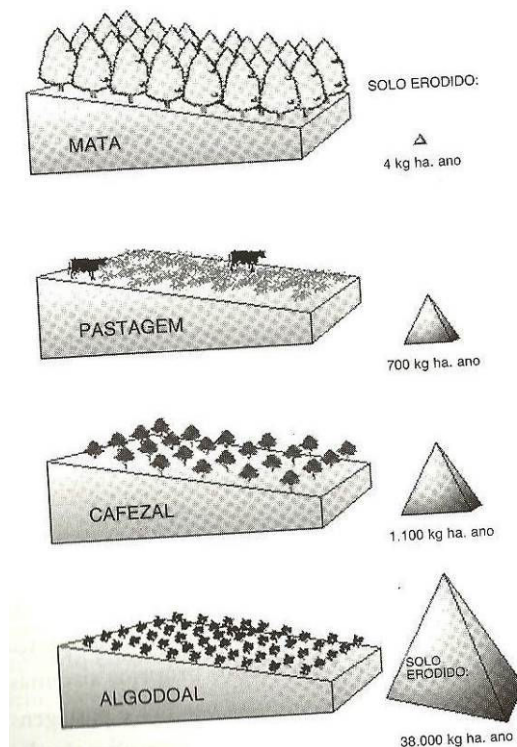


Figura 4 - Perda do solo em diferentes condições de usos.
Fonte: Lepsch (1977 *apud* MAFRA, 1999).

Analisando a Figura 4, uma área com mata tem perda de solo de 4kg/ha ao ano e uma área com pastagem tem perda de solo de 700 kg/ha ao ano. Para esse tipo de uso, a perda de solo irá variar dependendo do tipo de pecuária que se tenha, fazendo pressão sobre a terra. Uma área com cafezal terá uma erodibilidade de 1.100 kg/há ao ano e no uma área com cultura de algodão a perda de solo de aproximadamente 38.000 kg/ha ao ano e Observa-se que o uso pela agricultura provoca uma maior perda de solo, o que

ocorre em função da pressão da produção, e do incremento de fertilizantes, pesticidas e da mecanização, descaracterizando ambientes e modificando a paisagem para outro nível, forçando o ambiente a buscar outro equilíbrio dinâmico (MAFRA, 1999).

Nessa perspectiva, de acordo com Casanellas et al. (1994, *apud* MAFRA, 1999, p. 308):

a “readaptação” do solo às novas condições pode ser pouco favorável à manutenção da estrutura do epípedon¹ (o que pode acarretar uma maior vulnerabilidade à erosão) e pode implicar em uma menor disponibilidade de água para o vegetal.

De acordo com o tipo de uso da terra e a atividade humana exercida, principalmente ligada à produção a curto prazo e em larga escala, a degradação é progressiva e atinge o ambiente como um todo como pode ser observado através da figura 5.

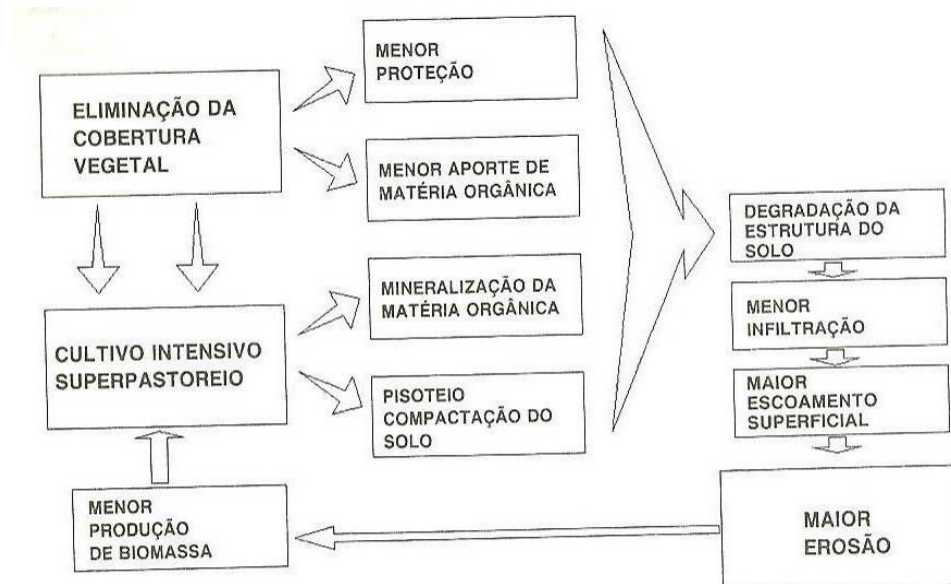


Figura 5 – Atividades humanas e implicações no processo de degradação das terras.
Fonte: Casanellas et. al (1994 *apud* MAFRA, 1999).

Diante do exposto, a conservação e uso da terra de forma sustentável é a melhor alternativa para minimizar os impactos da degradação sobre o ambiente natural. Neste sentido, as atividades socioeconômicas devem ser exercidas considerando as potencialidades e fragilidades geoambientais, buscando o equilíbrio geossistêmico entre sociedade e natureza.

¹ Horizonte superficial.

CAPÍTULO II

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo consiste em informar, mostrar e detalhar todos os passos que foram trilhados para a construção deste trabalho, informando quais os dados primários e secundários utilizados, suas procedências, e os materiais utilizados.

2.1 FASE DE PREPARAÇÃO

Inicialmente, buscou-se fazer um levantamento teórico-conceitual, metodológico, bibliográfico e referencial, para dar embasamento consistente e direcionamento para a sistematização da pesquisa em questão. Foi feito levantamento de dados e informações da área de estudo (artigos publicados, relatórios técnicos, bases cartográficas, imagens de sensores remotos, fotografias) para dar suporte às análises realizadas no diagnóstico físico-geográfico.

Para a construção da base cartográfica dos componentes geoambientais foram utilizadas imagens de radar, cena 07S375 na escala de 1:250.000, produzida pela Missão Topográfica de Radar Transportado (*Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM) capturadas em fevereiro de 2000, uma com resolução espacial de 90m disponibilizada no site Geoportal da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA/PB) e outra imagem de resolução espacial de 90 metros com correção para 30 metros, disponibilizada para download no site do Banco de dados Geomorfológico do Brasil (TOPODATA) da Divisão de Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A partir dessas imagens foram gerados dados de altimetria, declividade, modelo numérico do terreno (MNT), relevo sombreado e hidrografia.

Também foram utilizadas imagens do sensor TM/Landsat-5 datadas de 02/08/1989 e 29/07/2005, com resolução de 30x30 metros, disponibilizadas pelo INPE em 2013.

Essas imagens serviram de base para o cálculo do Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (*Soil Adjusted Vegetation Index* - SAVI). Para o processamento das imagens SRTM e TM/Landsat-5 e tratamento dos dados foram utilizados os *softwares* ArcGis 9.3 e ERDAS 9.2.

O sistema geodésico de referência usado para o georreferenciamento dessas imagens foi o Sistema Geodésico de Referência (WGS84), por ser, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o sistema compatível com o nível de poucos centímetros do atual sistema utilizado no Brasil, o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000). A opção por este sistema, WGS84, e não pelo SIRGAS2000, foi por esse não estar disponível em alguns *softwares* e GPS- (*Global Positioning System*).

2.2 FASE DE DIAGNÓSTICO

Esta fase consiste na análise das variáveis físicas que influenciam na configuração da paisagem e nos processos de degradação da terra no município de Cabaceiras.

2.2.1 Diagnóstico Geoambiental

No diagnóstico geoambiental são apresentados os procedimentos metodológicos de tratamento dos dados em informações geográficas a partir de análises espaciais utilizando *softwares* específicos de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Os resultados obtidos a partir desses processamentos são analisados separadamente em cada componente geoambiental (geologia, geomorfologia, solo, clima/hidrografia e cobertura vegetal) e posteriormente os resultados cartográficos obtidos de cada componente geoambiental foram correlacionados com a tabela de vulnerabilidade ecodinâmica, gerando novas bases cartográficas de vulnerabilidade que foram integradas numa única carta de vulnerabilidade geoambiental.

a) Geologia

O mapa geológico do município de Cabaceiras foi compilado do mapa de Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba, com escala de 1:500.000, produzido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM\Recife) (SANTOS et al, 2002; WANDERLEY, et al, 2002). Neste mapa, apresentam-se as subdivisões tectono-estratigráficas e litológicas do município de Cabaceiras.

b) Relevo

Para o mapeamento das morfoesculturas foram utilizadas as imagens SRTM com resolução de 30 metros. Foi utilizado o software *Arcgis* 9.3 para a geração automática das curvas de nível com equidistâncias de 5, 10, e 20 metros para avaliar a mais adequada, sendo utilizada a equidistância de 10m por representar melhor as feições do relevo do Município.

A partir das curvas de nível, foi gerado o Modelo Digital de Terreno (MDT). Este modelo é definido por Felgueiras (1998, p. 01) como sendo “uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre”. O MDT foi utilizado como base para a geração dos mapas, hipsométrico, de declividade e de relevo.

Com base nas curvas de nível, foi gerado um perfil topográfico de um transecto, de um ponto A a um ponto B, mostrando as variações altimétricas. Nesse perfil é possível identificar os compartimentos geomorfológicos do relevo.

O mapa hipsométrico foi gerado utilizando o método de intervalos iguais (*equal interval*), dividido em 9 classes altimétricas com cotas que variam entre a mínima de 360m e a máxima de 700m de altitude. O mapa hipsométrico representa a elevação de um terreno através de cores, as quais possuem uma equivalência com a elevação do terreno. Geralmente utiliza-se um sistema de graduação em que as cores frias representam uma baixa altitude, enquanto as cores quentes representam uma alta altitude do relevo.

O mapa de declividade foi elaborado seguindo a metodologia de Crepani (2001), estabelecendo 5 classes de declividade com unidade de medida dada em porcentagem, com intervalos que variam entre <2 e >50 de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Classes de declividade em porcentagem.

Classes Morfométricas	Declividade (%)
Muito Baixa	<2
Baixa	2 – 6
Média	6 – 20
Alta	20 – 50
Muito Alta	>50

Fonte: Crepani (2001)

Para a obtenção do mapa de relevo, foram cruzadas informações de hipsometria e declividade com o relevo sombreado para identificar mudanças de sombra, rugosidade

e topografia nas formas do relevo. Mediante essas associações, foram atribuídas nomenclaturas aos compartimentos de relevo identificados e classificados em 4 classes.

c) Pluviosidade

As condições pluviométricas do Município foram analisadas com base em uma série de dados de chuvas mensais e anuais, de 1960 a 1990 (Tabela 2). Essa série representa médias mensais e anuais de dados pluviométricos de trinta anos, sob responsabilidade da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE (Dados Pluviométricos do Nordeste - Série Pluviometria 5, Recife, 1990) e foram obtidos através de publicação no *site* da AESA/PB. A não utilização de dados mais recentes foi devido a não disponibilidade de dados no período de 1991 a 1993 e pelo fato dos dados dos anos de 1994 a 2013 não comporem uma série de 30 anos. Dessa forma, ficou impossibilitada a junção dos dados dos referidos anos para uma série maior e mais recente.

Tabela 2– Relação dos postos pluviométricos e série climatológica mensal e anual, duração do período chuvoso e intensidade pluviométrica usados para caracterização climática do município de Cabaceiras no período de 1960 a 1990.

POSTO	X	Y	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL	DURAÇÃO	IP
B. de S. Miguel	-36,318	-7,752	32,4	68,3	92,8	98	46,1	44,2	32,4	14,8	10,4	8,6	1,3	12	461,3	3	153,8
Boa Vista	-36,238	-7,258	26	35,2	82,3	69,4	58,7	53	45,9	19,2	5,5	6,6	4,3	9,4	415,5	2	207,8
Boqueirão	-36,136	-7,491	31	55,4	82,3	106,8	54,1	59,9	55,6	21,5	13,1	6	6,5	16,6	508,8	3	169,6
Cabaceiras	-36,287	-7,492	15,6	35,1	46,8	61,2	38,8	36,6	33,8	11,3	3	3	3	6,7	294,9	1	294,9
Gurjão	-36,489	-7,248	25,1	66,8	97,6	137,8	46	35,7	34	9,4	3,3	5,9	5,4	10,2	477,2	3	159,1
R. de S. Antônio	-36,156	-7,694	33,8	54,7	76,1	114,2	40,7	45,4	34,6	14,9	8	3,7	4	19,9	450	2	225
S. J. do Cariri	-36,529	-7,383	25,8	54	90,4	81,2	48,1	31	22,8	6,2	1,8	5,3	6,2	12	384,8	2	192,4

Fonte: AESA-PB (2013).

O regime pluviométrico do Município foi caracterizado de acordo com o método das estações pluviométricas ou de “Chuvas” desenvolvido por Aubreville (1961 *apud* ALVES & NASCIMENTO, 2010):

De acordo com esse método, um mês é considerado chuvoso quando recebe de 59,0 mm a 60,0 mm de chuvas. Um mês é eco-Seco, isto é, realmente seco do ponto de vista ecológico, quando apresenta menos de 40,0 mm. Dentro da estação seca pode ocorrer um ou mais meses áridos, quando as precipitações situam-se abaixo de 3,0 mm (ALVES & NASCIMENTO, 2010, p.143).

As médias mensais de precipitação dos postos pluviométricos utilizados para caracterizar o regime pluviométrico mensal anual de Cabaceiras variam de 3,0 a 137,8 mm. Assim, tomando como princípio a classificação de Aubreville (1961 *apud* ALVES

& NASCIMENTO, 2010), foi adotada a classificação apresentada na Tabela 3 para classificar os meses de chuva, intermediário, semiárido e árido.

Tabela 3 - Identificação dos meses eco-secos a partir do regime pluviométrico.

Média da precipitação mensal (mm)	Classificação do regime pluviométrico
P > 59	Chuvoso
40,0 – 59,0	Intermediário
3,0 – 40,0	Semiárido ou eco-seco
P < 3,0	Árido

P = Precipitação

Fonte: Adaptado de Aubreville (1961 *apud* ALVES e NASCIMENTO, 2010).

A análise pluviométrica foi realizada com base na variabilidade espacial e temporal, pois seu conhecimento se torna imprescindível para identificação das estações de seca e de chuva.

Para obter a distribuição espacial de chuva foram interpoladas as médias anuais do município de Cabaceiras e dos municípios circunvizinhos (Figura 6). Entre os municípios circunvizinhos a Cabaceiras, o município de São Domingos do Cariri não foi incluso, pois na época ainda não existia como município, sendo emancipado apenas em 1994.

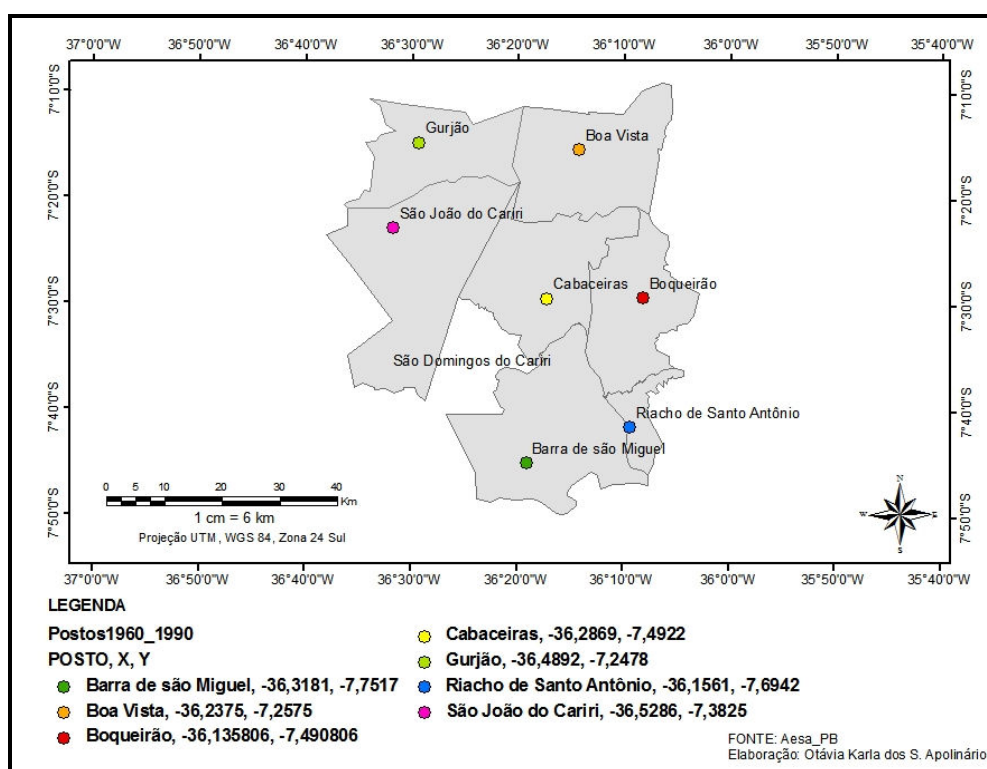


Figura 6 – Relação dos postos pluviométricos e coordenadas geográficas usados para caracterização climática do município de Cabaceiras no período de 1960 a 1990.

A interpolação dos dados de chuva foi executada no software *ArcGis* através do método de interpolação *Inverse distance weighted - IDW* (Distância Inversa Ponderada). Foram interpoladas as médias anuais, dados do período chuvoso e a intensidade pluviométrica dos postos analisados.

De posse das médias anuais e do período chuvoso, que são os meses com precipitação maior que 59 mm, foi calculada a intensidade pluviométrica do município de Cabaceiras, através da equação:

$$IP = \frac{\text{Média Anual}}{\text{Período Chuvoso}}$$

d) Pedologia

A pedologia foi analisada com base no mapa de solos do estado da Paraíba (PARAÍBA, 1997) disponibilizado na escala de 1:200.000, descrita de acordo com a classificação taxonômica do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (BRASIL, 1972). As nomenclaturas foram adaptadas para a atual classificação desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2009).

O mapa pedológico do município de Cabaceiras, foi compilado do mapa pedológico do Estado da Paraíba. Foi inserido no *software ArcGis 9.3* um arquivo no formato *shapefile* da delimitação do município sobre o mapa pedológico do Estado da Paraíba, que foi recortado utilizando como base a delimitação do município. Os dados em *shapefile* foram adquiridos através do *site* Geoportal da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA/PB).

e) Cobertura Vegetal

Para a confecção do mapa de cobertura vegetal, foi realizada pesquisa de campo para validação das análises realizadas através das imagens da satélite. As imagens utilizadas na análise da cobertura vegetal foram as do sensor TM/Landsat-5 TM, de 02/08/1989 e 29/07/2005, tendo o objetivo de identificar os tipos de cobertura vegetal existentes na área de estudo, fazer uma análise temporal da dinâmica da cobertura vegetal e identificar o índice de vegetação através do *Soil Adjusted Vegetation Index – SAVI* (Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo).

Para o mapeamento do uso e cobertura da terra do município, utilizou-se como base a metodologia desenvolvida por Souza (2008), a qual se fundamenta na análise de

imagens do período de Julho e Agosto, por ser o período de transição entre a estação chuvosa e a seca, no qual é possível uma melhor identificação das áreas degradadas.

A escolha dos anos das imagens (1989 e 2005) ocorreu em função da disponibilidade de acesso grátis no site do INPE e por possuírem pouca cobertura de nuvens, propiciando resultados mais precisos.

Para o pré-processamento das imagens foi utilizado o software *Erdas*. De início, realizou-se o empilhamento de todas as bandas na composição RGB 234 de modo que se obtivesse a imagem na cor verdadeira e em seguida fez-se a correção geométrica com base numa imagem ortorretificada referente à área de estudo, a qual foi adquirida no site da *Global Land Cover* (2010), datada de 12/11/2000. Posteriormente foi realizado o recorte da imagem a partir dos limites do município.

Com a ferramenta *Model Maker* do *Erdas* foram executados os cálculos de radiância, reflectância e do Índice de Vegetação SAVI.

Posteriormente foi realizada a calibração radiométrica, que consiste no processo de conversão do número digital (ND) de cada pixel da imagem em radiância espectral monocromática $L_{\lambda i}$. Para as bandas reflectivas do sensor TM/Landsat-5, quais sejam: canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7, essas radiâncias monocromáticas representam a energia solar refletida por cada pixel por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e por unidade de comprimento de onda, porém medida ao nível da órbita do Landsat, que é da ordem de 705 km de altura (SILVA, 2009). Ressaltamos que a calibração radiométrica é importante, pois a “quantidade e a distribuição espectral do fluxo radiante refletido pelo dossel vegetal é influenciado pelo tipo de vegetação presente” (JENSEN, 2009 *apud* ALMEIDA, 2012, p.368)

Em seguida, estimou-se a refletância espectral planetária em cada banda que refere-se à razão entre fluxo emergente da atmosfera e o fluxo incidente no seu topo, na região e banda espectral analisada (JENSEN, 2009, *apud* ALMEIDA, 2012).

O uso do SAVI fundamentou-se na ideia de que este índice de vegetação responde de forma bastante adequada no que diz respeito a correção da influência do brilho do solo, aspecto importante quando se trata de áreas com complexidade pedológica, e com problemas de degradação de cobertura vegetal. Neste sentido, o SAVI possui estrutura similar ao de outros índices de vegetação, a exemplo do *Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), mas com a adição de um fator de ajuste para o substrato do dossel, expresso a partir da equação abaixo (JENSEN, 2009):

$$SAVI = \frac{(1 + L)(\rho_{nir} - \rho_{red})}{(L + \rho_{nir} + \rho_{red})}$$

No qual ρ_{nir} é o valor de reflectância da banda do infravermelho próximo, ρ_{red} é reflectância da banda vermelha e L é o fator de correção do brilho do solo. A constante L pode apresentar valores de 0 a 1, variando segundo a biomassa.

Segundo Huete (1988 *apud* PONZONI & SHIMABUKURO, 2010), os valores ótimos de L são:

$L = 1$ (para baixas densidades de vegetação)

$L = 0,5$ (para médias densidades de vegetação)

$L = 0,25$ (para altas densidades de vegetação)

O fator $L = 0,5$ é mais comumente utilizado, uma vez que engloba uma maior variação de condições de vegetação. O valor usado para a constante L do SAVI foi 0,5 por representar densidades médias de vegetação (PONZONI & SHIMABUKURO, 2010), como é o caso da área de estudo. A imagem gerada que representa o SAVI possui valores que variam de -1 a 1. Quanto menor o valor, menor a quantidade de cobertura de vegetação verde.

De posse da nova imagem gerada, foi realizada a segmentação pelo Método de Regiões. Este processo de segmentação rotula cada "*pixel*" como uma região distinta para uma posterior classificação. A classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. Para a classificação digital das imagens foram divididos os usos em classes diferentes, identificados a partir das interpretações destas.

O tipo de classificação utilizada foi a não supervisionada, na qual o operador não determina as amostras para as classes temáticas que serão representadas no processo de classificação. A classificação não supervisionada é um método fundamentado na análise de agrupamento (Cluster Analysis), usando critérios estatísticos de dados de amostragem, em que cada amostra ou pixel terá um valor dentro da faixa de níveis de cinza e posteriormente, é definido o número de classes de acordo com os valores dos pixels que variam entre o mínimo e o máximo (LIU, 2006; p. 762).

Após a classificação, foi feita a validação das classes com as informações coletadas no campo, as quais foram realizadas em dois períodos, o primeiro nos dias 06, 07 e 08 de agosto de 2013 e o segundo em 29 de março de 2014 (Figura 7). Nos dois

campos foram utilizados GPS e câmera fotográfica para se ter maior precisão e detalhamento na coleta dos dados e informações.

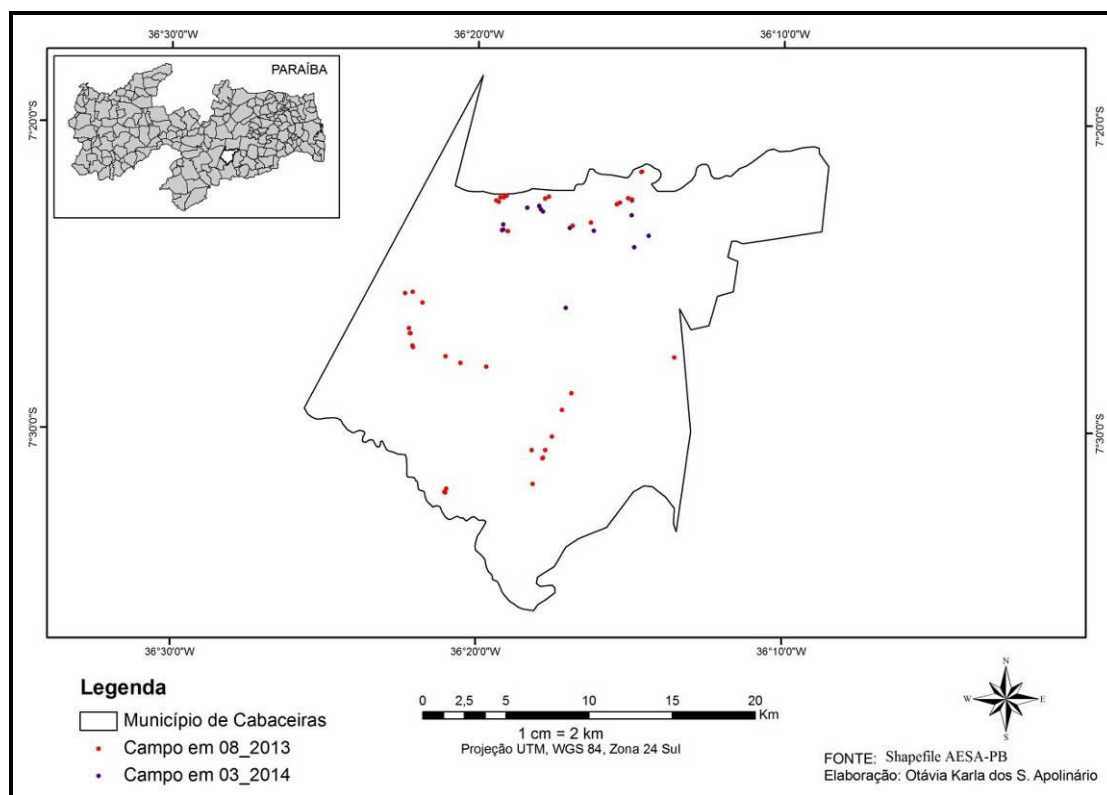


Figura 7 – Pontos de coleta de dados em campo no município de Cabaceiras.

Quanto às nomenclaturas das classes de cobertura vegetal, foi seguida a metodologia utilizada por Souza (2008), o qual, sob a perspectiva qualitativa, considerou algumas características bioindicadoras de degradação como: diversidade, densidade e estratos da vegetação observada em campo. Sendo assim, defini-se como classes de cobertura vegetal, Vegetação Arbóreo-Arbustiva Fechada, Vegetação Arbustiva-Arbórea Fechada, Vegetação Arbustiva Fechada, Vegetação Arbustiva Aberta e Semi-Aberta, sendo esta última agrupada numa única classe, pois com a imagem de resolução 30x30 não há como detalhar o que é Aberto ou Semi-Aberto. Por fim, foi realizada a edição final dos mapas de cobertura vegetal dos anos de 1989 e 2005.

2.2.2 Diagnóstico Ecodinâmico

Para caracterizar a vulnerabilidade à erosão dos componentes geoambientais do município de Cabaceiras, foi realizado um estudo sistêmico e integrado dos

componentes geoambientais: os fatores abióticos (geologia, relevo, pluviosidade) e bióticos (solo, vegetação). A base metodológica para estimar a vulnerabilidade à degradação foi dada pela Teoria da Ecodinâmica proposta por Tricart (1977) e adaptada por Crepani et al. (2001) ao calcular o Índice de Vulnerabilidade a Perda dos Solos (erosão). A metodologia se estabelece por meio de uma escala de valores relativos e empíricos de acordo com a relação ou o balanço entre os processos morfogenéticos e pedogenéticos. Essa escala de valores foi aplicada individualmente para cada componente geoambiental.

De posse dessas análises individuais, foi feita uma análise integrada fruto da síntese de todas que a antecederam, dando origem à carta síntese de vulnerabilidade geoambiental do município de Cabaceiras. A vulnerabilidade foi expressa pela atribuição de valores de 1 a 3 (Tabela 4), num total de 21 valores (Figura 8) para cada componente geoambiental.

Tabela 4 - Avaliação da Vulnerabilidade com base nas Categorias Morfodinâmicas

Categoria Ecodinâmica	Relação Pedogênese/Morfogênese	Valores de Vulnerabilidade
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,0 – 1,3
Baixa Estabilidade		1,4 - 1,7
Média Estabilidade	Equilíbrio	1,8 - 2,2
Moderada Instabilidade	Pedogênese/Morfogênese	2,3 – 2,6
Instável	Prevalece a Morfogênese	2,7 - 3,0

Fonte: Freitas et al (2005 *apud* ALMEIDA, 2012).

Seguindo essa metodologia, as classes de cada componente geoambiental foram associadas a valores que indicam o seu grau de vulnerabilidade. A atribuição dos valores foi feita através de operações de transformação (ponderações) via sobreposição de mapas, aplicadas sobre os mapas temáticos.

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA		GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO			
				VERM.	VERDE	AZUL	CORES
U1	↑	3,0	VULNERÁVEL	255	0	0	
U2		2,9		255	51	0	
U3		2,8		255	102	0	
U4	V	2,7		255	153	0	
U5	U	2,6	MODERADAM. VULNERÁVEL	255	204	0	
U6	L	2,5		255	255	0	
U7	N	2,4		204	255	0	
U8	E	2,3		153	255	0	
U9	R	2,2	MEDIANAM. ESTÁVEL/VULNERÁVEL	102	255	0	
U10	A	2,1		51	255	0	
U11	B	2,0		0	255	0	
U12	I	1,9		0	255	51	
U13	L	1,8	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	102	
U14	I	1,7		0	255	153	
U15	D	1,6		0	255	204	
U16	A	1,5		0	255	255	
U17	D	1,4	ESTÁVEL	0	204	255	
U18	E	1,3		0	153	255	
U19		1,2		0	102	255	
U20		1,1		0	51	255	
U21		1,0		0	0	255	

Figura 8 – Escala de vulnerabilidade à erosão dos componentes geoambientais.
Fonte: Crepani et al. (2001).

Mediante a escala de vulnerabilidade, as unidades que apresentaram maior estabilidade foram representadas por valores mais próximos de 1,0; as unidades de estabilidade média representadas por valores ao redor de 2,0 e as unidades mais vulneráveis representadas por valores mais próximos de 3,0 (CREPANI et al., 2001).

Para cada componente geoambiental foi aplicada a equação de vulnerabilidade, ficando o seu valor final representado de acordo com a escala de estabilidade e vulnerabilidade.

Sendo assim, para a Geologia, o grau de coesão das rochas é a principal informação a ser analisada a partir da Ecodinâmica, uma vez que em rochas pouco coesas irão prevalecer os processos erosivos, predominando assim a morfogênese, enquanto que nas rochas bastante coesas (de dureza maior) prevalecem os processos de intemperismo e formação de solos, predominando a pedogênese (ALMEIDA, 2012). Para o grau de coesão das rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, Crepani et al. (2001) propuseram uma escala de vulnerabilidade à denudação, conforme pode ser visto a seguir (Tabela 5).

Tabela 5 - Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns.

Litologia	VV	Litologia	VV	Litologia	VV
Quartzitos ou metaquartzitos	1,0	Milonitos, Quartzo muscovita, Biotita, Clorita xisto	1,7	Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	2,4
Riólito,	1,1	Piroxenito, Anfíbolito	1,8	Conglomerados,	2,5

Granito, Dacito		Kimberlito, Dunito		Subgrauvacas	
Granodiorito, Quartzo Diorito, Granulitos	1,2	Hornblenda, Tremolita, Actinolita xisto	1,9	Grauvacas, Arcózios	2,6
Migmatitos, Gnaisses	1,3	Estaurolita xisto, Xistos granatíferos	2,0	Siltitos, Argilitos	2,7
Fonólito, Nefelina Sienito, Traquito, Sienito	1,4	Filito, Metassiltito	2,1	Folhelhos	2,8
Andesito, Diorito, Basalto	1,5	Ardósia, Metargilito	2,2	Calcários, Dolomitos, Margas, Evaporitos	2,9
Anortosito, Gabro, Peridotito	1,6	Mármore	2,3	Sedimentos Inconsolidados: Aluviões, Colúvios etc.	3,0

VV = Valores de Vulnerabilidade

Fonte: Crepani et al. (2001).

Para a determinação da vulnerabilidade referente à Geomorfologia, foram analisados os seguintes índices morfométricos: dissecação do relevo pela drenagem, amplitude altimétrica e declividade.

A dissecação do relevo pela drenagem está diretamente ligada à porosidade e à permeabilidade do solo e da rocha. Este índice morfométrico pode ser obtido através da amplitude dos interflúvios (distância entre canais de drenagem) ou da densidade de drenagem ($DD = \frac{\text{comprimento total dos canais}}{\text{Área}}$). Neste trabalho, optou-se por utilizar como parâmetro a densidade de drenagem. Assim, quanto maior a quantidade de água em superfície, maior o número de canais de drenagem e maior a disponibilidade de energia potencial para o escoamento superficial, gerando maior capacidade de erosão e de promover a morfogênese (CREPANI et al., 2001). Para a densidade de drenagem é estabelecida uma escala com 17 classes de vulnerabilidade (Tabela 6).

A amplitude altimétrica, que está relacionada com o aprofundamento da dissecação, é um indicador da energia potencial disponível para o escoamento superficial (*runoff*). É um índice cujo cálculo se dá a partir da diferença entre as cotas máxima e mínima contidas na unidade de paisagem natural. Esse cálculo foi feito a partir das cotas altimétricas extraídas da imagem SRTM. Para a amplitude altimétrica foram estabelecidas 21 classes de acordo com a escala de vulnerabilidade e estabilidade (Tabela 7). Nesse caso, quanto maior a amplitude maior é a energia potencial,

recebendo dessa forma valores próximos a 3,0 (valores próximos à instabilidade) (CREPANI et al., 2001).

Tabela 6 – Valores de Vulnerabilidade para a Densidade de Drenagem

Densidade de Drenagem (Km/Km ²)	Valores de Vulner.	Densidade de Drenagem (Km/Km ²)	Valores de Vulner.	Densidade de Drenagem (Km/Km ²)	Valores de Vulner.
<0,5	1,0	3 - 3,90	1,6	10 – 12,5	2,2
0,5 – 1,00	1,1	3,9 – 4,80	1,7	12,5 - 15	2,3
1 - 1,50	1,2	4,8 – 5,70	1,8	15 – 17,5	2,4
1,5 - 2,00	1,3	5,7 – 6,60	1,9	17,5 - 20	2,5
2 - 2,50	1,4	6,60 – 7,50	2,0	>20	3,0
2,5 - 3,00	1,5	7,5 - 10	2,1		

Fonte: Adaptado de Florenzano. (2008, p. 119).

Tabela 7– Valores de Vulnerabilidade para Amplitude Altimétrica.

Amplitude Altimétrica (m)	Vulner./ Estabilid.	Amplitude Altimétrica (m)	Vulner./ Estabilid.	Amplitude Altimétrica (m)	Vulner./ Estabilid.
<20	1,0	77-84,5	1,7	141,5-151	2,4
20-29,5	1,1	84,5-94	1,8	151-160,5	2,5
29,5-39	1,2	94-103,5	1,9	160,5-170	2,6
39-48,5	1,3	103,5-113	2,0	170-179,5	2,7
48,5-58	1,4	113-122,5	2,1	179,5-189	2,8
58-67,5	1,5	122,5-132	2,2	189-200	2,9
67,5-77	1,6	132-141,5	2,3	>200	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001).

Os valores de vulnerabilidade para as classes de declividade foram definidos de acordo com 21 classes de declividade que variam de < 3,5 % a > 50 % na escala de vulnerabilidade de 1,0 a 3,0. A escolha desse parâmetro se deu em virtude da escala trabalhada. De acordo com Santos et al. (2006) uma imagem SRTM de resolução 90 x 90 metros e escala de 1:250.000 equivale a uma carta topográfica com escala de 1:100.000. Dessa forma, seguindo a proposição de Crepani et al. (2001), quando existe a disponibilidade de carta topográfica em escala igual ou maior que 1:100.000 para os cálculos de índices morfométricos, pode ser utilizada a matriz dos índices de dissecação apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 – Classes de declividade com respectivos valores da escala de vulnerabilidade.

Declividade (%)	Valores de Vulner.	Declividade (%)	Valores de Vulner.	Declividade (%)	Valores de Vulner.
<3,5	1,0	17,4-19,8	1,7	34,6-37,2	2,4
3,5 - 5,8	1,1	19,8-22,2	1,8	37,2-39,8	2,5
5,8 - 8,2	1,2	22,2-24,5	1,9	39,8-42,4	2,6
8,2 - 10,3	1,3	24,5-27,2	2,0	42,4-45,3	2,7
10,3 - 12,9	1,4	27,2-29,6	2,1	45,3-48,1	2,8
12,9 - 15,1	1,5	29,6-32,1	2,2	48,1-50	2,9

15,1 - 17,4	1,6	32,1-34,6	2,3	>50	3,0
-------------	-----	-----------	-----	-----	-----

Fonte: Crepani et al. (2008).

Mediante as informações das vulnerabilidades da Densidade de Drenagem, da Amplitude Altimétrica e da Declividade, foi calculada, a partir da média aritmética, a vulnerabilidade da Geomorfologia, conforme citado por Crepani et al. (2001) e adaptado por Almeida (2012):

$$VGem = \frac{(DD + AA + D)}{3}$$

em que:

VGem = Vulnerabilidade Geomorfológica

DD = Densidade de Drenagem

AA = Amplitude Altimétrica

D = Declividade

Para a variável Solo, a probabilidade de se ter um quadro em que domine a morfogênese, depende de vários fatores intrínsecos a esse elemento, como: estrutura do solo, tipo e quantidade de argilas, permeabilidade, profundidade e presença de camadas impermeáveis (CREPANI et al., 2001). Analisadas todas essas características referentes à composição e estrutura do solo, foram atribuídos valores de vulnerabilidade para cada unidade ou associação de solos existente no município, conforme demonstrado na Tabela 9.

Para a determinação da vulnerabilidade referente ao Clima, é preciso distinguir a influência de três características físicas da pluviosidade envolvidas nos processos erosivos, as quais se denominam como: a Pluviosidade Total (PIT), a intensidade pluviométrica (IP) e a Distribuição Sazonal (DS). Essas três características são de suma importância para a compreensão da dinâmica do clima no município, destacando-se a intensidade pluviométrica, por representar uma relação direta com a PIT e a DS. Sendo assim, foram analisados os valores da IP do município de Cabaceiras e atribuídos valores de vulnerabilidade de acordo com a tabela 10.

Tabela 9 - Valores de vulnerabilidade natural à erosão para os solos incluindo a correlação com a nova nomenclatura de solos da Embrapa (1999).

Classificação de solos (CAMARGO et al, 1987)	Classificação de solos (EMBRAPA, 1999)	Vulnerabilidade
Latossolos Amarelos	Latossolos Amarelos	1,0
Latossolos Vermelho-Amarelo	Latossolos Vermelho-Amarelo	
Latossolos Vermelho-Escuros	Latossolos Vermelho	
Latossolos Roxos	Latossolos Vermelho	
Latossolos Brunos	Latossolos Brunos	
Latossolos Húmicos	Latossolos (...) Húmicos	
Latossolos Húmicos Brunos	Latossolos Brunos (...) Húmicos	
Podzólicos Amarelos	Argilosos	2,0
Podzólicos Vermelho-Amarelos	Argilosos Luvisolos Alissolos	
Podzólicos Vermelho-Escuro	Nitossolos	
	Argilosos Luvisolos Alissolos	
	Nitossolos	
Terras Roxas Estruturadas	Argilosos Nitossolos	
Brunos Não Cálcicos	Luvisolos	
Brunizéns	Chernossolos	
Brunizéns Avermelhados	Chernossolos	
Rendizinas	Chernossolos	
Planossolos	Planossolos	
Solos Hidromórficos (abruptos)	Planossolos	
Podzóis	Espodossolos	2,5
Cambissolos	Cambissolos	
Solos Litólicos	Neossolos Litólicos	3,0
Solos Aluviais	Neossolos Flúvicos	
Regossolos	Neossolos Regolíticos	
Areias Quartzosas	Neossolos Quartzarênicos	
Vertissilos	Vertissolos	
Solos Orgânicos	Organossolos	
Solos Hidromórficos (não abruptos)	Gleissolos	
Glei Húmico	Gleissolos Plintossolos	
Glei Pouco Húmico	Gleissolos Plintossolos	
Plintossolo	Plintossolos	
Laterita Hidromórfica	Plintossolos	
Solos Concrecionários	Plintossolos	
Lateríticos	Plintossolos	
Afloramento Rochoso	Afloramento Rochoso	

Fonte: Crepani et al. (2001).

Tabela 10 - Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à perda de solo.

Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade
< 50	1,0	200 – 225	1,7	375 – 400	2,4
50 – 75	1,1	225 – 250	1,8	400 – 425	2,5
75 – 100	1,2	250 – 275	1,9	425 – 450	2,6
100 – 125	1,3	275 – 300	2,0	450 – 475	2,7
125 – 150	1,4	300 – 325	2,1	475 – 500	2,8
150 – 175	1,5	325 – 350	2,2	500 – 525	2,9
175 – 200	1,6	350 – 375	2,3	> 525	3,0

Fonte: Crepani et al. (2001).

Para caracterizar a vulnerabilidade considerando a cobertura vegetal, foram avaliadas as densidades dos diferentes tipos de cobertura vegetal identificados na classificação supervisionada. A cobertura vegetal exerce papel fundamental na proteção das unidades geoambientais frente aos processos morfogenéticos (erosão do solo). Dessa forma, para cada tipo cobertura vegetal foram atribuídos valores de vulnerabilidade de acordo com a capacidade de proteção dessa cobertura aos processos de erosão do solo. Quanto mais densa a cobertura, os valores atribuídos na escala de vulnerabilidade se aproximam da estabilidade (1,0); para as densidades intermediárias, atribuem-se valores intermediários (2,0); finalmente, para baixas densidades de cobertura vegetal, valores próximos da vulnerabilidade (3,0) (CREPANI et al., 2001).

A nomenclatura utilizada não foi a do projeto RADAMBRASIL (1973-1987), como sugere Crepani et al. (2001), havendo assim uma adaptação para os tipos de cobertura vegetal utilizando terminologias frequentemente usadas para a região do semiárido brasileiro, baseando-se no trabalho de Souza (2008), conforme descrevemos em outro momento. Dessa forma as adaptações estão descritas na Tabela 11.

Tabela 11 – Adaptação da nomenclatura da cobertura vegetal para o semiárido.

COBERTURA VEGETAL		
RADAMBRASIL	ADAPTAÇÃO	ESTABILIDADE/ VULNERABILIDADE
Savana Florestada / Savana Estépica Florestada	Arbóreo Arbustiva Fechada	Moderadamente Estável (entre 1,4 a 1,7)
Estepe Arborizada	Arbustiva Arbórea Fechada	Medianamente Estável (entre 1,8 a 2,2)
Savana Parque / Savana Estépica Parque	Arbustiva Fechada	Moderadamente Instável (entre 2,3 a 2,6)
Savana Gramíneo-Lenhosa, Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa e Estépe Gramíneo-Lenhosa	Arbustiva Semi-Aberta e Aberta	Instável (entre 2,7 a 3,0)

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (2001).

Para a geração da carta de vulnerabilidade da cobertura vegetal foi utilizada a imagem do SAVI de 29/07/2005 por ser a mais recente entre as duas imagens trabalhadas.

Através de operações de reclassificação (ponderações) aplicadas sobre os mapas temáticos dos componentes geoambientais (geologia, geomorfologia, pedologia, intensidade pluviométrica e cobertura vegetal) foram associados a cada classe dos respectivos componentes geoambientais valores que indicam seu grau de vulnerabilidade à degradação. Mediante esses valores, as cartas geradas de vulnerabilidade foram integradas em ambiente SIG, recebendo um valor final, resultante da média aritmética dos valores individuais segundo uma equação matemática, a qual busca representar a posição desta unidade dentro da escala de vulnerabilidade, conforme segue abaixo:

$$V = \frac{G + Gm + P + IP + CV}{5}$$

em que:

V = representa a Vulnerabilidade à perda de solo

G = Geologia

Gm = Geomorfologia

P = Pedologia

IP = Intensidade Pluviométrica

CV = Cobertura Vegetal

Depois de integrados todos os valores de vulnerabilidade de cada componente geoambiental, novos valores foram gerados e reclassificados de acordo com a escala de Vulnerabilidade à Degradação Ambiental.

2.2.3 Mapeamento da situação da Paisagem no período de 1989 a 2005

Para a geração do mapa de situação da paisagem foram utilizadas as imagens da classificação da cobertura vegetal dos anos de 1989 e 2005. Essas imagens foram transformadas de produtos raster para vetores e sobrepostas em um ambiente SIG, utilizando a operação de análise espacial *Identity* do *ArcGis 9.3*, o qual permitiu o cruzamento das imagens vetoriais gerando uma nova feição, agregando todos os

atributos alfanuméricos das geometrias de origem, ou seja, integrando todas as informações contidas nos produtos de origem em um outro produto.

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 DIAGNÓSTICO FÍSICO

3.1.1 Características Geológicas

A Geologia do Estado da Paraíba é formada em sua maior parte por rochas Pré-cambrianas. Esse substrato está incluído na Província Borborema, o qual possui idade geológica do mesoproterozóico ao neoproterozóico. No município de Cabaceiras, a Província Borborema está representada quase que em sua totalidade pelo domínio geotectônico da Subprovíncia Transversal Alto Moxotó (TAM), constituído de terrenos organizados em forma de dominó, cujos limites representam zonas de cisalhamento nucleadas no Brasiliano ou geradas através do retrabalhamento de zonas de cisalhamento contracionais dos Cariris Velhos. O TAM é um terreno de alto grau, formado por rochas metassedimentares supracrustais, complexos metaplutônicos/vulcânicos paleo/mesoproterozóicos e maciços arqueano/paleoproterozóicos.

O domínio TAM difere dos outros domínios em razão de dois fatores relevantes: frequência de rochas antigas, arqueanas e paleoproterozóicas, e pouca ocorrência de rochas neoproterozóicas, inclusive de granitos neoproterozóicos, que são abundantes em toda a Província Borborema. Esse último fato indica uma menor influência da deformação por cisalhamento transcorrente que caracteriza bem a orogênese Brasileira (SANTOS et al., 2002). No município de Cabaceiras as principais características litológicas das unidades litoestratigráficas do Terreno Alto Moxotó são as expressas no Quadro 1.

Nas pesquisas de campo foi possível identificar rochas gnáissicas em uma área entre as unidades litoestratigráficas do Complexo Sumé, a qual predomina em grande parte do município, e Ortognaisse Granodiorítico Granítico, contidas no Terreno Alto Moxotó (Figura 9).

Ao norte do município de Cabaceiras, divisa com o município de Boa Vista, é possível observar uma grande área de afloramento rochoso composta por várias suítes

graníticas, presente na Super Suíte Intrusiva Calcicalcalina, como pode ser visualizado através das Figuras 10, 11 e 12.

Quadro 1- Unidades litoestratigráficas do Terreno Alto Moxotó.

UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	LITOLOGIA
Suíte Granítica Camalaú	Ortognaisse tonalítico trondhjemítico; augen ortognaisse granítico, quartzo-sienítico e sienítico; anfibólio-biotita ortognaisse quartzo monzonítico a granítico e muscovita ortognaisse com sillimanita.
Complexo Sumé	Leucognaisse com freqüentes intercalações de metabasitos rocha calcissilicática, formações feríferas, mármore, metapiroxenito e metagabro.
Metagranitóides e Migmatitos Serra de Jabitacá	Ortognaisse tonalítico-granodiorítico com anfibolito e migmatito com leucossoma granítico e mesossoma de biotita gnaisse.
Complexo Sertânia	Biotita gnaisse com granada e/ou sillimanita, biotita gnaisse, calcário cristalino, rocha calcissilicática, quartzito e raro anfibolito
Ortognaisse Granodiorítico-granítico	Ortognaisse de composição tonalítica, - (trondhjemítica)-granodiorítica com intercalações de rochas metamórficas.

Fonte: Santos et al. (2002).



Figura 9 - Rochas Gnaisseicas.
Fonte: Apolinário. Data: 08/08/2013.

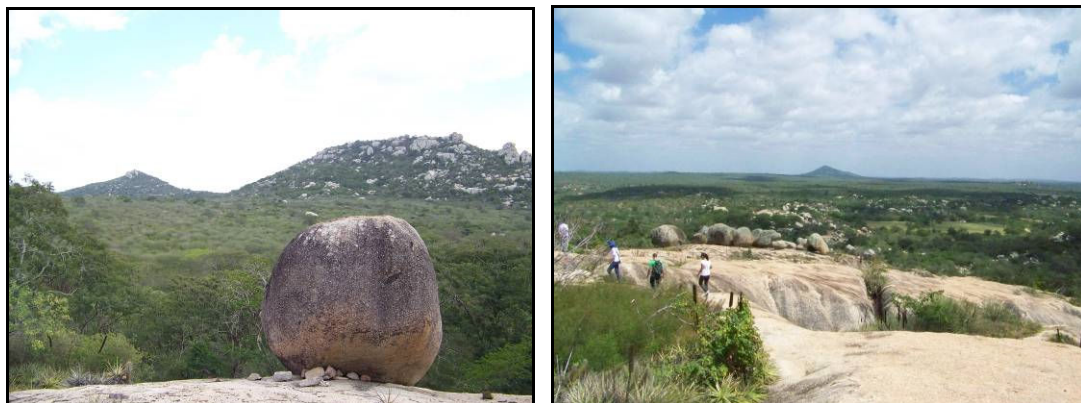
Em toda essa área da Suíte Intrusiva Calcicalcalina, há presença de grandes áreas de matacões e lajedos, com declives bastantes acentuados.

Nos limites do município é possível encontrar fragmentos de rochas do domínio Transversal Alto Pajeú (TAP), composto por sequências metassedimentares e metavulcano-sedimentares mesoproterozóicas, granitóides mesoproterozóicos e por estreitas faixas neoproterozóicas. Seu limite com o TAM, segundo Santos (1995 *apud* SANTOS et al., 2002), é caracterizado pela nappe Serra de Jabitacá, que controla a

colocação de uma vasta área de migmatitos e ortognaisses mesoproterozóicos com protólitos arqueano/paleoproterozóicos, assim como relictos de supracrustais, rochas máficoultramáficas de fácies granulito e retroeclogitos, os quais foram penetrados por imensos plútons graníticos neoproterozóicos (SANTOS et al., 2002).



Figura 10 – Afloramento granítico.
Fonte: Google Earth (2013).



Figuras 11 e 12 – Afloramento granítico.
Fonte: Apolinário. Data: 08/08/2013.

No município também encontramos uma pequena área de aproximadamente 14 km², correspondendo ao Complexo São Caetano, o qual faz parte do domínio TAP. Nesse Complexo se destacam as seguintes litologias: Muscovita-biotita, gnaiss às vezes granatífero, biotita, gnaiss, muscovita, xisto, quartzito, calcário cristalino, ortoanfibolito, metatufo ácido e metavulcanoclástica (SANTOS et al. 2002).

Para uma visualização das Unidades Litoestatigráficas presentes no município de Cabaceiras, pode ser observada a Figura 13.

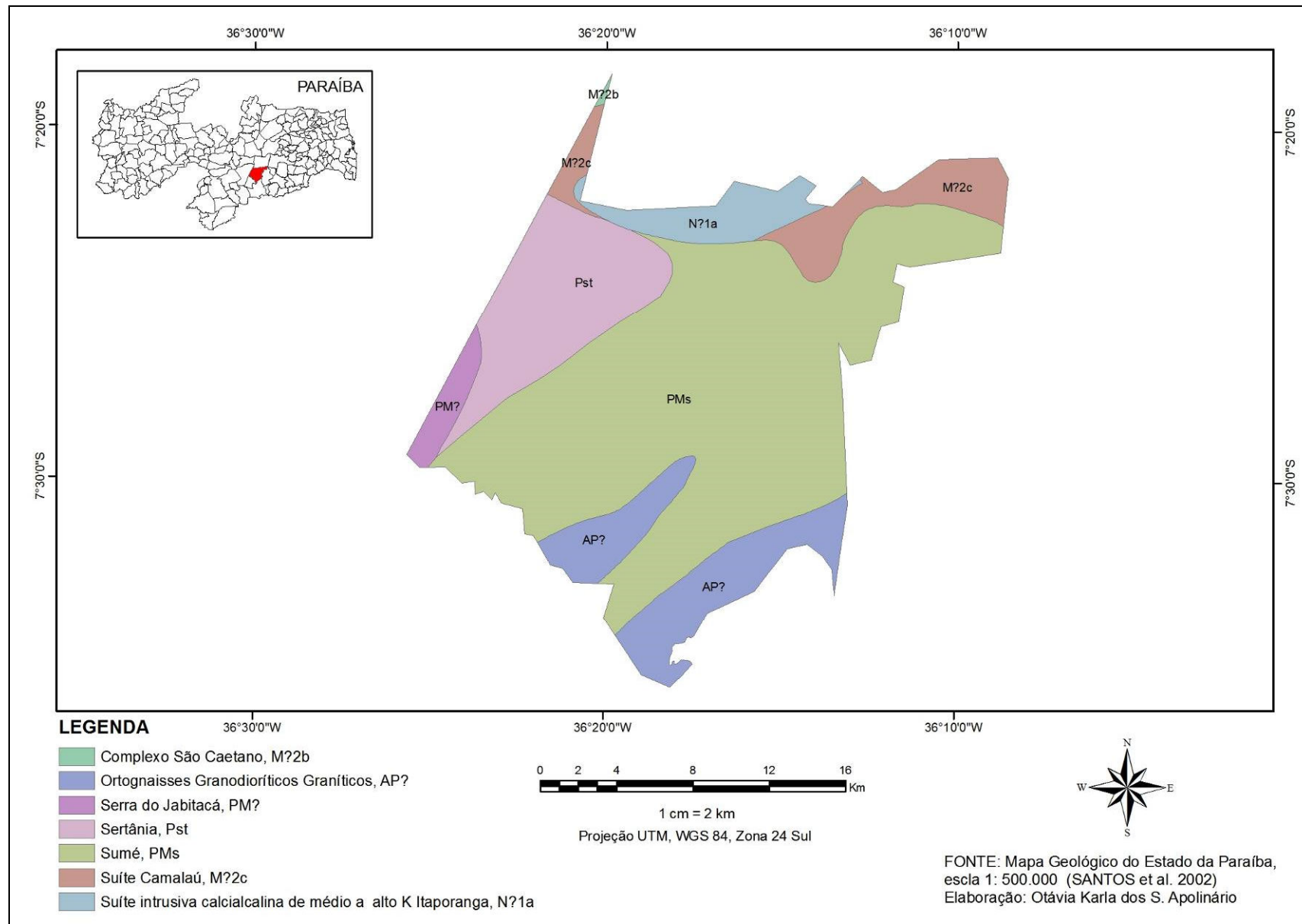


Figura 13 – Geologia de Cabaceiras – PB. No lugar de ‘?’ leia-se Gamma.
Fonte: SANTOS et al. (2002). Elaboração: Apolinário (2013).

3.1.2 Características do Relevo

O município de Cabaceiras está sobre a Superfície Elevada Aplainada da Borborema, que se interrompe ao norte no vale tectônico do Curimataú e se prolonga ao sul, até a fronteira com Pernambuco. Esse conjunto morfológico é formado por dois níveis altimétricos e feições distintas, correspondendo a uma grande área planáltica, a Superfície da Borborema (o mais alto – entre 600 e 750 metros) e a Superfície dos Cariris (o mais baixo – entre 400 e 500 metros) (CARVALHO, 1982).

Dentre os níveis altimétricos, Cabaceiras está sobre o segundo nível, o da Superfície dos Cariris, entre as cotas altimétricas de 360 e 700 metros. Predominam no município altitudes entre 360 e 511 metros, sendo que os níveis acima desta última cota encontram-se nos Inselbergues ou Morros Testemunhos (afloramentos rochosos), sob forma de Cristas Alinhadas (Figuras 14, 15 e 16). Considera-se que os Inselbergues são morros já totalmente isolados que pontilham as baixadas pediplanadas, enquanto Cristas Alinhadas são os alinhamentos de maciços residuais, como também de Inselbergues ou Morros Testemunhos, os quais encontram-se separados pela ação da erosão, mas que há alguns milhões de anos atrás constituía-se de uma só formação rochosa, as Serras (CARVALHO, 1982).

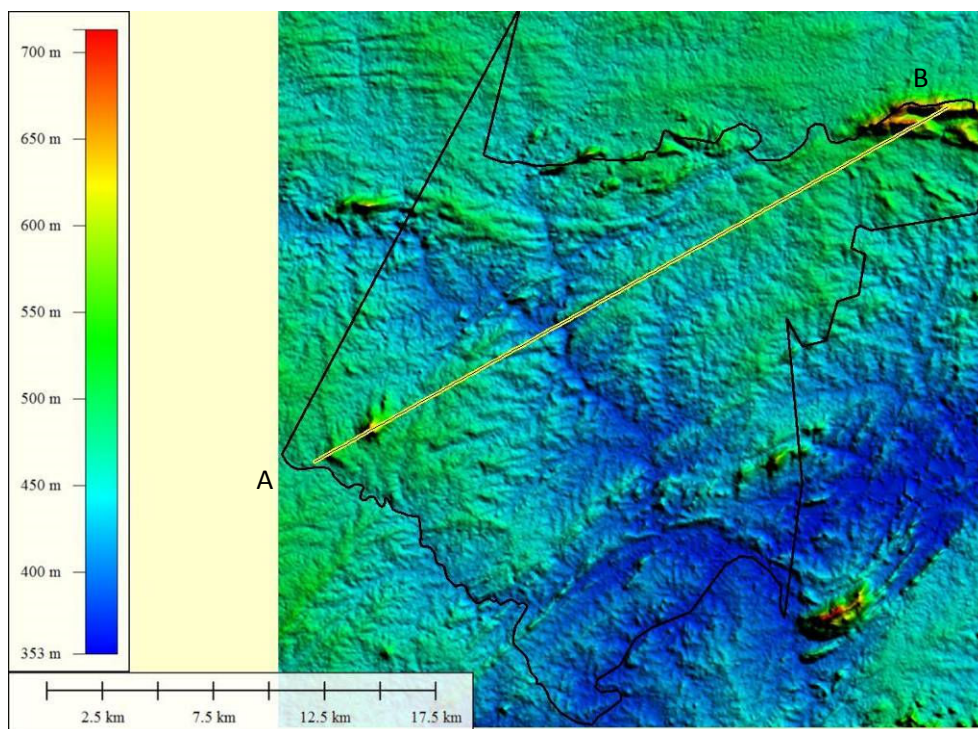


Figura 14 – Relevo Sombreado de Cabaceiras, com destaque para o transecto A-B.
Fonte: Imagem SRTM. Elaboração: Apolinário (2013).

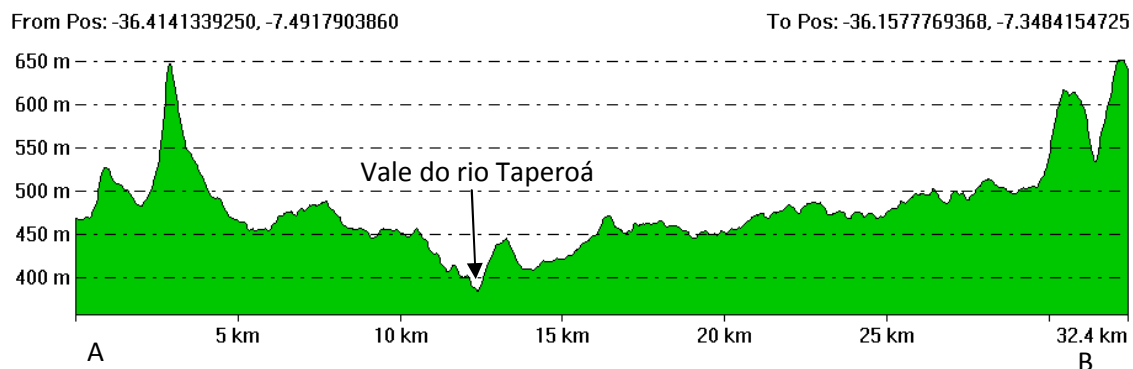


Figura 15 – Perfil topográfico transversal A-B, sentido nordeste-noroeste de Cabaceiras.

Fonte: Elaboração: Apolinário (2013).

A partir da análise do relevo sombreado e da hipsometria, observa-se que em praticamente todo o município há um dissecamento do relevo, com áreas denudacionais com declives muito baixos $<2\%$, nos quais se encontram os leitos dos rios e as áreas de várzea; baixos, predominando entre 2% e 6% ; médios, entre 6% e 20% ; altos, correspondendo aos intervalos entre 20% e 50% , compondo os Inselbergues e Alinhamentos de Cristas; e muito altos $>50\%$ (Figura 17).

Tomando como base as análises dos produtos gerados a partir da imagem SRTM (Relevo Sombreado, Perfil Topográfico, Hipsometria e Declividade) e a caracterização geomorfológica da Paraíba feita por Carvalho (1982), pôde-se classificar as seguintes unidades geomorfológicas do município de Cabaceiras: Alinhamentos de Cristas e Inselbergs (relevos residuais); Planalto de Cabaceiras; Depressão de Cabaceiras e Planície Fluvial do Rio Taperoá (Figura 18).

Os Alinhamentos de Cristas correspondem ao relevo mais alto do município, correspondendo ao afloramento dos Maciços Residuais (blocos individualizados, separados do corpo principal da Superfície Aplainada da Borborema), com altitude que varia entre 500 e 700 metros; o Planalto de Cabaceiras corresponde a um relevo alto, semi-colinoso a plano, com altitudes que variam entre 460 e 500 metros; a Depressão de Cabaceiras constitui o relevo formado pela depressão tectônica ou pediplanada, variando entre 410 e 460 metros, correspondendo a maior área do município; a Planície Fluvial do Rio Taperoá corresponde ao relevo formado pelos leitos do rio de mesmo nome e seus afluentes, com talvegues rasos e abertos quase se confundindo com as áreas de várzea, apresentando uma altitude que varia entre 360 e 410 metros.

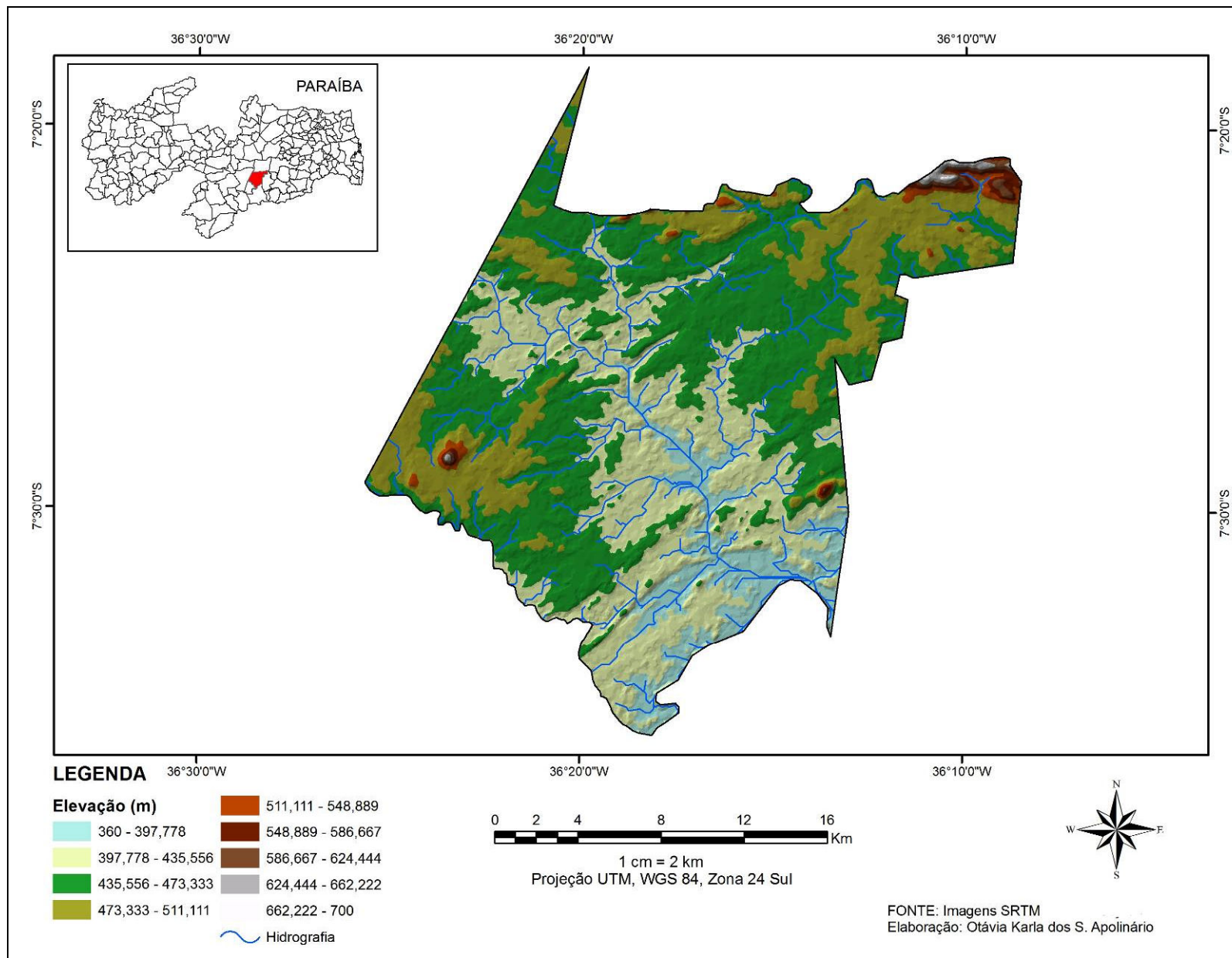


Figura 16 – Hipsometria do município de Cabaceiras.
Fonte – Imagem SRTM (TOPODATA). Elaboração: Apolinário.

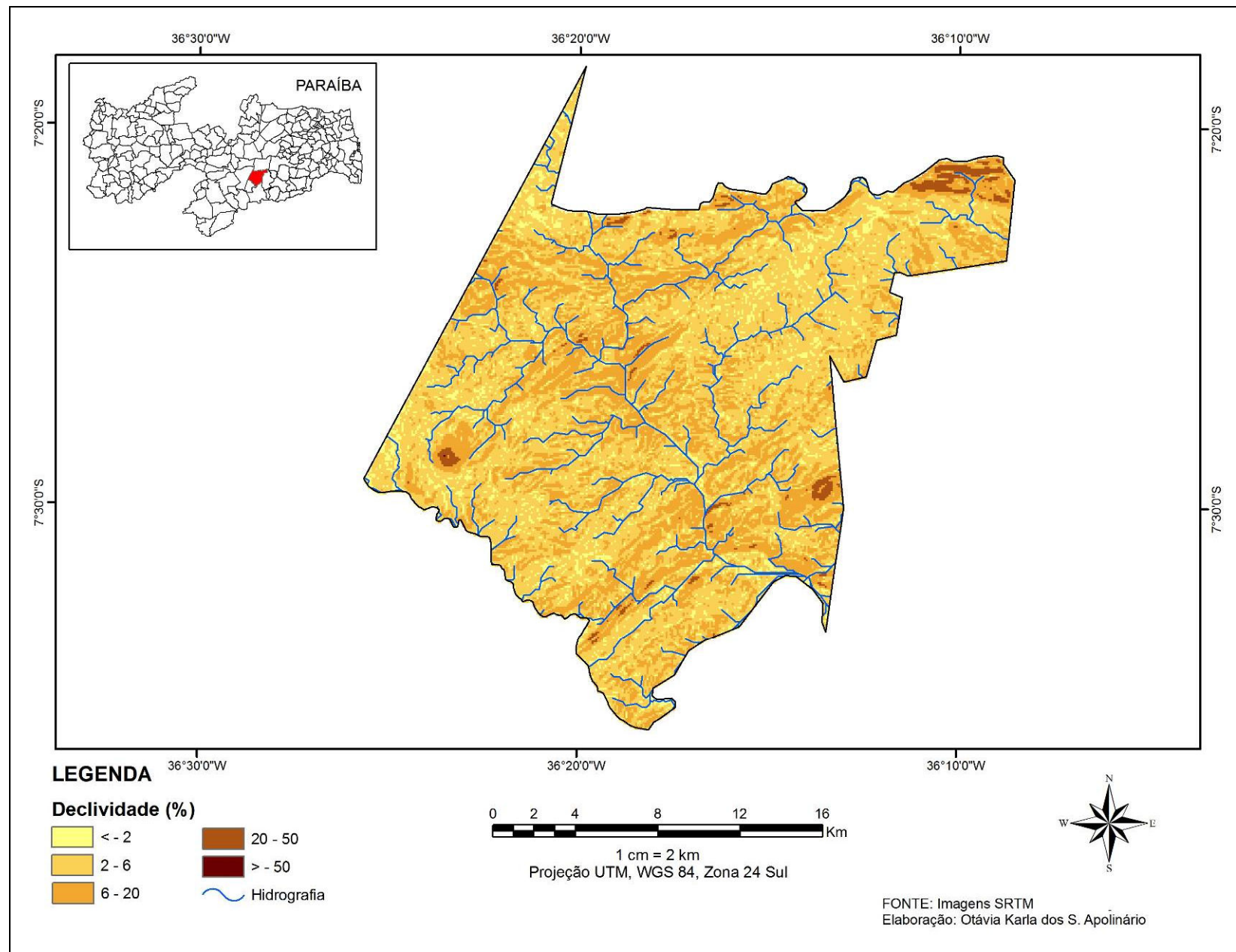


Figura 17 – Declividade do município de Cabaceiras.
Fonte - Imagem SRTM (TOPODATA). Elaboração: Apolinário.

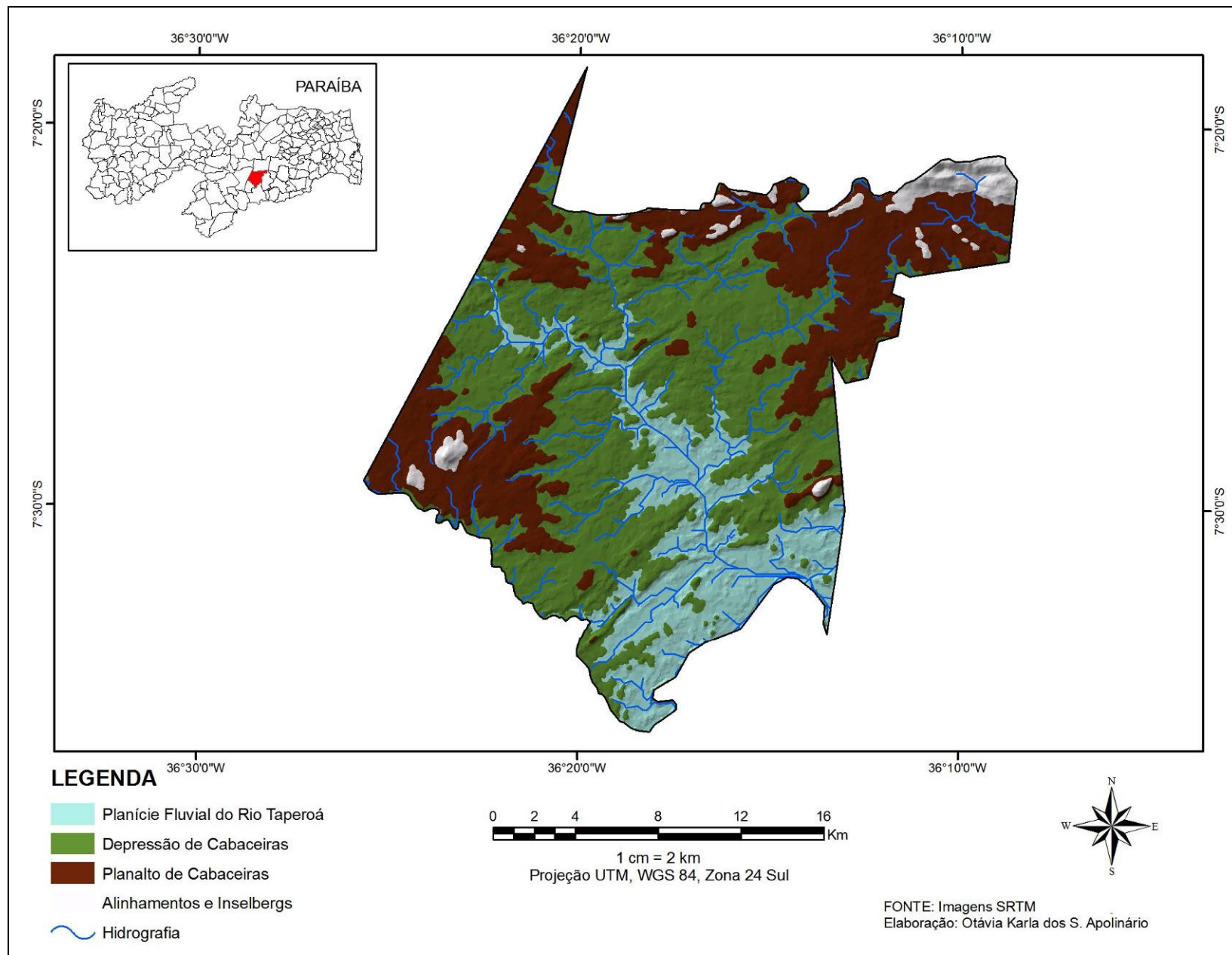


Figura 18 – Relevo do município de Cabaceiras.
Imagem SRTM (TOPODATA). Elaboração: Apolinário.

3.1.3 Características Pedológicas

No município foram identificados três tipos de solos predominantes, de acordo com o mapa de solos do Estado da Paraíba (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 2006) classificados como: Bruno Não Cálcico, Litólico Distrófico e Vertissolo, os quais, de acordo com a nova nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (2009) passaram a se chamar, respectivamente, Luvisolo Crômico, Neossolo Litólico e Vertissolo Hidromórfico. É importante destacar que esses solos ocorrem em associações, prevalecendo na classificação o tipo dominante.

O Luvisolo Crômico ocupa 45,14% de área do Município, em seguida o Vertissolo Hidromórfico com 33,30% e por último o Neossolo Litólico com 21,56% da área (Tabela 12).

Tabela 12 – Classes de solo em área.

CLASSES DE SOLO	ÁREA (Km ²)	(%)
Luvisolo Crômico	204,57	45,14
Neossolo Litólico	97,70	21,56
Vertissolo Hidromórfico	150,89	33,30
Total	453,15	100

Fonte: Elaboração: Apolinário (2013).

A definição e classificação dos tipos de solos presentes no município de Cabaceiras foi descrita com base na classificação de solos da EMBRAPA (2009), em Souza et. al. (2004); Souza (2008) e em Almeida (2012), como pode ser visto a seguir:

- 1) Luvisolos: Essa classe de solos é constituída por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade alta, alta saturação por bases, em sequência a horizonte A e E. São moderadamente ácidos a ligeiramente alcalinos. Entre as diversas variações existentes nessa classe apenas uma predomina no município, o Luvisolo Crômico. Este se caracteriza pelo caráter crômico na maior parte do horizonte B (inclusive BA). Ocorre em relevo suave ondulado e raramente ondulado, sendo pouco profundo ou raso, com PH de baixa acidez e, em alguns casos, básico. Na superfície é comum a ocorrência de cascalhos e calhaus de quartzo (Pavimento Desértico). A vegetação original é composta por um tipo de mata seca de alto porte. Possui baixa capacidade de armazenamento de água e baixo potencial agrícola.
- 2) Neossolos: Compreendem solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de

características inerentes ao próprio material de origem, como maior resistência ao intemperismo ou composição química, ou dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos. A variação predominante desse tipo de solo no município é o Neossolo Litólico, porém, em algumas áreas há variações, encontrando-se também o Neossolo Flúvico. Dessa forma, seguem abaixo as características dessas variações de Neossolos.

2.1- Neossolo Litólico: Esta unidade é constituída por solos pouco desenvolvidos, com horizonte A fraco, textura média, muito rasos ou rasos, apresentando um horizonte A assentado diretamente sobre a rocha - R-, ou mesmo com um horizonte C de pequena espessura, entre o A e a rocha. Admite-se até um horizonte B em início de formação nesta classe de solos. São solos moderadamente ácidos, com saturação de bases altas e saturação com alumínio inexistente ou muito baixa, drenagem moderada a acentuada com erosão laminar variando de moderada a severa e em sulcos repetidos com frequência. O material de origem deste tipo de solo é proveniente da desagregação de rochas cristalinas, referidas ao Pré-Cambriano, tais como filitos e biotita-xistos. Ocorrem em áreas de relevo suave ondulado a montanhoso. Apresentam rica cobertura vegetal quando isentos de uso. É importante destacar que esse tipo de solo é altamente susceptível à erosão devido à sua pequena espessura (Figura 19).

2.2- Neossolo Flúvico: Apesar de não aparecer na classificação do mapa de solos, em função da escala, este solo ocorre em áreas de solos derivados de sedimentos aluviais com caráter flúvico. Apresenta horizonte glei, ou horizontes de coloração pálida, diversificada ou com mosqueados abundantes. Esse tipo de solo apresenta fertilidade natural alta, são pouco profundos ou profundos, moderadamente ácidos e alcalinos nas camadas inferiores, sem problemas de erosão, apresentando drenagem moderada ou imperfeita. Originalmente eram ocupados por matas ciliares, com elevada presença de espécies de porte arbóreo. Possui alta capacidade de armazenamento de água, porém, como ocorre em grande parte associado ao Planossolo Nátrico, apresenta problema de drenagem e de acumulação de sais em muitas áreas, inibindo a capacidade agrícola e desfavorecendo a diversidade, a densidade e o porte das plantas que colonizam esse tipo de solo. Ocorre em áreas de relevo plano ou com ondulações muito suaves, correspondentes às estreitas faixas ao longo dos cursos d'água, sendo comum a agricultura de vazante, aproveitando a umidade do solo decorrente da proximidade com o lençol freático (Figura 20).



Figura 19 - Neossolo Litólico.
Fonte - Apolinário. Data: 08/08/2013.



Figura 20 - Neossolo Flúvico. Rio Taperoá – Cabaceiras-PB.
Fonte - Apolinário. Data: 08/08/2013.

3) Vertissolos: Compreendem solos constituídos por material mineral apresentando horizonte vértico e pequena variação textural ao longo do perfil, nunca suficiente para caracterizar um horizonte B textural. Apresentam pronunciadas mudanças de volume com o aumento do teor de umidade no solo, fendas profundas na época seca, e evidências de movimentação da massa do solo, sob a forma de superfície de fricção (*slickensides*). Estas características resultam da grande movimentação da massa do solo que se contrai e fendilha quando seco e se expande quando úmido. São de consistência muito plástica e muito pegajosa, devido à presença de argilas expansíveis ou mistura destas com outros tipos de argilominerais. O Vertissolo Hidromórfico é um solo com horizonte glei dentro dos primeiros 50 cm, ou entre 50 e 100 cm, desde que precedido por horizontes de cores acinzentadas. Ocorre em áreas de relevo suave ondulado a ondulado, em depressões com problemas de drenagem e elevada presença de argilas de alta atividade química (montmoriloníticas), favorecendo a movimentação da massa do solo, conforme destacamos anteriormente, o que torna difícil ou mesmo impraticável o uso de máquinas agrícolas nos mesmos.

A partir desse processo de expansão e contração, resulta um movimento de massa do solo produzindo, muitas vezes, uma pressão ascendente que provoca o aparecimento do “*gilgai*”, ou seja, microrelevo constituído por sucessão de sulcos de erosão e pequenas partes salientes (Figura 21). As pressões decorrentes da expansão produzem também “*slickensides*”, ou seja, superfícies de fricção, que são lustrosas, alisadas, apresentando estriamento são inclinadas em relação ao prumo dos perfis dos solos. Nas fendas que se abrem na época seca,

muitas vezes, caem materiais da parte superficial que atingem as partes profundas dos perfis. Em contraposição, durante o período de expansão (início das chuvas) materiais das partes baixas dos perfis são pressionados e podem ser expelidos. Verifica-se, então, um verdadeiro auto-revolvimento, daí dizer que são solos “auto-retácteis”, o que lhes confere elevada fragilidade à erosão. Dessa forma, apesar de, em princípio, abrigarem cobertura vegetal relativamente densa e variada em caso de desmatamento, ocorrem dificuldades para a recolonização de diversas plantas, uma vez que as sementes, junto com algumas partículas desse tipo de solo, são arrastadas horizontalmente nesse processo sazonal de expansão/retração. Além dessa característica, em virtude da maior deficiência de drenagem presente em algumas áreas, podem, ocasionalmente, ocorrer problemas em relação ao desenvolvimento das plantas devido ao acúmulo de sais.



Figura 21 - Vertissolo Hidromórfico com microrrelevo *Gilgai*. Fonte - Apolinário. Data: 08/08/2013.

Considerando as três associações de solos, foi destacada na Figura 22, a seguir, sua espacialização no município de Cabaceiras.

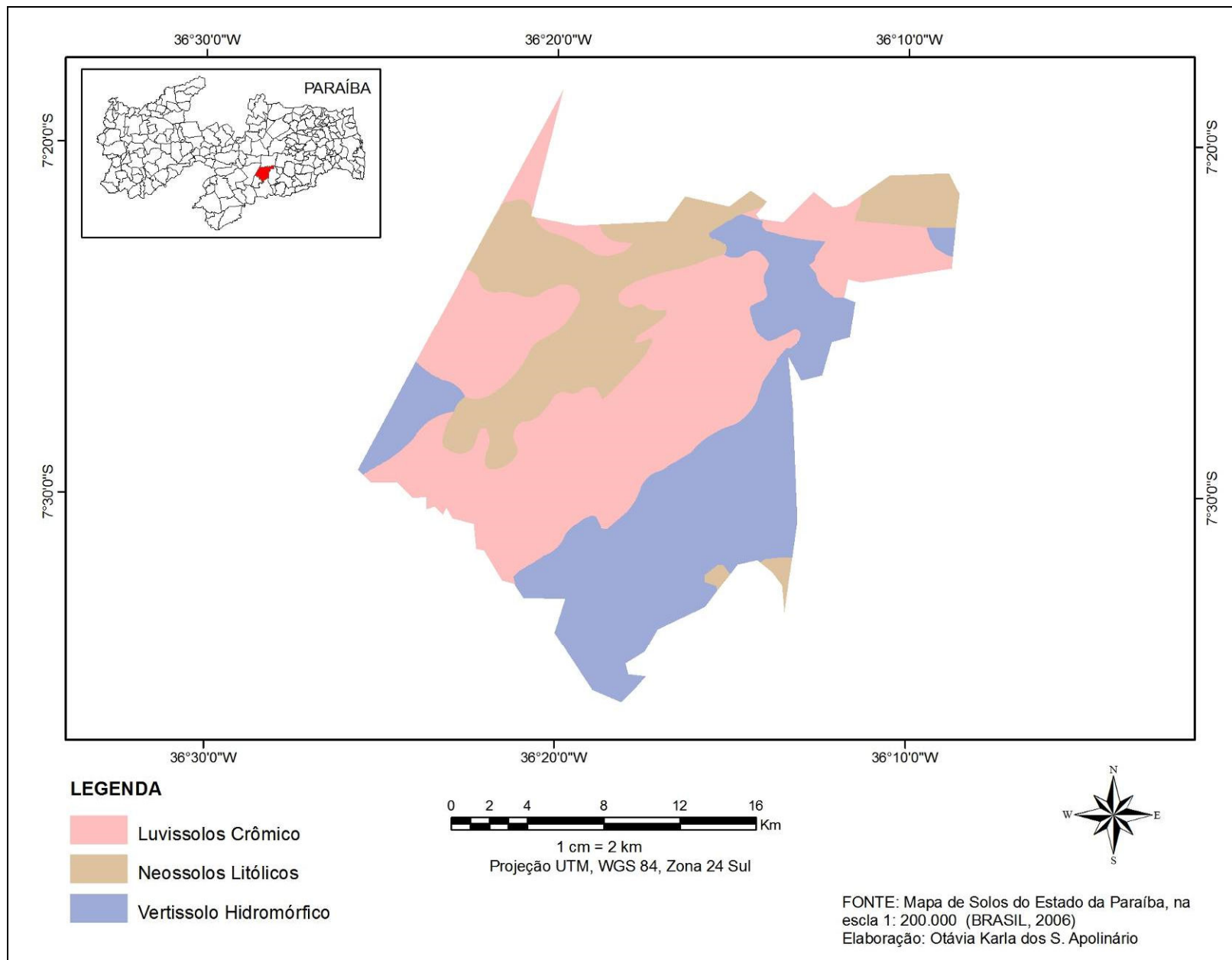


Figura 22 – Solos do município de Cabaceiras.
Fonte – BRASIL, (2006). Elaboração: Apolinário.

3.1.4 Características Pluviométricas

O município de Cabaceiras está localizado em uma região de clima semiárido apresentando, segundo a classificação de Köppen, adaptada para região por Varejão-Silva et al (1984), um clima seco do tipo BWwh' que indica um clima seco de tipo desértico, com estação seca no inverno e temperatura média mensal superior a 18°C.

De acordo com a classificação bioclimática do Estado da Paraíba, segundo Gaussen (1968 in: BRASIL, 1972), o município apresenta dois bioclimas: o bioclima 2b - Subdesértico quente de tendência tropical com 9 a 11 meses secos, e o bioclima 3ath - Mediterrâneo quente ou nordestino de seca acentuada com 7 a 8 meses secos.

Considerando a série histórica do período de 1960 a 1990, o município de Cabaceiras registrou pluviosidade média anual de 363,71 mm/ano, com mínima de 294,90 mm/ano e máxima de 445,39 mm/ano (Figura 23). De acordo com a classificação do regime pluviométrico adotada neste trabalho (AUBREVILLE, 1961, adaptado por ALVES & NASCIMENTO, 2010), o mês tipicamente chuvoso é abril, quando a precipitação da série histórica analisada ultrapassa 59 mm, chegando a 61,2 mm/mês; os meses de fevereiro, abril, maio e junho são classificados como meses intermediários, apresentando pluviosidade entre 40 e 59 mm/mês; os meses de julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro são classificados como semiáridos, quando a precipitação média registrada está entre 3 e 40 mm/mês.

A Pluviosidade Anual (PA), do referido período, no município de Cabaceiras indica uma menor quantidade de chuva na área central e uma maior precipitação nas extremidades - a noroeste, norte e nordeste. No entanto, a Intensidade Pluviométrica (IP) indica o contrário. No centro do município há uma maior IP, com média de 247,02 mm/ano, tendo como máxima 294,89 mm/ano e mínima 200,58mm/ano (Figura 24).

Em relação a Distribuição Sazonal (DS), verifica-se (Figura 25) que na área central de Cabaceiras a duração do período chuvoso é entre 1 e 2,38mm/mês, em média 1,65 mm/mês. A análise espacial da chuva no município deixa evidente que a DS e a IP se concentram na região central, onde predominam chuvas intensas em um curto período, enquanto que nas porções sudoeste e nordeste as chuvas são menos intensas e mais prolongadas.

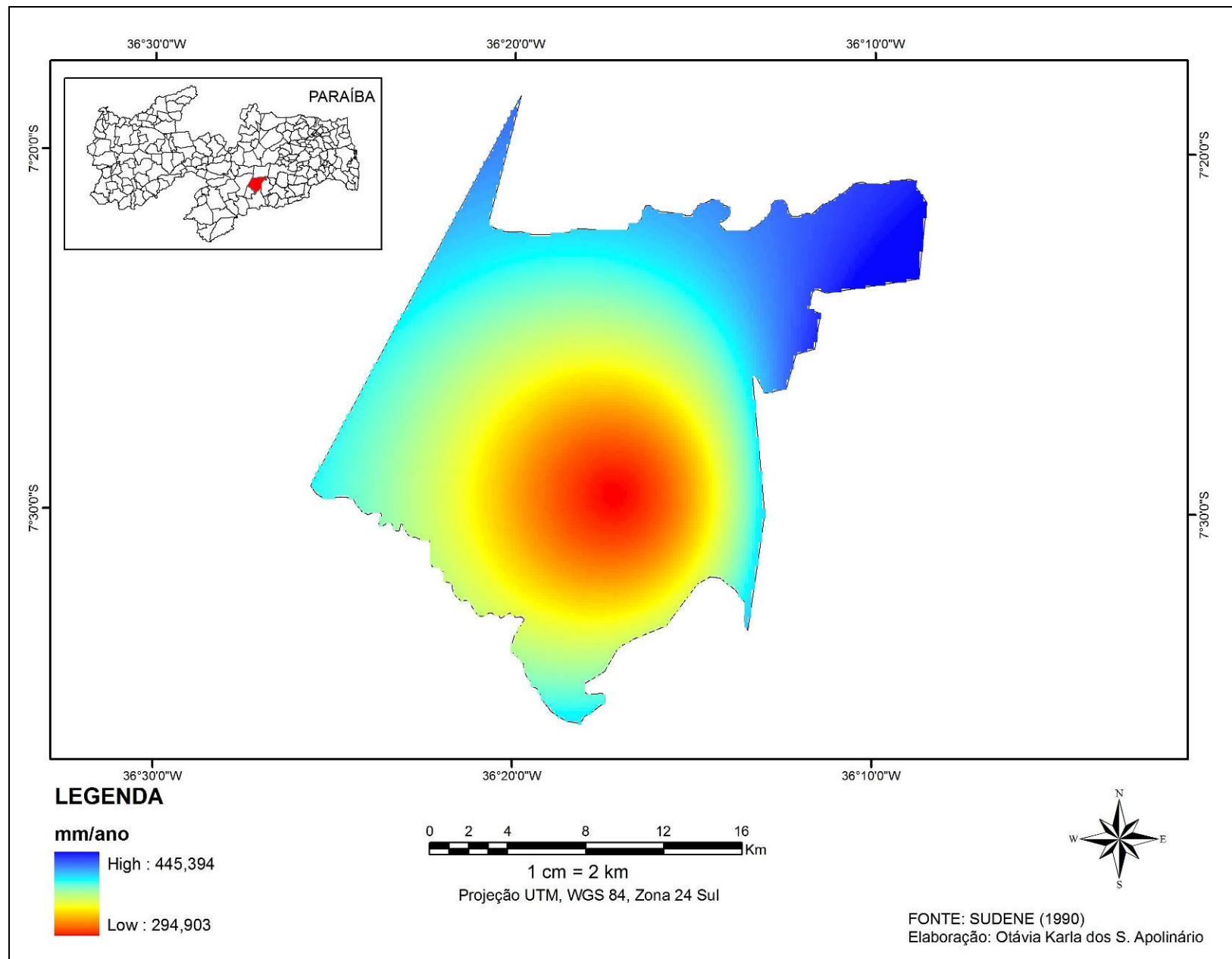


Figura 23 – Precipitação Anual de Cabaceiras no período de 1960 a 1990.

Fonte – AESA – PB (2013). Elaboração: Apolinário.

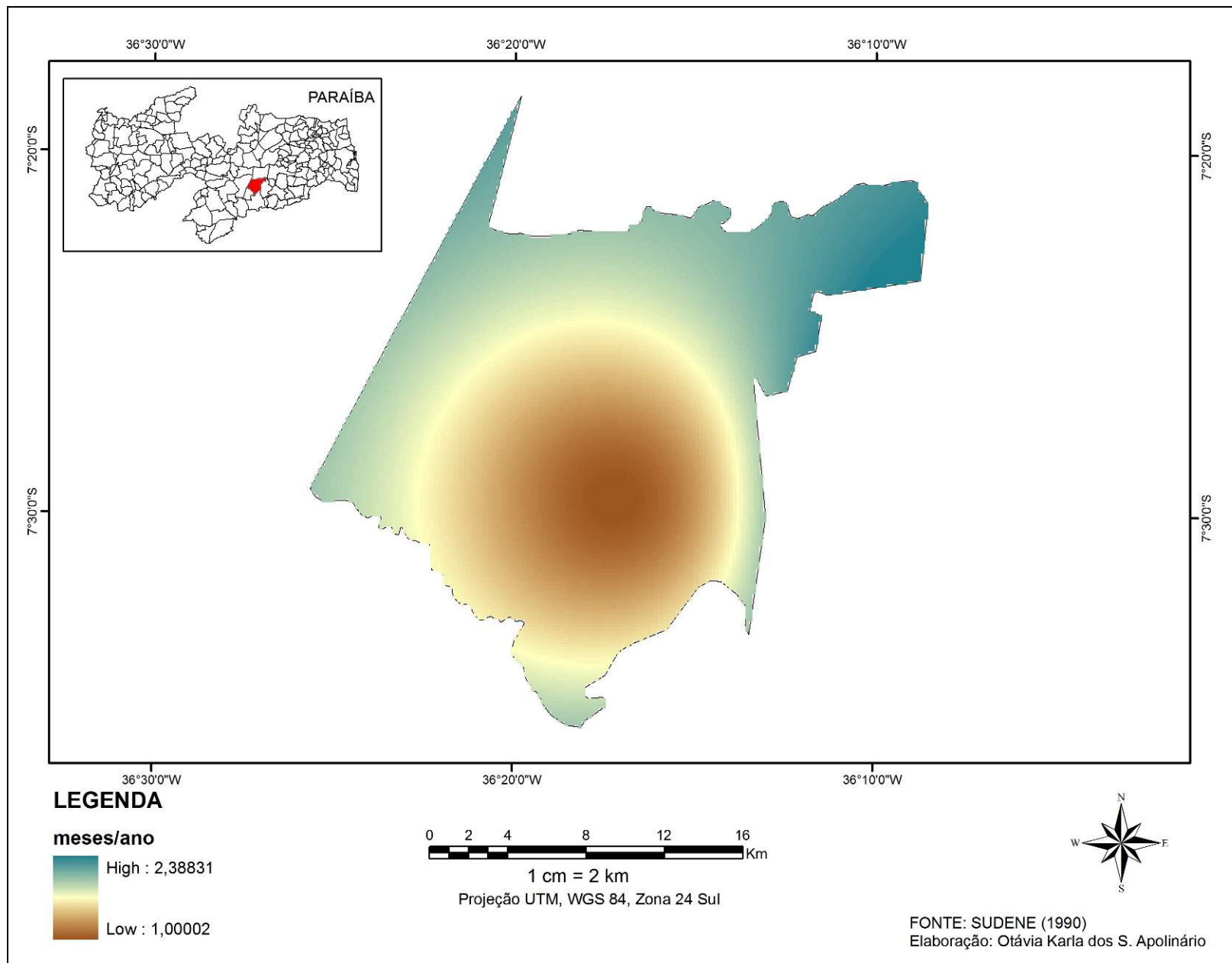


Figura 24 – Duração Sazonal de chuva em Cabaceiras no período de 1960 a 1990.
Fonte – AESA – PB (2013). Elaboração: Apolinário.

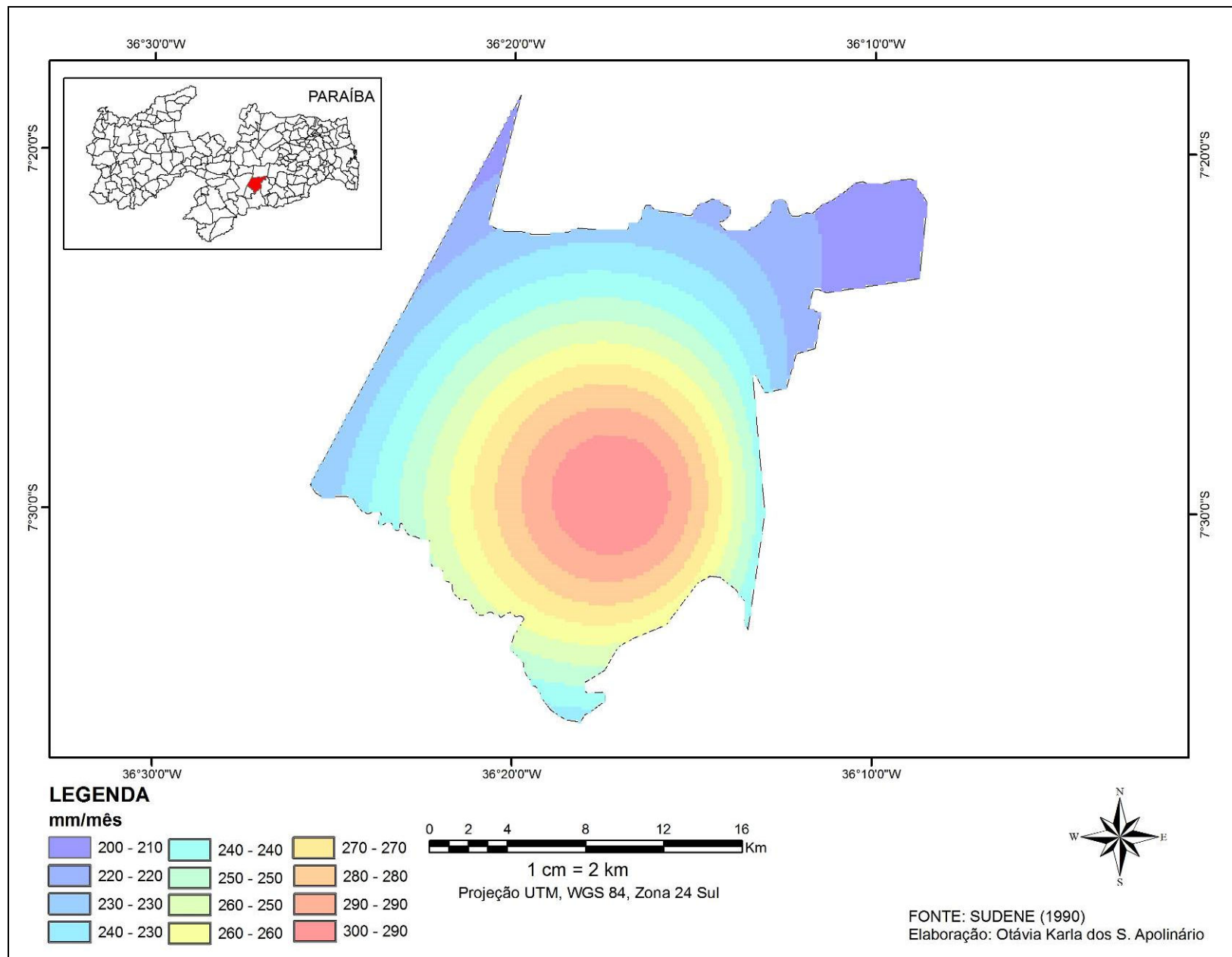


Figura 25 – Intensidade Pluviométrica anual em Cabaceiras no período de 1960 a 1990.
Fonte: AESA – PB (2013). Elaboração: Apolinário.

Os resultados obtidos da PA, DS e IP indicam a complexidade das chuvas no município, apresentando uma influência direta na cobertura vegetal em Cabaceiras, assim como em sua dinâmica, onde, desconsiderando as ações antropogênicas, verificamos, de forma geral, nas áreas centrais do município o domínio de vegetação esparsa, de médio a baixo porte, enquanto nas demais áreas a cobertura vegetal se apresenta mais adensada, conforme veremos de forma mais detalhada a seguir.

3.1.5 Características da Cobertura Vegetal

Dentre os elementos que compõem as Unidades de Paisagem, a vegetação possui grande destaque por sofrer influência direta da geologia, do relevo, dos solos, do clima e da hidrografia, constituindo-se em importante indicador geoambiental. Neste sentido, exerce influência direta na estabilidade do solo, facilitando a infiltração e acúmulo da água, influenciando nas condições climáticas do ambiente, além de várias outras funções que podem resultar em degradação ambiental (ALMEIDA, 2012), caso haja rarefação ou ausência deste elemento.

É importante observar a influência que cada variável pode exercer sobre a vegetação e como ela responde a essas influências, conforme veremos a seguir.

Para classificar a cobertura vegetal de acordo com porte e densidade, foram efetuados trabalhos de campo e identificados os seguintes tipos de classes de cobertura vegetal: Arbóreo-Arbustiva Fechada, Arbustivo-Arbórea Fechada, Arbustiva Fechada, Arbustiva Semi-Aberta e Aberta, Solo Exposto e Água. Optou-se por não colocar as classes Arbóreo-Arbustiva Aberta, Arbustivo-Arbórea Aberta e Arbustiva aberta por causa da resolução espacial das imagens 30x30m, que confunde consideravelmente na classificação. Pelo mesmo motivo, optou-se por juntar as classes Arbustiva Semi-Aberta e Aberta. As nuvens e sombras de nuvens não entraram na classificação por apresentarem pouca expressão espacial, não comprometendo as análises das classes escolhidas.

Dessa forma, seguindo a metodologia de classificação da cobertura vegetal utilizada por Souza (2008), vê-se a importância de conhecimento dos tipos de caatinga presentes na área estudada, podendo-se classificá-la como:

1. Caatinga com baixo nível de antropismo e degradação: Encontrada onde temos a predominância de cobertura vegetal arbóreo-arbustiva fechada e arbustivo-arbórea fechada, principalmente nas áreas de difícil acesso, de declividade média a alta, como também em

algumas áreas das margens dos rios, onde há solos mais úmidos e férteis. Dessa forma, esse tipo de caatinga foi subdividido em duas classes:

a) Cobertura vegetal arbóreo-arbustiva fechada: as áreas desse tipo de cobertura (Figura 26), como já mencionado antes, são áreas protegidas naturalmente pela declividade acentuada, que dificulta sua utilização tanto para o pasto como para a agricultura, conferindo a mesma aparência de uma cobertura vegetal mais próxima de uma mata ciliar de altitude ou de brejo, com a predominância de espécies arbóreas como o angico (*Anadenanthera Colubrina*), a aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), a baraúna (*Schinopsis brasiliensis*), a imburana-de-cheiro (*Amburana claudii*), a catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), o umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), o pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), o facheiro (*Pilosocereus pachycladus*) e o mandacaru (*Cereus jamacaru*), enquanto nos vales dos rios, destacam-se o pau-ferro (*Caesalpinia férrea*), o mulungu (*Erythrina velutina*), o juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), a craibeira (*Tabebuia caraíba*), o tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) e a oiticica (*Licania rigida*).

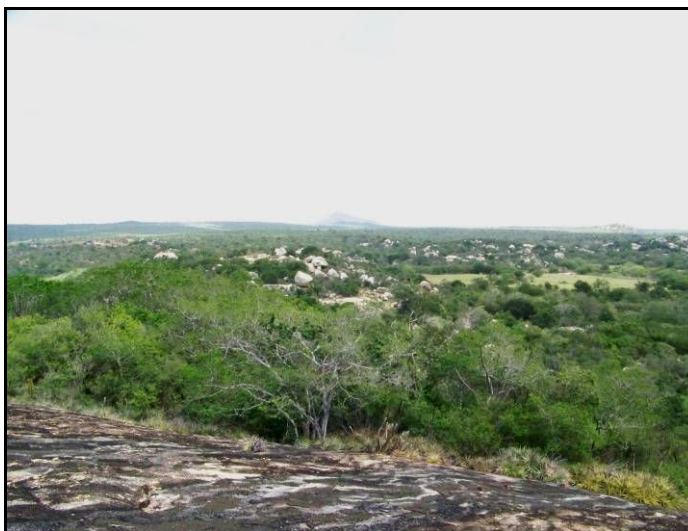


Figura 26 – Cobertura vegetal arbóreo-arbustiva fechada

b) Cobertura vegetal arbustivo-arbórea fechada: possui uma predominância das espécies arbustivas sobre as arbóreas (Figura 27). Esta característica reflete não apenas a presença de solos rasos, mas um relevo suavemente ondulado, de declividade baixa a média, conferindo a esta área boas condições para uso pecuário extensivo, como também para a extração vegetal. Este tipo de caatinga apesar, de estar em um processo de sucessão ecológica, levando em consideração o processo histórico e econômico do ciclo do algodão em todo o Cariri paraibano, vem sofrendo perdas significativas de biomassa e principalmente de

espécies nativas, as quais muitas são endêmicas, não existindo em nenhum outro bioma do planeta, o que justifica a preocupação com a preservação das mesmas. As espécies arbustivas dominantes são o pinhão-bravo (*Jatropha molissima*), o marmeleiro (*Croton sonderianus*), a jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), a maniçoba (*Manihot glaziovii*), o xique-xique (*Cereus gounellei*) e a palmatória-de-espinho (*Opuntia palmadora*).



Figura 27 – Vegetação Arbustivo-Arbórea Fechada.
Fonte – Apolinário. Data: 08/08/2013

2. Caatinga com alto nível de antropismo e degradação: Esse tipo de caatinga corresponde a áreas de constantes atividades humanas, tanto do presente quanto do passado, principalmente de cultivo do algodão, com o auge dessa atividade tendo ocorrido entre a segunda metade do século XIX e a primeira metade do século XX (ARRUDA MELO, 2002 *apud* SOUZA, 2008, p. 63). Após sua decadência na década de 1980, grandes áreas foram utilizadas para a pecuária e agricultura e outras áreas permaneceram impróprias, inclusive para a pecuária, até os dias de hoje. As fisionomias de vegetação encontradas nessas áreas de Caatinga são do tipo arbustiva e herbácea.

a) Cobertura vegetal arbustiva fechada: esta é composta por uma densa cobertura vegetal. No entanto, muitas das áreas com esse tipo de cobertura sofreram no passado uma degradação intensa, provocando o desenvolvimento predominante de algumas espécies de plantas, como por exemplo a *Mimosa tenuiflora* (jurema preta) (Figura 28). Em geral essas áreas não apresentam nenhum tipo de uso específico, no entanto pode ser encontrada a presença de caprinos e áreas com indícios de extração vegetal. Além da jurema preta, as espécies de maior dominância são as arbustivas pioneiras, como o pinhão-bravo (*Jatropha*

molissima), o marmeleiro (*Croton sonderianus*), o mofumbo (*Combretum leprosum*) e o xique-xique (*Cereus gounellei*).



Figura 28 – Vegetação Arbustiva Fechada.

Fonte – Apolinário. Data: 08/08/2013

b) Cobertura vegetal arbustiva semi-aberta e aberta: estes dois tipos de cobertura vegetal possuem características bastante semelhantes, sendo diferenciados basicamente pela densidade. Ambas possuem uso agropecuário, destacando-se a cultura da palma forrageira para complementação alimentar do bovino e a criação extensiva de caprino (Figuras 29 a 31).



Figura 29 – Vegetação Arbustiva Aberta.

Fonte - Apolinário. Data: 08/08/2013



Figura 30 - Plantação de Palma Forrageira. Figura 31 - Pecuária Bovina Extensiva.
Fonte - Apolinário. Data: 08/08/2013.

Essas áreas com cobertura vegetal arbustiva semi-aberta e aberta são próximas aos rios, riachos e açudes e possuem relevo suave ondulado e de fácil acesso. Apresentam estágio de degradação bastante avançado, com extensas áreas de solo exposto e vegetação rala formada por estratos arbustivos e herbáceos e pequenas ilhas de vegetação. Entre os estratos arbustivos predominates se destacam o pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) a catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), o pinhão-bravo (*Jatropha molissima*) e o xique-xique (*Cereus gounellei*), espécies pioneiras e de elevada resistência ao clima semiárido e a elevado grau de degradação. Quanto ao estrato herbáceo, predominam duas espécies também altamente competidoras e indicadoras de degradação, a malva-branca (*Sida sp.*) e o velame (*Croton campestris*), existindo casos em que a elevada presença das mesmas indica um retrocesso dos processos de sucessão ecológica nesses ambientes (ARAÚJO FILHO & CARVALHO, 1997 *apud* SOUZA, 2008). Outra espécie presente nessas áreas é o capim panasco (*Aristida adscensionis*) (Figura 32).



Figura 32 - Capim Panasco e Xique Xique.
Fonte - Apolinário. Data: 08/08/2013

Conforme já destacamos anteriormente, a vegetação é um importante indicador de degradação ambiental, tendo em vista que é o componente da paisagem de mais fácil identificação visual em escala temporal humana. Sendo assim, é possível identificar quando há alterações no aumento ou diminuição da biomassa, seja essa alteração provocada por um processo natural ou antrópico.

De posse da classificação e caracterização da cobertura vegetal, conforme seu porte e densidade, buscou-se gerar o Índice de Vegetação Ajustado para o Efeito do Solo – SAVI, com o qual foi possível ter uma ideia da distribuição espacial da biomassa existente no município de Cabaceiras em dois períodos: 02/08/1989 e 29/07/2005. Sendo assim, os valores de SAVI da imagem do ano de 1989 variaram entre -0,134488 e 0,684018 e da imagem do ano de 2005 a variação ficou entre -0,2731 e 0,654206. Os valores mais baixos, com tonalidade do lilás escuro ao claro indicam, respectivamente, presença de água e nuvem e solo exposto, incluindo neste último uma vegetação possivelmente rasteira ou de solo exposto, afloramento rochoso e sombra de nuvem (a nuvem e sombra estão presentes apenas para a imagem de 2005); os valores próximos do amarelo ao verde escuro correspondem, respectivamente, a vegetação de baixa a alta densidade (Figura 33).

A partir da densidade de biomassa inferida a partir do SAVI e da classificação e caracterização da cobertura vegetal, foram gerados os mapas de cobertura vegetal (Figuras 34 e 35).

Para a imagem do ano de 1989 algumas áreas de solo exposto foram identificadas em campo como sendo vegetação arbustiva semi-aberta e aberta. Também houve uma ligeira confusão entre cobertura vegetal arbóreo arbustiva fechada, com a vegetação arbustivo arbórea fechada.

Na imagem do ano de 2005 também foi verificada uma confusão entre as tipologias, porém em menor proporção. Nesse caso, as classes que mais se confundiram foram solo exposto com nuvem e água com sombra de nuvem.

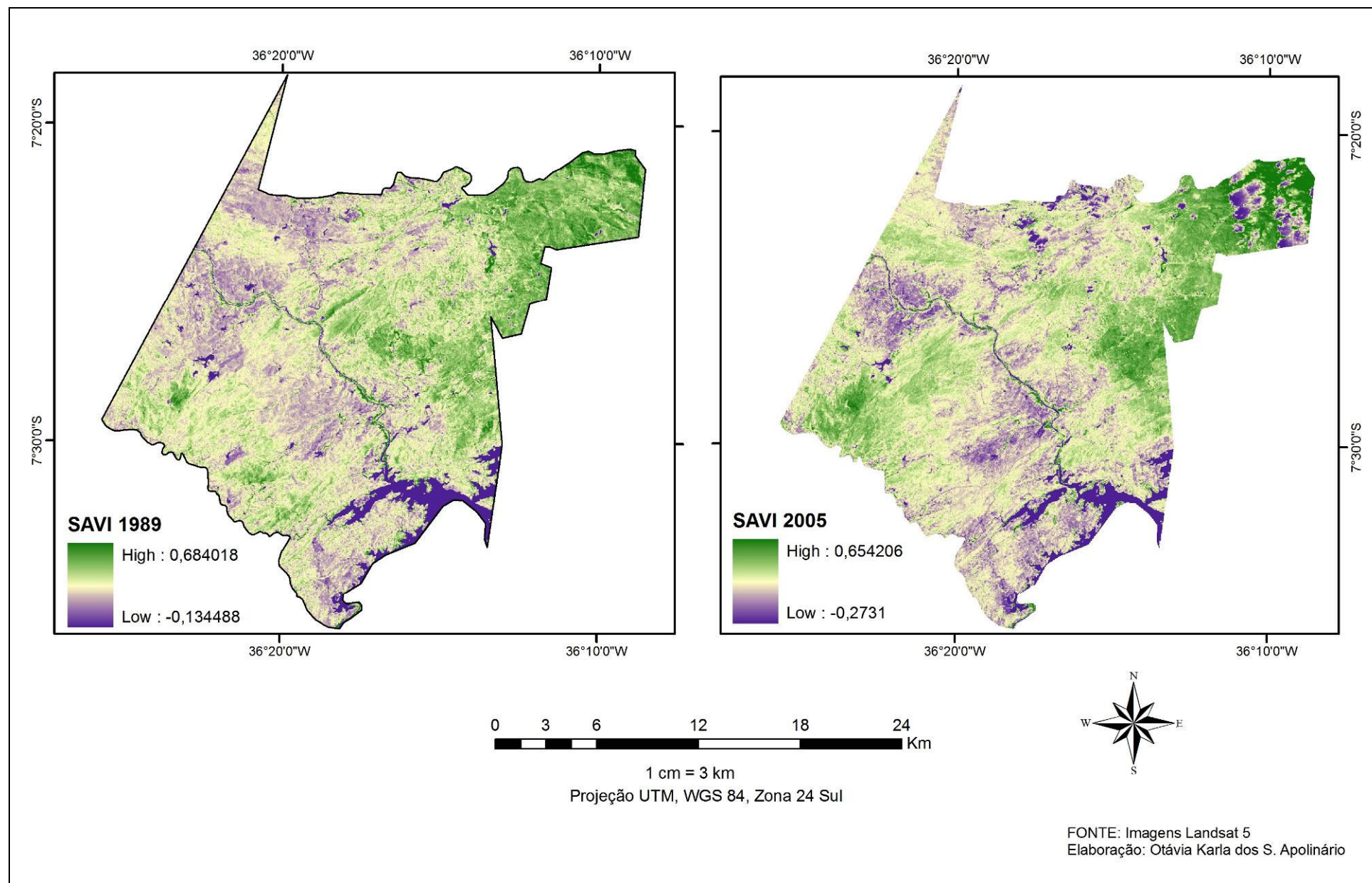


Figura 33 – Espacialização do SAVI no município Cabaceiras.
Fonte: Imagem do Ladsat 5TM de 02/08/1989 e 29/07/2005 (INPE).

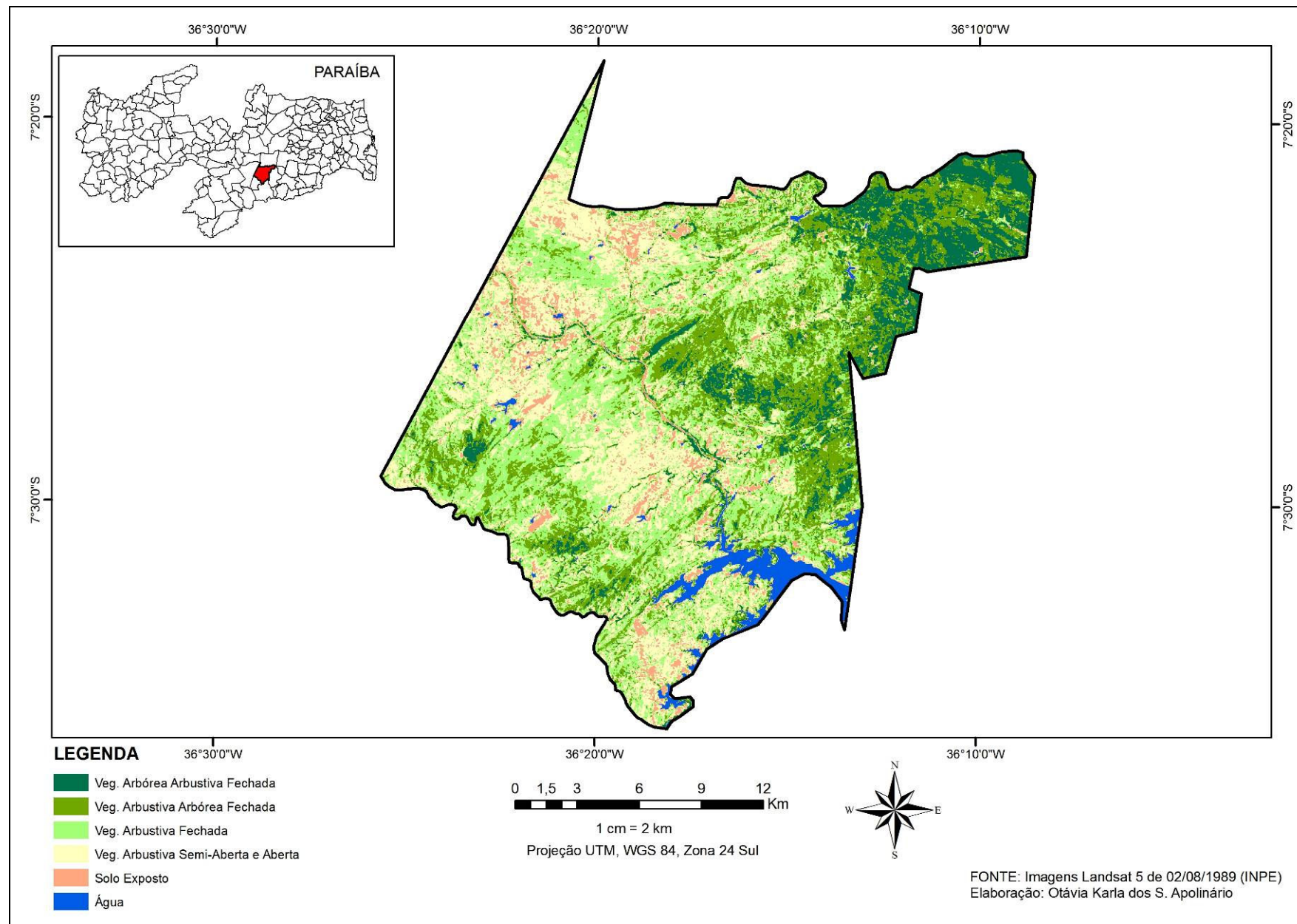


Figura 34 – Classificação da cobertura vegetal do município Cabaceiras-PB do período de 02/08/1989.
Fonte: Ladsat 5 TM de 02/08/1989 (INPE)

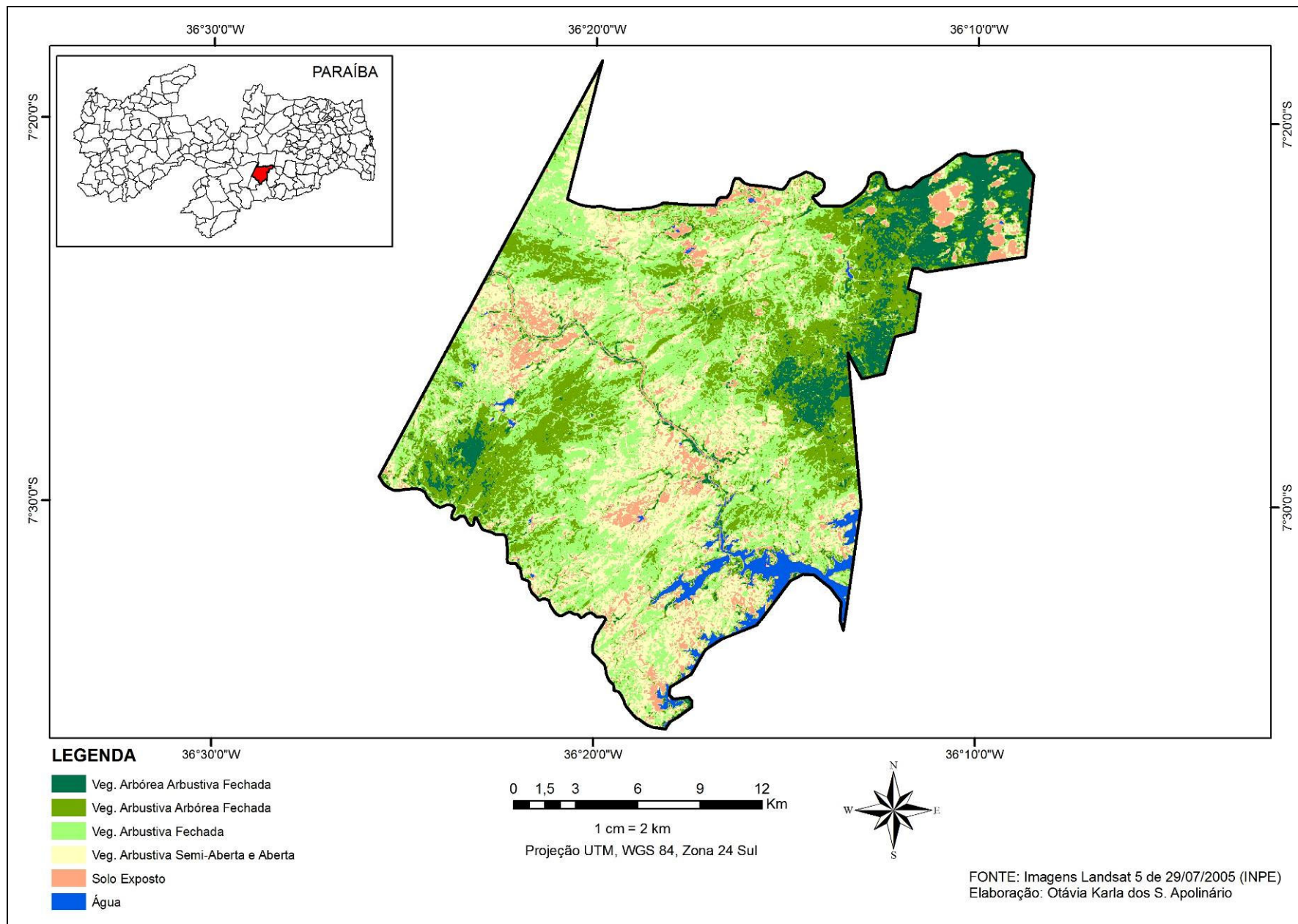


Figura 35 – Classificação da cobertura vegetal do município Cabaceiras-PB do período de 29/07/2005.

Fonte: Ladsat 5 TM de 29/07/2005 (INPE)

Observa-se, nas imagens, que as classes de vegetação do tipo arbóreo-arbustiva fechada, arbustivo-arbórea fechada e arbustiva semi-aberta e aberta são um pouco mais evidentes na Figura 34 (imagem de 1989) que na Figura 35 (imagem de 2005), no entanto, a imagem de 2005 evidencia uma maior área de vegetação arbustiva fechada e solo exposto (Tabela 13).

Tabela 13 - Distribuição em área e porcentagem da cobertura vegetal e água no município de Cabaceiras – PB em 02/08/1989 e 29/07/2005.

Cob. Vegetal	1989		2005	
	Área (Km²)	Porc. (%)	Área (Km²)	Porc. (%)
Veg arbóreo arbustiva fechada	53,6	11,8%	41,71	9,2%
Veg arbustivo arbórea fechada	109,42	24,1%	104,9	23,1%
Veg arbustiva fechada	134,51	29,7%	145,91	32,2%
Veg arbustiva semi-aberta e aberta	115,13	25,4%	113,65	25,1%
Solo exposto	26,43	5,8%	35,45	7,8%
Água	14,39	3,2%	11,85	2,6%
Total	453,48	100%	453,47	100%

Fonte: Apolinário (2013).

Alguns fatores como a pluviosidade e o uso do solo podem explicar o porquê dessa distribuição da cobertura vegetal nos referidos anos de 1989 e 2005.

No ano de 1989 choveu 556,1 mm/ano (Tabela 14), sendo que do mês de março ao mês de julho choveu 467,9 mm, refletindo na vegetação do período de 02 de agosto do referido ano uma maior densidade, como também uma maior captação de água pelos solos, açudes, barragens, lagos e cacimbas.

Tabela 14 - Pluviosidade mensal (mm) coletado no posto pluviométrico do Município de Cabaceiras- PB em 1989.

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	TOTAL
0,0	0,0	58,6	227,6	50,5	59,6	71,6	40,2	0,0	2,0	5,6	40,4	556,1
		Total do M3 a M7 = 467,9										

Fonte: AESA/PB (2014).

Até o início da década de 1980, a atividade de maior impacto negativo para o ambiente nessa área foi o cultivo do algodão, com produção de 28 toneladas obtido em

uma área de 30 ha (IBGE, 1985), a pecuária bovina com 8.408 cabeças (IBGE, 1985) e caprina principalmente, com 12.822 cabeças (IBGE, 1985). Para o desenvolvimento da agropecuária, como é tradicional no espaço semiárido brasileiro, faz-se o desmatamento da área seguido da queima da biomassa retirada, deixando o solo totalmente descoberto para a posterior ocupação com o algodão, enquanto nas áreas destinadas para a pastagem se espera o crescimento espontâneo de herbáceas e arbustos nativos, ficando expostas por longos períodos de tempo, além do que o ambiente alterado não consegue restabelecer a cobertura vegetal em toda a sua extensão original.

No caso de 2005, a pluviosidade foi menor que no ano de 1989, perfazendo um total de 433 mm/ano. Nesse contexto, do mês de março ao mês de julho choveu 314,2 mm (Tabela 15), com uma diferença de 153,7 mm quando comparado ao ano 1989.

Tabela 15 - Pluviosidade mensal (mm) registrada no posto pluviométrico do Município de Cabaceiras- PB em 2005.

M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	TOTAL
4,2	14,0	114,3	31,6	50,9	101,8	15,6	34,8	0,0	0,0	0,0	65,7	433
Total do M3 a M7 = 314,2												

Fonte: AESA/PB (2014).

Essa diferença nas precipitações é visível quando comparada a área ocupada por água em parte do Açude Eptácio Pessoa nas duas imagens. Na imagem de 2005 a área ocupada apresentava 2,6% do total da área do município, enquanto que no ano de 1989 aumentou para 3,2%, portanto uma diferença de 0,6%. Essa diferença percentualmente não é elevada, mas em se tratando do semiárido, onde naturalmente domina uma distribuição de chuva temporo-espacial irregular, com temperaturas médias mensais superiores a 18°C e uma evapotranspiração bastante acentuada, torna-se bastante significativa, principalmente para a rebrota e desenvolvimento da cobertura vegetal.

As áreas com solo exposto e com vegetação arbustiva fechada aumentaram nesse período, com uma diferença de 2% e 2,5% respectivamente. Com a diminuição da área com vegetação arbóreo-arbustiva fechada e arbustivo-arbórea fechada, conseqüentemente aumenta a área da cobertura vegetal arbustiva fechada, enquanto com a diminuição da área com vegetação semi-aberta e aberta aumenta a área de solo exposto. É possível que isso tenha ocorrido por vários fatores, tanto por processos naturais como não naturais, no entanto, consideramos como mais importantes as atividades antropogênicas intensamente desenvolvidas sem preocupação com a

conservação e preservação do meio ambiente que causam e acentuam a degradação. Dessa forma, segue a baixo alguns fatores que possivelmente favoreceram a diminuição da densidade de biomassa e aumento da área de solo exposto no município:

- a) distribuição irregular da chuva;
- b) temperaturas elevadas do solo, devido a sua maior exposição com o desmatamento, gerando a ampliação dos limites à germinação das sementes de algumas espécies vegetais;
- c) aumento da pecuária caprina, que passou de 12.822 cabeças para 14.000 cabeças (IBGE, 2005), e a consequente intensificação da pressão sobre a vegetação nativa, visto que esses animais se alimentam basicamente das espécies arbustivas e herbáceas nativas, enquanto em períodos de secas extensas se alimentam inclusive do caule de algumas espécies;
- d) aumento da extração vegetal, tanto para produção de carvão vegetal, passando de 305 kg (IBGE, 1985) para 3 toneladas (IBGE, 2005), quanto para o corte de lenha, o qual teve a área aumentada consideravelmente, de 9m³ (IBGE, 1985) para 4000m³ (IBGE, 2005).

Conforme exposto, vários são os fatores que podem em conjunto causar perda na qualidade ambiental. Essa perda pode ser acarretada tanto por uma fragilidade potencial ou natural do ambiente, ao longo do tempo, em uma escala geológica, quanto por uma fragilidade emergente, onde as atividades humanas intensas alteram a estabilidade natural do ambiente, como também podem ocorrer concomitantemente (ROSS, 1994). Essa alteração na estabilidade natural do ambiente poderá ser classificada, de acordo com Tricart (1977), em um ambiente estável, intermediário (*intergrade*) ou instável, correlativa a uma proporção de vulnerabilidade (CREPANI et al 2001) menor ou maior, dependendo das características originais do ambiente e do tipo de uso e cobertura do solo. Sendo assim, no capítulo posterior será enfatizada a análise da relação estabilidade e vulnerabilidade dos componentes da paisagem com o processo de degradação que vem sendo acentuado no município de Cabaceiras ao longo dos tempos.

3.2 ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À EROSÃO

3.2.1 Vulnerabilidade das Rochas

Para a avaliação e análise da estabilidade geológica foram atribuídos valores de vulnerabilidades (Tabela 16) correspondentes aos tipos de rochas e ao grau de coesão das mesmas, onde quanto maior o grau de coesão, menor o grau de vulnerabilidade (prevalecendo a pedogênese) e quanto menor o grau de coesão, maior o grau de vulnerabilidade (prevalecendo a morfogênese).

Tabela 16 – Distribuição em área e classificação dos valores de vulnerabilidade das rochas.

Unidade Litoestatigráfica	Tipo De Rocha	Área (%)	Grau de Vulner.	Categoria Ecodinâmica
Ortognaisses Granodioríticos Graníticos	Metamórfica	12,03	1,2	Estável
Suíte intrusiva calcialcalina de médio a alto K Itaporanga	Ígnea	4,91	1,2	
Suíte Camalaú	Metamórfica	7,37	1,3	
Serra do Jabitacá	Metamórfica	2,12	1,4	Moderadamente Estável
Complexo São Caetano	Metamórfica	0,09	1,7	
Sertânia	Metamórfica	14,43	1,7	
Sumé	Sedimentar (ou Sedimentos), Metamórfica	59,04	1,8	Medianamente Estável

Fonte: Wanderley et al (2002); Crepani et al (2001)

A vulnerabilidade das rochas varia entre estável, compreendendo as Unidades Litoestatigráficas Ortognaisses Granodioríticos Graníticos, Suíte Camalaú e Suíte Intrusiva Calcialcalina de Médio a Alto K Itaporanga, com 24,32% da área; moderada estabilidade, com 16,64% da área, compreendendo as unidades de Sertânia, Complexo São Caetano e Serra do Jabitacá; e média estabilidade com 59,04%, da área compreendendo a Unidade Litoestatigráfica Sumé (Figura 36).

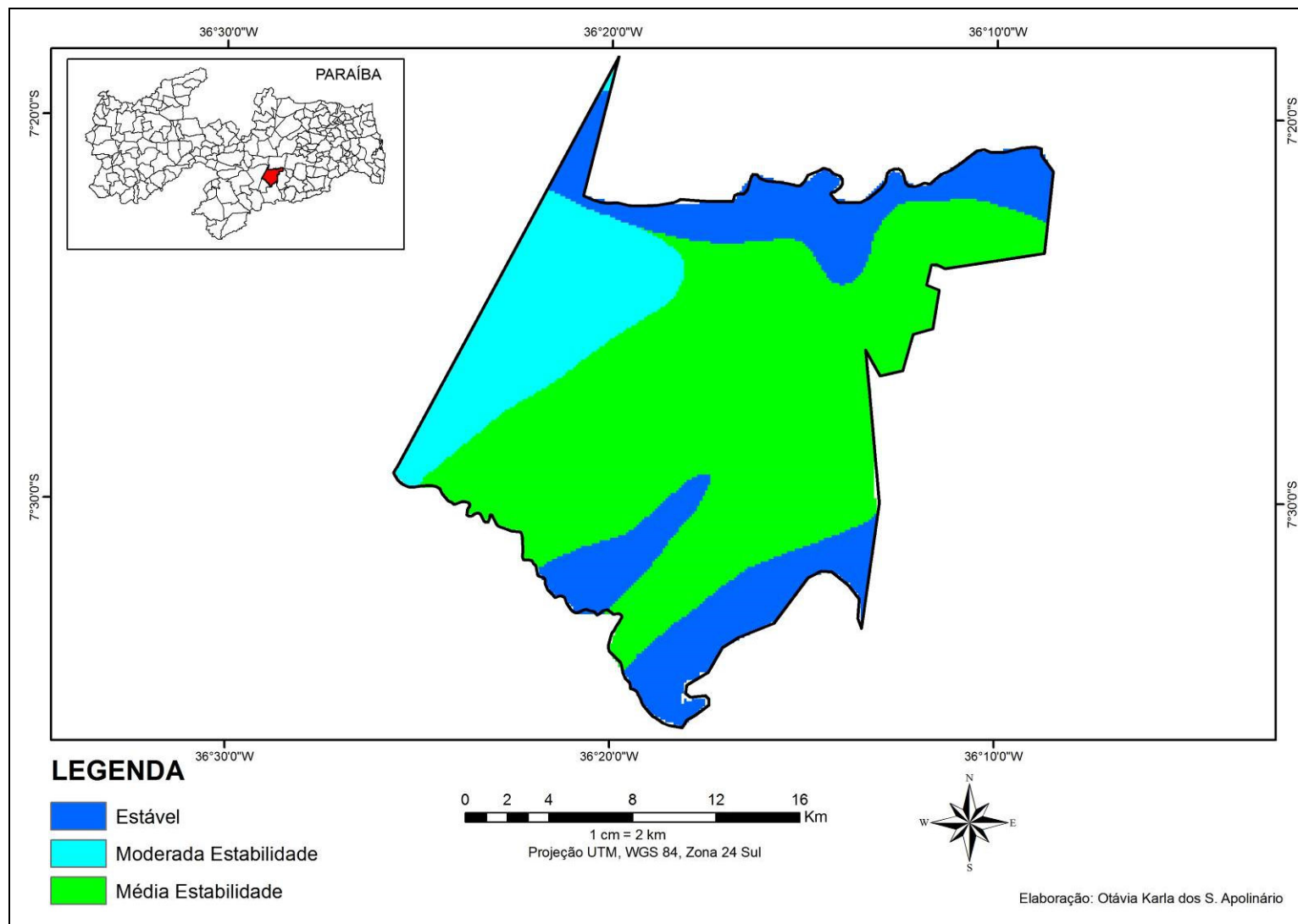


Figura 36 – Vulnerabilidade das rochas do município de Cabaceiras-PB.

Dentre os tipos de rochas que compreende a litoestatigrafia do município de Cabaceiras, as Ígneas são as que possuem maior grau de coesão, visto que a composição química predominante desse tipo de rocha na área de estudo são o granito e o granodiorito, possuindo alto grau de resistência ao intemperismo (CREPANI et al.; 2001), estando portanto, na categoria morfodinâmica estável. Esse tipo de rocha encontra-se na porção norte e sul do município, onde está presente, respectivamente, um grande afloramento rochoso (batólito), como pode ser visto no capítulo anterior, na figura 10 da página 50, e alinhamentos de cristas, figura 14 da página 52.

As rochas Metamórficas estão presentes em quase todas as Unidades Litoestatigráficas que compreendem o Município. Esse tipo de rocha é formado por uma intrusão magmática em uma rocha Ígnea ou Sedimentar. Nesse caso, esse processo de metamorfose modifica as características originais da rocha, alterando seus minerais para um maior ou menor grau de resistência ao intemperismo. Na área de estudo, esse tipo de rocha compreende duas categorias morfodinâmicas, estável e moderadamente estável, dependendo do tipo de rocha e seu grau de coesão, portanto tendo vulnerabilidade muito baixa a baixa.

Na Unidade Litoestatigráfica Sumé há dois tipos de rochas, a Metamórfica e a Sedimentar. Essa última é constituída de materiais derivados do intemperismo e erosão de rochas preexistentes. Essas partículas que resistiram ao intemperismo das rochas primárias agregam-se à outras partículas de diferentes tipos de rochas e minerais. Essa composição sedimentar possui uma frágil consistência, de agregados friáveis (passíveis de sofrer fragmentação, esfacelamento) e físeis (passível de se fender), os quais tornam esse tipo de rocha instável e vulnerável à erosão (CREPANI et al., 2001).

Diante do exposto, dentre todas as Unidade Litoestatigráficas presentes na área de estudo, a Unidade Sumé apresenta uma estabilidade mediana, com valor de vulnerabilidade 1,8. Vale salientar que apesar da maioria das rochas dessa Unidade serem metamórficas, o que a diferencia das outras unidades é justamente a associação com a rocha sedimentar, fazendo com que essa Unidade ultrapasse os limites da estabilidade moderada para a estabilidade mediana, prevalecendo a relação entre pedogênese e morfogênese.

3.2.2 Vulnerabilidade do Relevo

Para definir a escala de Vulnerabilidade Geomorfológica, foram analisados três índices morfométricos: Densidade de Drenagem (DD), Amplitude Altimétrica (AA) e Declividade (D) (Tabela 17).

Mediante o cruzamento desses valores de vulnerabilidade através da sobreposição de mapas, foi gerada a Carta de Vulnerabilidade do Relevo, a qual encontra-se estável em 99,45% de sua área total (Figura 37). Essa estabilidade se dá pelo baixíssimo valor de vulnerabilidade da Densidade de Drenagem, provavelmente pela baixa porosidade e permeabilidade do solo e das rochas, e pela Amplitude Altimétrica, com baixo aprofundamento de dissecação, diminuindo a energia potencial para o *runoff*, ambas classificadas com estáveis, e também por possuir Declividade predominantemente baixa, entre 2% e 6%, diminuindo a possibilidade de transformação da energia potencial em energia cinética responsável pelo *runoff*, encontrando-se nas categorias estável e moderadamente estável, apesar de possuir valores de vulnerabilidade que vão do estável ao instável, ainda que em menores proporções. Em algumas áreas onde a declividade se apresenta mais acentuada, em função dos *inselbergs* e dos grandes batólitos, a estabilidade encontra-se moderada, correspondendo a 0,55% de toda a área.

Tabela 17 - Valores de vulnerabilidade do relevo e categorias morfodinâmicas.

DD (Km/Km ²)	AA (m)	D (%)	Valor de Vulnerabilidade	Categoria Morfodinâmica
0,61 a 0,98	4,12 a 20 20 a 26,07	<3,5	1,0	Estável
		3,5 - 5,8	1,1	
		5,8 - 8,2	1,2	
		8,2 - 10,3	1,3	
		10,3 - 12,9	1,4	Baixa Estabilidade
		12,9 - 15,1	1,5	
		15,1 - 17,4	1,6	
		17,4-19,8	1,7	
		19,8-22,2	1,8	Média Estabilidade
		22,2-24,5	1,9	
		24,5-27,2	2,0	
		27,2-29,6	2,1	
		29,6-32,1	2,2	Moderada Estabilidade
		32,1-34,6	2,3	
		34,6-37,2	2,4	
		37,2-39,8	2,5	
		39,8-42,4	2,6	Instável
		42,4-45,3	2,7	
		45,3-48,1	2,8	
		48,1-50,0	2,9	
		50,0-53,6	3,0	

Fonte – Crepani et. al; (2008)

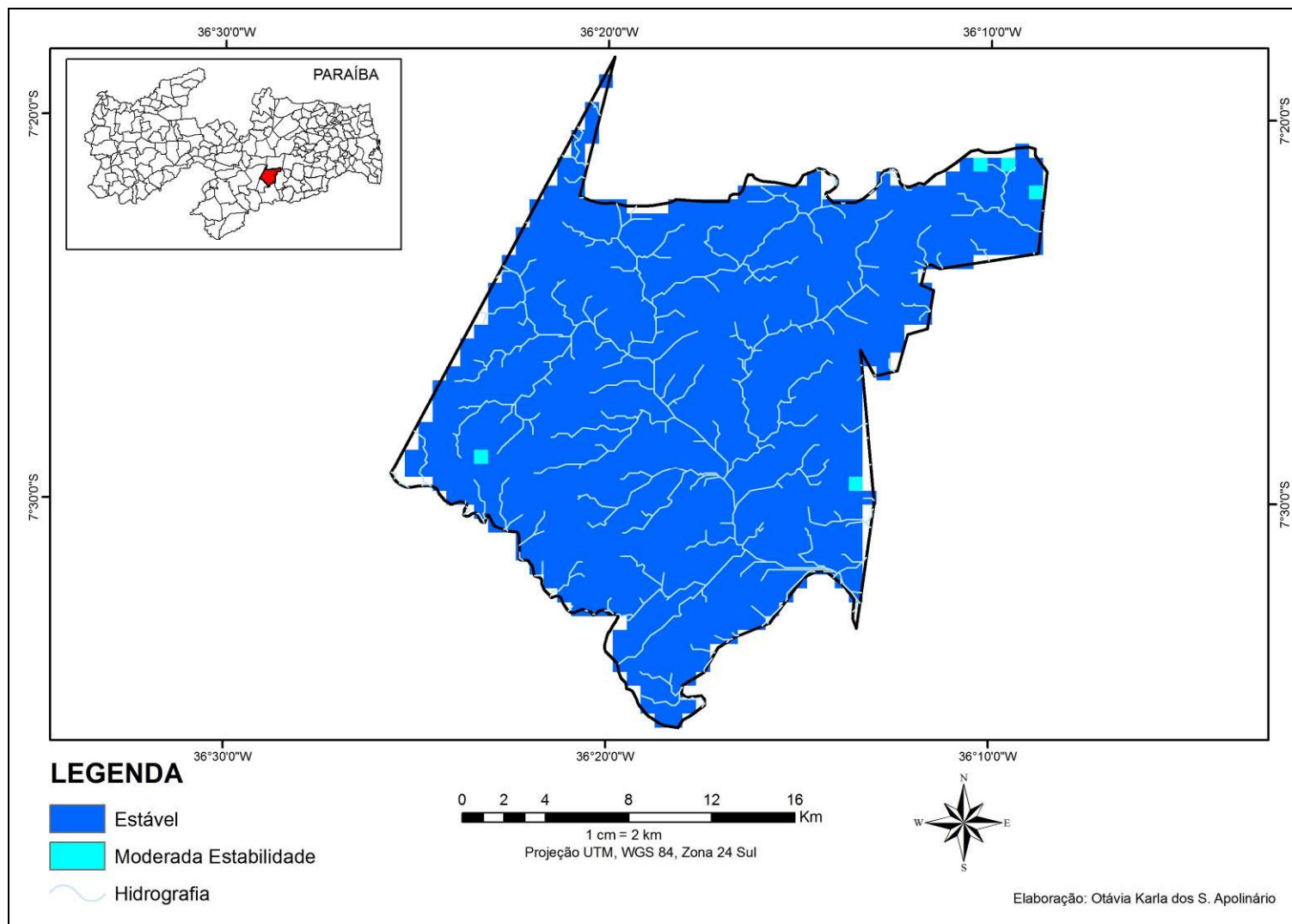


Figura 37 - Vulnerabilidade do revelo do município de Cabaceiras-PB

3.2.3 Vulnerabilidade dos Solos

Como visto no capítulo anterior, há uma predominância de três tipos de solos no município, o Luvisolo Crômico, Neossolo Litólico e Vertissolo Hidromórfico. Mediante a escala de vulnerabilidade e a classificação morfodinâmica, o município tem 54,86% da área total com valor 3 de vulnerabilidade, classificado como instável, numa relação de equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese, compreendendo dois tipos de solos, o Neossolo Litólico e Vertissolo Hidromórfico; e 45,14 % da área corresponde ao valor 2 de vulnerabilidade, classificado como medianamente estável, prevalecendo a morfogênese, compreendendo a predominância do Luvisolo Crômico (Tabela 18 e Figura 38).

Tabela 18 – Valores de Vulnerabilidade dos solos e classes morfodinâmicas.

CLASSE DE SOLO	VALOR DE VULNERABILIDADE	CLASSIFICAÇÃO MORFODINÂMICA
Luvisolo Crômico	2,0	Medianamente Estável
Neossolo Litólico	3,0	Instável
Vertissolo Hidromórfico	3,0	Instável

Fonte – EMBRAPA (2009); Crepani et. al; (2001)

Apesar das características pedológicas da área de estudo apresentarem solos com estabilidade mediana, é importante que se leve em consideração os vários tipos de manejo da terra (técnicas de agricultura, tipos de culturas, métodos de preparo do solo, etc.) e os diferentes tipos de uso (silviculturais, pastagens, culturas, etc). Nesse caso, ainda que Crepani et al. (2001) destaquem que a maior ou menor susceptibilidade de um solo sofrer processos erosivos depende principalmente das condições intrínsecas do mesmo, no entanto, vale salientar que, enquanto um centímetro de solo é formado em uma escala de tempo geológica, ou seja, centenas e milhares de anos, a perda da mesma quantidade pode ser sofrida em um curto período tempo com o manejo inadequado do solo e uso exaustivo do mesmo.

As atividades antropogênicas desenvolvidas no município, principalmente nas áreas de estabilidade mediana, que são áreas de maior utilização para a pecuária e para o extrativismo vegetal, acabam por sofrer uma degradação acelerada, deixando todo o município de Cabaceiras susceptível à erosão (morfogênese), seja ela natural ou induzida, diminuindo consideravelmente o processo de formação e desenvolvimento do solo (pedogênese).

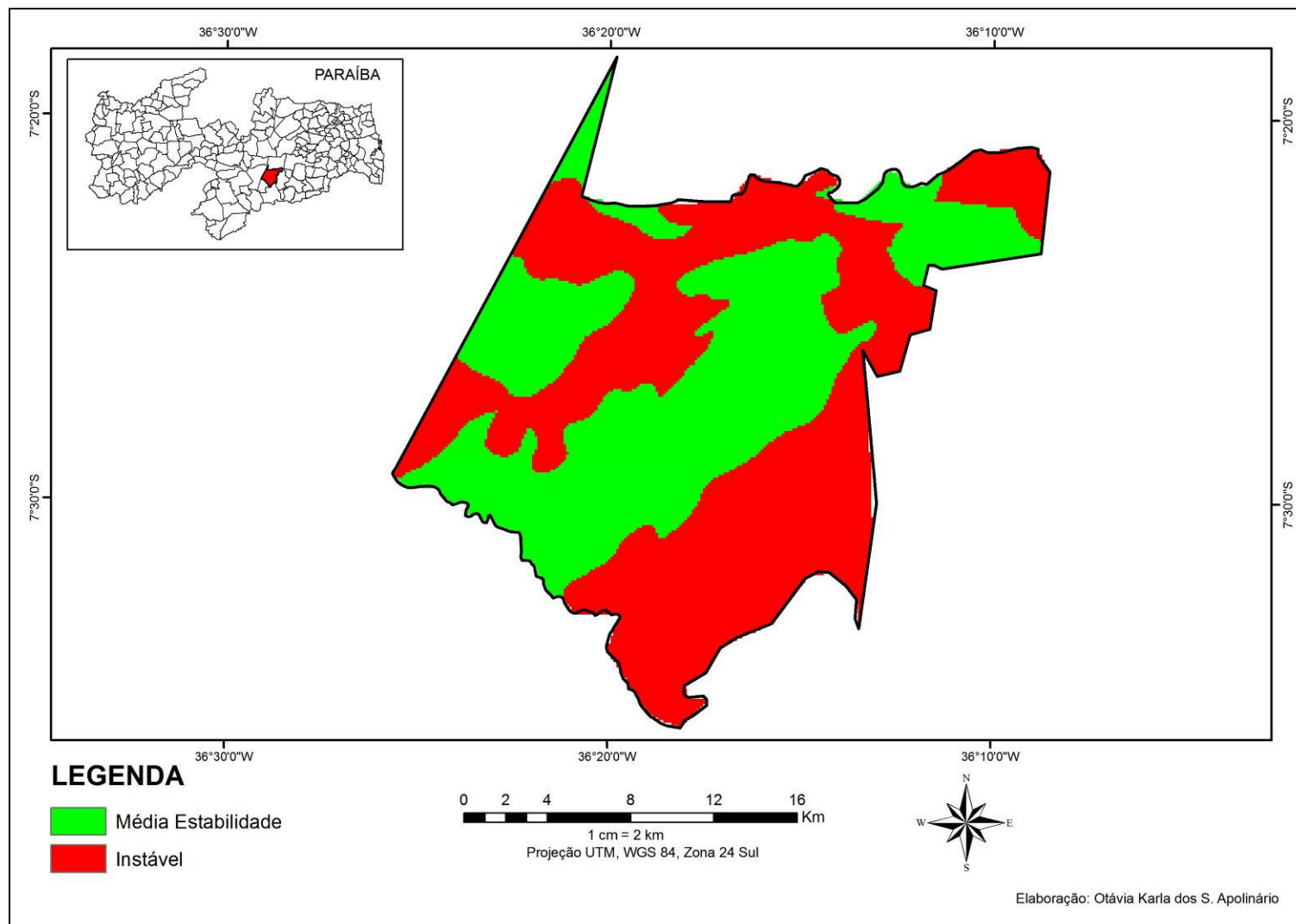


Figura 38 - Vulnerabilidade dos solos do município de Cabaceiras – PB.

As áreas classificadas como instáveis são bastante heterogêneas, tanto no que diz respeito ao tipo de solo e suas características, como descrito no capítulo anterior, quanto os aspectos físicos do relevo e os tipos de uso da terra, visto que nas áreas onde predominam o Neossolo Litólico o relevo possui rugosidade acentuada, alinhamentos de cristas bem definidos, afloramentos graníticos e declividade variando predominantemente entre 6% e 50%, dificultando consideravelmente o desenvolvimento da agropecuária. Como o próprio nome indica, o Neossolo Litólico é um solo novo, pouco desenvolvido, raso, assentado sobre as rochas, altamente vulnerável à erosão e a degradação.

Já nas áreas onde predominam o Neossolo Flúvico, o solo é mais propício para o desenvolvimento das atividades agrícolas, visto que o relevo é mais plano, com poucas ondulações, possui maior capacidade de armazenamento de água e é mais fértil, favorecendo também o desenvolvimento de espécies arbóreas principalmente às margens dos rios.

As áreas com predomínio do Vertissolo Hidromórfico são altamente vulneráveis à erosão, principalmente por causa dos minerais que o constitui, sobretudo a argila. Em áreas desmatadas há uma grande dificuldade de recolonização das plantas por causa da argila, que se contrai na seca e se expande com a umidade, ocasionando também uma deficiência de drenagem. Existem também várias áreas pontuais onde foi verificada uma degradação mais acentuada pela retirada da vegetação, deixando o solo nu e portanto susceptível aos processos erosivos.

3.2.4 Vulnerabilidade Pluviométrica

A variável precipitação (chuva) é determinante no desenvolvimento dos processos erosivos, embora outras variáveis contribuam diretamente para o aumento ou diminuição desse processo, como vimos no Diagnóstico Físico.

De acordo com Crepani et al. (2001), as principais características físicas da chuva diretamente relacionadas com os processos erosivos são: a pluviosidade total, a intensidade pluviométrica e a distribuição sazonal. Entre elas, a mais representativa é a intensidade pluviométrica, por representar uma relação entre os outros dois índices (quanto chove/quando chove), determinando dessa forma a quantidade de energia potencial disponível para a geração de energia cinética responsável pela erosividade da chuva. Sendo assim, quanto maior for o valor da intensidade pluviométrica maior é a

erosividade da chuva. A partir desses resultados é possível analisar a influência da chuva nos processos morfodinâmicos por meio da escala de vulnerabilidade (Tabela 19).

Tabela 19 – Valores de vulnerabilidade da intensidade pluviométrica e classificação morfodinâmica.

Intensidade Pluviométrica	Valor de Vulnerabilidade	Classificação Morfodinâmica	Área (%)
200,58 - 225,00	1,7	Moderadamente Estável	21,05
225,00 - 250,00	1,8	Medianamente Estável	78,95
250,00 - 275,00	1,9		
275,00 - 294,89	2,0		

Fonte – Crepani et al (2001)

Apenas 21,05% de toda extensão do município tem intensidade pluviométrica baixa, proporcionando uma condição de moderada estabilidade. Em contrapartida, em 78,95% da área prevalece uma intensidade pluviométrica mais alta, proporcionando uma estabilidade mediana (Figura 39). Essa área possui uma maior pressão da chuva ocasionada pela característica mais torrencial, resultando na erosividade de um solo já bastante alterado pelas atividades humanas.

Apesar da intensidade pluviométrica corresponder às categorias morfodinâmicas moderadamente estável e medianamente estável, o que não seria ruim para uma região onde os solos fossem mais férteis e a vegetação tivesse um maior poder de regeneração, este não é o caso do Cariri paraibano, onde encontra-se a área de estudo, visto ser alvo de elevada degradação ambiental.

Um ambiente onde o solo é raso, pedregoso e em alguns locais argiloso, com vegetação predominantemente arbustiva a rala, irá sofrer uma maior aceleração dos processos erosivos, pois sem cobertura vegetal suficiente no solo a erosão por salpico da água da chuva irá compactá-lo ao ponto de reduzir sua capacidade de infiltração, aumentando o escoamento superficial (energia cinética), que irá acentuar a lixiviação, retirando os nutrientes e diminuindo sua fertilidade, possibilitando a formação de fluxos lineares que podem evoluir para microrravinas.

Vale destacar, conforme ressaltado em outro momento, que apesar da erosão ser um processo natural, houve a influência direta das atividades humanas para que se intensificasse, visto que a área de estudo foi muito desmatada até o final da década de 1980 para o desenvolvimento da cultura do algodão e também com a retirada da

vegetação para produção de carvão, influenciando decisivamente para uma desestabilização do solo e principalmente da vegetação.

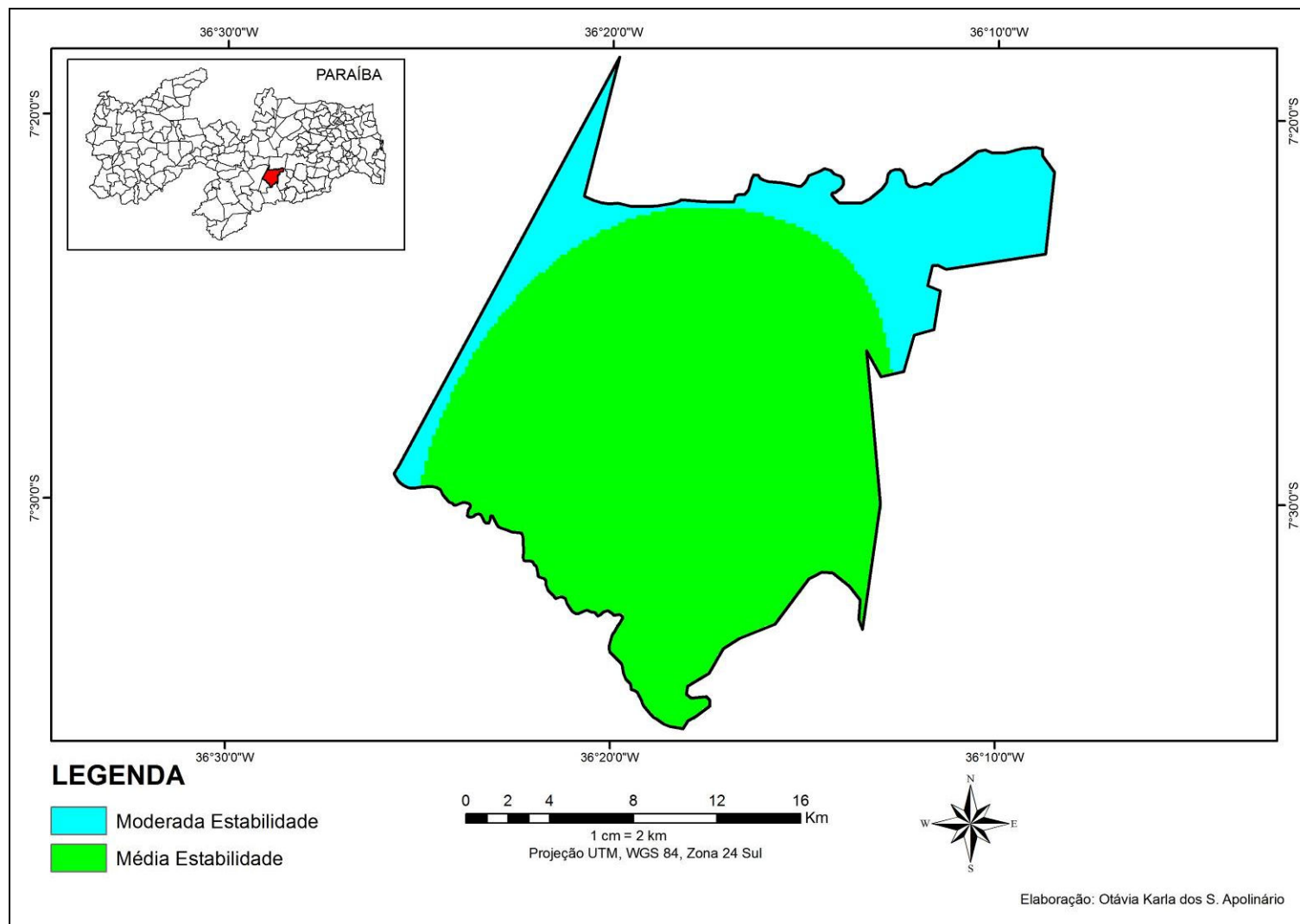


Figura 39 - Vulnerabilidade da intensidade pluviométrica do município de Cabaceiras – PB

3.2.5 Vulnerabilidade da Cobertura Vegetal

A classificação da vulnerabilidade será realizada com base na densidade da cobertura vegetal, também levando em consideração todos os componentes físicos da paisagem, assim como as atividades humanas existentes na área de estudo.

A densidade da vegetação se apresenta de forma bem diversificada em todo o município, formando um verdadeiro mosaico, podendo-se distinguir, tanto em campo quanto na imagem de satélite, núcleos de vegetação densa, arbóreo-arbustiva, arbustivo-arbórea e arbustiva, assim como núcleos de vegetação esparça semiaberta, aberta e solo exposto, como pôde ser verificado na análise da classificação da cobertura vegetal, no capítulo anterior. A partir dessa classificação foi possível mensurar a vulnerabilidade da cobertura vegetal (Tabela 20).

Tabela 20 – Valores de vulnerabilidade e categorias morfodinâmicas da cobertura vegetal.

Cobertura Vegeral	Valor de Vulnerabilidade.	Classificação Morfodinâmica	Área (Km²)	Área (%)
Água	-	-	11,85	2,61
Arbóreo Arbustiva Fechada	1,6	Moderadamente Estável	41,71	9,20
Arbustiva Arbórea Fechada	2,1	Medianamente Estável	104,90	23,12
Arbustiva Fechada	2,4	Moderadamente Instável	145,91	32,18
Arbustiva Semi-Aberta, Aberta e Solo Exposto	2,8 e 3,0	Instável	149,10	32,88

Fonte: Adaptada de Crepani et al. (2001).

Diante da tabela acima, é compreensível a preocupação sobre a área de estudo, visto que 65% da mesma está com estabilidade entre moderadamente instável e instável, com vulnerabilidade entre 2,4 e 3,0. Essas áreas são as que possuem maior impacto da agropecuária e do extrativismo vegetal, que causam uma desestabilização na cobertura vegetal, no solo e no microclima da região, pois tanto aumenta a temperatura do solo, diminuindo a possibilidade de germinação de muitas plantas, quanto aumenta a sensação térmica do meio. As áreas classificadas como moderadamente e medianamente estáveis são as que apresentam vegetação mais densa de porte médio à alto que se encontram em relevos de declives mais acentuados de difícil circulação (Figura 40).

É importante deixar claro que os estudos vegetacionais como critério para classificação ecodinâmica irá considerar a densidade da vegetação, sem a preocupação

com o tipo de vegetação ali presente. Ou seja, mesmo que em algumas áreas a cobertura vegetal se apresente com estabilidade moderada ou média, isso não significa que nessas áreas não possam existir núcleos de degradação, mesmo que esses tenham algum tipo de cobertura vegetal.

Para a análise da degradação é preciso considerar também que a predominância de determinadas espécies vegetais como o marmeleiro, o pinhão bravo e principalmente a jurema preta, que se sobressaem sobre as outras na área de estudo, são espécies pioneiras de alta competitividade. A predominância dessas espécies indica que a área foi desmatada há muito tempo atrás e que está tentando se recuperar.

Diante disso, vê-se que um ambiente, mesmo estando em equilíbrio morfodinâmico, pode caracterizar um estado de degradação, visto que esta se processa de forma rápida, principalmente mediante uso contínuo da terra, ao passo que a recuperação do ambiente de forma natural, sem a intervenção humana, se dá lentamente durante. Não se retoma ao estado original, mas há a busca por uma nova estabilidade dentro dos limites que lhe é imposto pela fragilidade potencial do ambiente e pela degradação ocasionada pelas atividades humanas predatórias.

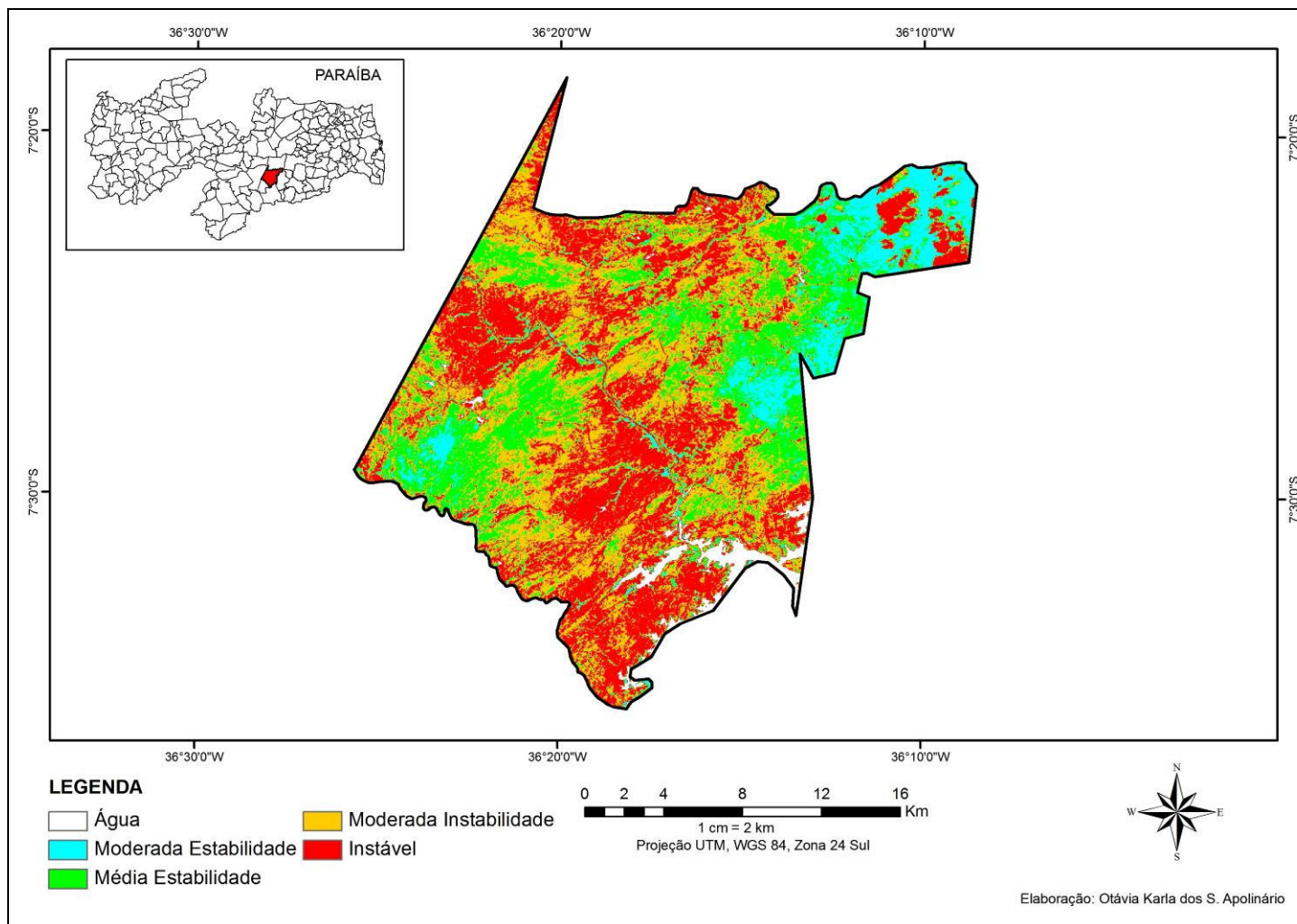


Figura 40 – Vulnerabilidade da Cobertura Vegetal do município de Cabaceiras – PB.

3.2.6 Integração das Cartas de Vulnerabilidade dos Componentes Geoambientais

De posse das cinco cartas de vulnerabilidade, pôde-se gerar a carta de integração das unidades de paisagem do município de Cabaceiras. Os dados da carta mostram que 89,99% da área do município apresenta estabilidade mediana e valor de 1,7 a 2,2 na escala de vulnerabilidade, e apenas 10,01% do território apresenta estabilidade moderada com vulnerabilidade entre 1,4 e 1,7 (Figura 41).

De acordo com Tricart (1977), a categoria morfodinâmica *Intergrade*, onde se encontra a média estabilidade, seria a passagem gradual entre o meio estável e o meio instável, havendo a interferência permanente e concorrente entre ambos, onde permanece o equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese, não por uma estagnação, mas por uma oscilação que muda de sentido em função das condições oferecidas pelo meio.

Analisando a carta de Vulnerabilidade do município de Cabaceiras foi observado que há uma predominância entre das classes estável e média estabilidade. Isso faz com que, na integração dos mapas, essa predominância tenha maior peso sobre as outras classes (Tabela 21). Além disso, a carta de Vulnerabilidade Geológica obteve valores subestimados por causa dos valores muito baixos da Densidade de Drenagem e da Amplitude Altimétrica, fazendo com que a estabilidade se apresente com quase 100% de Estabilidade.

Tabela 21: Predominância das classes morfodinâmicas dos elementos da paisagem do município de Cabaceiras-PB.

Elementos da Paisagem	Classificação Morfodinâmica	Área em (%)
Geológica	Média estabilidade	59,04%
Geomorfológica	Estável	99,45
Pedológica	Instável	54,86%
Climatológica	Média estabilidade	78,95
Cobert. Vegetal	Moder. instável e instável	65,06

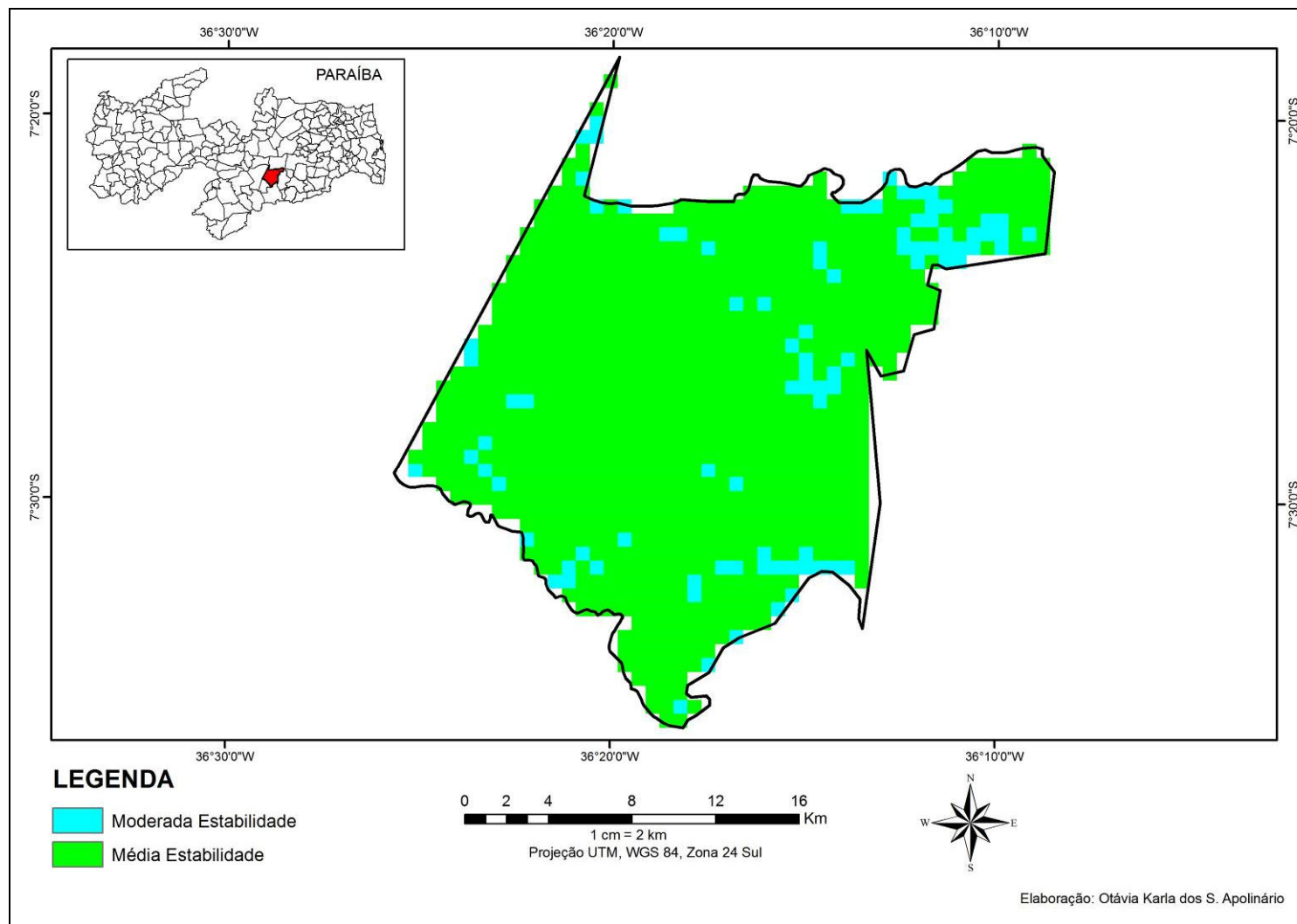


Figura 41 – Carta Síntese da Vulnerabilidade do município de Cabaceiras – PB.

Sendo assim, os dados mostram que o município de Cabaceiras são mostrados em uma situação dominante de média estabilidade, o que equivale a classificação *intergrade* de Tricart (1977). Destacamos entretanto, que somente na análise da geomorfologia ocorreu o predomínio da pedogênese sobre a morfogênese, o que nos leva a afirmar que a situação atual reflete um quadro em que dominam as ações morfogenéticas sobre as pedogenéticas, caracterizando assim um ambiente que tem evoluído negativamente no que diz respeito a recuperação espontânea dessas terras, sendo esta uma resposta da intensidade das atividades humanas que vem se desenvolvendo ao longo do tempo, as quais não vem sendo acompanhadas por formas de uso do solo menos agressivas ou programas de intervenção para minimizar ou resolver a problemática encontrada.

3.3 DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL

Conforme foi ressaltado em outro momento deste trabalho, a vegetação apresenta um papel fundamental na Ecodinâmica, entendida como elemento base sobre o qual são estabelecidas condições de maior ou menor estabilidade do meio. Em função disso, destacaremos a seguir a dinâmica espacial e temporal da vegetação na área de estudo, para que melhor sejam compreendidas as modificações e os efeitos disso na paisagem, seguido de caminhos possíveis para atenuar a degradação constatada.

3.3.1 Dinâmica da Cobertura Vegetal entre os Anos de 1989 e 2005

A cobertura vegetal entre as décadas de 1989 e 2005 refletiu na paisagem uma mudança cuja análise é fundamental, entre outras razões, sob a perspectiva da sucessão ecológica, pois com o significativo desmatamento para a intensificação da agricultura e principalmente da pecuária caprina, em muitas áreas a vegetação se apresenta em um novo geossistema em resistasia, onde o ambiente vem sofrendo uma crise geomorfoclimática e uma intensa pressão antropogênica, fazendo com que o mesmo busque um novo equilíbrio ecodinâmico.

Diante do exposto, será mostrado o comportamento da cobertura vegetal no período em destaque, apresentado anteriormente no diagnóstico físico. No presente caso, para fins de maior detalhamento, ao invés de mostrar essa situação para todo o

município de Cabaceiras, procuramos destacar algumas áreas, conforme pode ser observado nas Figuras 42 e 43.

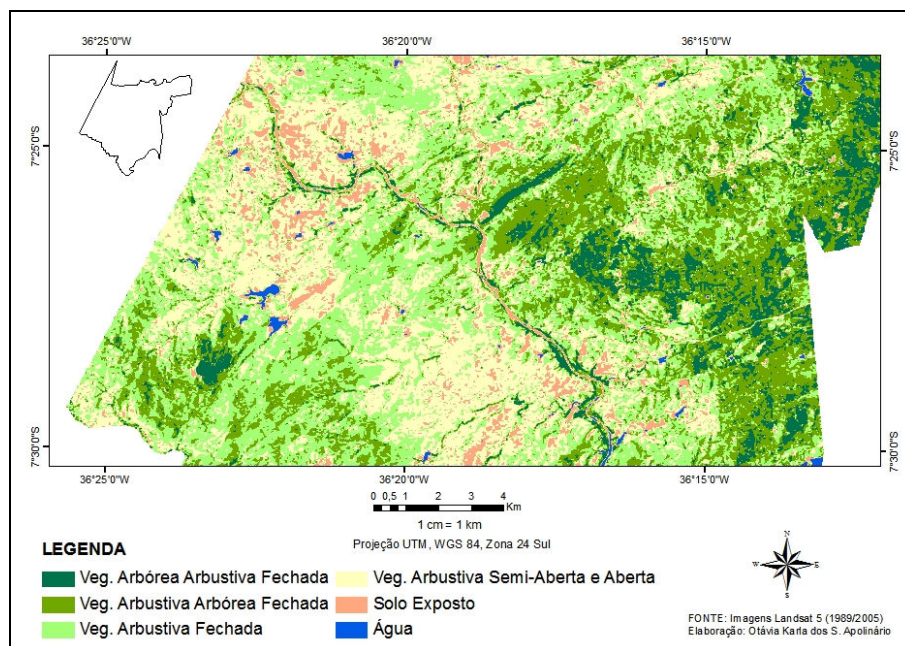


Figura 42 - Classificação da Cobertura Vegetal em 1989.

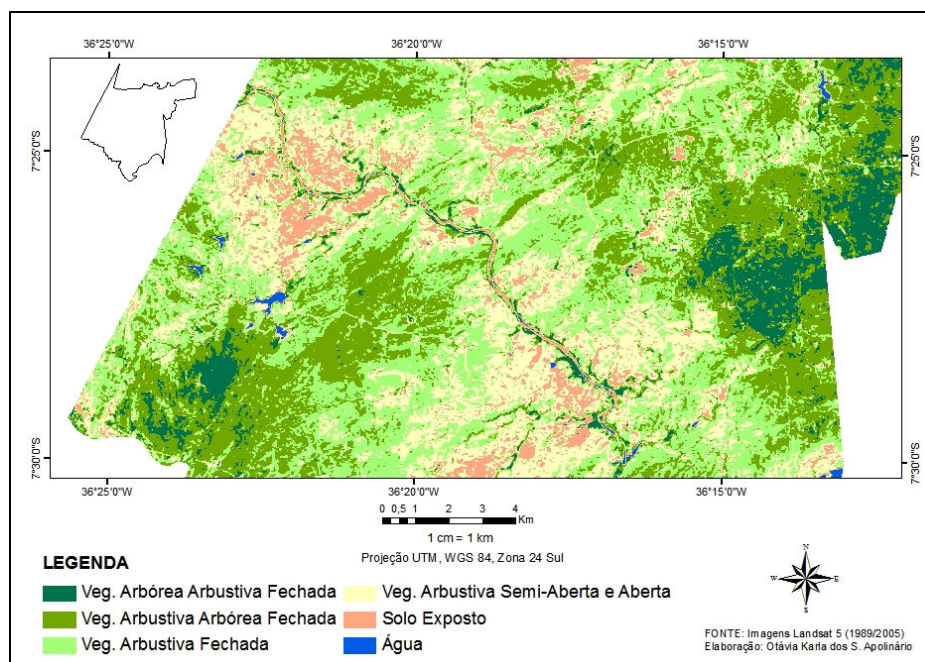


Figura 43 - Classificação da Cobertura Vegetal em 2005.

Com base na análise dos dois mapas, é possível identificar que na imagem de satélite de 1989, em comparação com a de 2005, temos uma cobertura vegetal com maior densidade nas classes arbóreo-arbustiva fechada, arbustivo-arbórea fechada e arbustiva semi-aberta e aberta. Consequentemente, nesta última categoria, temos um

aumento na densidade vegetal arbustiva fechada como também de solo exposto. No entanto, essas oscilações de densidade vegetal se dão de forma bastante irregular no espaço, pois em algumas áreas houve perda da massa vegetal, enquanto em outras houve ganho, como é o caso da presença de áreas de vegetação arbustiva semiaberta em 1989 que passaram para classe arbustiva fechada em 2005, assim como, o que era arbustiva fechada passou a ser arbustivo-arbórea fechada e o que era solo exposto passou a ser vegetação arbustiva fechada. Assim, há uma intensa dinâmica em termos de avanço e retrocesso de algumas categorias de vegetação.

Através dessas observações, pode-se dizer que a vegetação, mesmo em um ambiente com tantas pressões naturais e socioeconômicas, tenta se manter em uma situação de equilíbrio com as características que estão presentes nessas áreas, perfazendo ambientes bastante distintos daqueles em melhor estado de conservação. Nesse último caso, levando em consideração as espécies vegetais existentes e a sua organização no espaço, existem algumas áreas em que alguns indivíduos se destacam pelo porte, apresentando-se em uma quantidade e densidade que nos faria pensar em uma situação pretérita de menor degradação.

Sendo assim, com base nos mapas de 1989 e 2005, através da sobreposição de mapas, foi gerado um mapa da situação da cobertura vegetal, sendo estas classificadas em estado de conservação, recuperação e degradação, de acordo com a dinâmica observada ao longo do período destacado (Figura 44).

Os critérios para nomear cada uma dessas áreas foram os seguintes: para as áreas consideradas como conservadas, a densidade da vegetação não foi alterada entre 1989 a 2005, permanecendo em um estado de caatinga arbóreo-arbustiva ou arbustivo-arbórea; para as áreas consideradas em estado de recuperação, foi considerada a alteração em algumas áreas do solo exposto para vegetação semi-aberta e aberta e desta para vegetação arbustiva fechada; para as áreas consideradas degradadas considerou-se a diminuição da densidade da vegetação de uma tipologia com maiores densidades para uma outra tipologia com menor densidade ou para solo exposto.

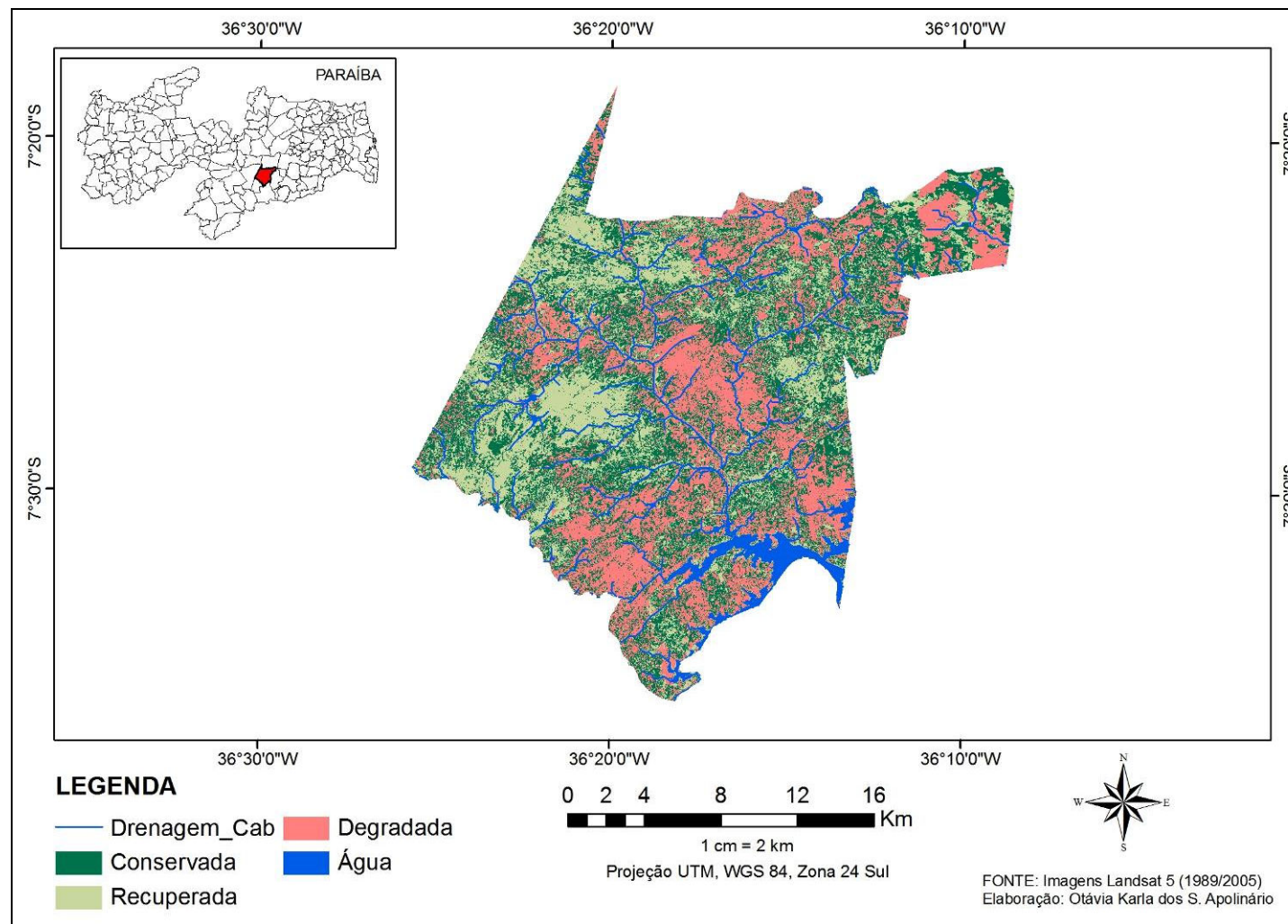


Figura 44 - Situação da Cobertura Vegetal no período de 1989 a 2005.

Traduzindo as observações qualitativas acima destacadas em termos quantitativos, as classes do mapa de situação da cobertura vegetal apresentaram as seguintes porcentagens sobre a área total do município (Tabela 22):

Tabela 22 – Distribuição em porcentagem da situação da cobertura vegetal.

CLASSES	ÁREA (Km²)	ÁREA (%)
Conservada	174,76	38,54%
Degradada	146,76	32,36%
Recuperada	116,77	25,75%
Água	15,18	3,35%
Total	453,47	100%

Vale salientar, como já explicado em outros momentos que, nuvens, sombra de nuvens, afloramentos rochosos e partes de leitos dos rios foram associados pelo programa de geoprocessamento como sendo áreas degradadas, isso ocorrendo devido a aproximação dos valores dos pixels dos mesmos. Com exceção dos leitos dos rios, as áreas onde se concentram as nuvens e os afloramentos rochosos estão ao extremo norte e nordeste do município, sendo que em alguns setores é possível identificar esses elementos pela forma geométrica arredondada, principalmente das nuvens. Sendo assim, a área associada à degradação tem uma porcentagem de aproximadamente 10% a menos que o apresentado na Tabela 22.

Mesmo com os resultados percentuais das áreas de cobertura vegetal degradada estando um pouco superestimadas, a situação encontrada não é de elevada relevância, pois a maior parte das mesmas se encontra próximo as margens dos rios, onde o uso é mais intenso por possui uma maior disponibilidade de água e solos mais apropriados à agricultura.

Nas áreas destacadas anteriormente, com a degradação intensa desses ambientes poderá em um futuro próximo ocorrer um processo bastante temido para aqueles que da terra tiram seu sustento, que é o processo de desertificação, o qual ocorrendo, tornará de difícil execução a continuidade do manejo de culturas de qualquer tipo, caso não sejam aplicadas medidas de melhor uso dessas terras, muitas delas já previstas em Leis, Projetos e Programas. Da mesma forma, temos as áreas consideradas em recuperação, merecendo atenção por terem sido em sua maioria terras que passaram por bastante estresse ambiental no passado e que por muitos anos não tiveram uso para qualquer atividade, sendo consideradas atualmente improdutivas ou pouco produtivas economicamente, e portanto marginais ao desenvolvimento de muitas atividades.

Diante do exposto, é compreensível que a degradação ambiental denota uma preocupação não apenas ambiental, como também socioeconômica e cultural, visto que as potencialidades e limitações do meio físico natural influenciam diretamente no desenvolvimento da região e vice versa.

Desta forma, a vulnerabilidade física ambiental associada a vulnerabilidade econômica dificulta o desenvolvimento sustentável de ambos, visto que não existe desenvolvimento sustentável se não houver um equilíbrio mútuo entre o potencial ecológico, a exploração biológica e as atividades socioeconômicas (NASCIMENTO, 2013).

Em Cabaceiras o Setor Primário é muito frágil no que se refere a quantidade de produção, limitado praticamente as lavouras temporárias e a períodos de chuva, tendo pequena representatividade na base econômica do Município. Neste sentido, a sua economia vem cada vez mais girando em torno, principalmente, dos programas assistenciais, como, por exemplo, Bolsa Família, Bolsa Safra e das aposentadorias previdenciárias. Sendo esses, os principais meios de propulsão da economia local como também de melhoria da qualidade de vida da população, a terra não é mais o principal meio de sustento como em décadas passadas. Nesse caso, a melhoria do padrão de vida observada nos últimos anos neste município não reflete o que vem ocorrendo em termos econômicos produtivos e no que diz respeito a qualidade do meio ambiente nessas terras.

Apesar de existir produção agrícola na área de estudo, esta é muito limitada, seguindo o padrão do semiárido nordestino. De acordo com Nascimento (2013; p. 212), o meio de produção utilizando a terra para todo o Nordeste seco “é restrito aos pequenos agricultores, que subsistem do criatório e da agricultura de sequeiro e/ou vazantes, com técnicas rudimentares. (...) com rendimentos e rentabilidades ínfimos”. O meio de subsistência da população local, assim como de todo ou quase todo semiárido nordestino, atualmente, se dá através de uma nova realidade política, partindo de um modelo assistencialista em detrimento do desenvolvimento de atividades produtivas em um meio ambiente que sofreu fortes alterações negativas. Foi criada assim uma situação preocupante na medida em que, se o modelo vigente atual ruir, a população do Nordeste seco irá sofrer drásticas consequências socioeconômicas, já que cada vez mais se torna difícil produzir em terras degradadas onde as ações do poder público ou são inexistentes ou tem tido pouca efetividade.

Ainda discorrendo sobre desenvolvimento socioeconômico, vê-se a importância de tentar explicar esse descompasso numa escala regional, também levando em consideração o tempo de atuação da construção das paisagens e da situação ambiental, econômica, social e política onde, de acordo com Nascimento (2013; p. 211), “o cenário de injustiça social, degradação ambiental e economia excludente propagou-se mediante o ciclo econômico desenvolvido em cada época ao longo do tempo no território semiárido”, considerando principalmente o binômio gado-algodão e a estrutura fundiária caracterizada, predominantemente, pelo latifúndio, para pecuária extensiva e reserva de mercado.

Associado ao exposto, os modelos de desenvolvimento criados para suprir a necessidade socioeconômica do Semiárido Nordestino, como meios de intervenções de Políticas Públicas, não obtiveram sucesso por vários motivos, principalmente, pela inobservância dos limites naturais do semiárido e suas especificidades. Seguindo esse raciocínio, Souza (2008) aponta algumas medidas que não resolveram os problemas, principalmente da seca e das desigualdades socioeconômicas e ainda acentuaram a degradação ambiental, onde tivemos/temos: o incentivo a agricultura irrigada, aumentando a salinização do solo em alguns pontos da região; o incentivo a pecuária caprina, por uma influência mercadológica onde este se fundamenta no fato de que as terras são apropriadas a esse tipo de pecuária, sem que se planejassem meios de oferta de alimento suficiente para o crescente rebanho, deixando-os soltos no pasto, dependentes apenas da vegetação nativa, ocasionando um desequilíbrio na sucessão ecológica da caatinga; o uso da algaroba para fins de reflorestamento e alimento do gado caprino e bovino, espécie vegetal exótica que se tornou uma das mais abundantes da região semiárida, por sua facilidade de desenvolvimento em diversos ambientes, inibindo a presença de diversas espécies nativas da caatinga, tornando-se um dos principais indicadores de degradação ambiental na região.

Desta forma, pode-se dizer que muitas das intervenções públicas realizadas desde o período colonial até o início do século XXI, principalmente a partir de meados desse século, com a crise das secas e com o atraso econômico do Nordeste em relação à região Centro-Sul do país, consolidaram-se como políticas de modernização econômica, de política hídrica e de ações emergenciais de assistencialismo no período das estiagens (SILVA, 2010). Essas medidas foram tomadas, em grande parte, com interesses meramente políticos, sem as devidas preocupações com o meio ambiente ou com um planejamento ambiental que beneficiasse tanto a sociedade quanto o meio físico.

Diante de tantas negligências com a região do semiárido nordestino, o Ministério do Meio Ambiente e a Secretaria de Recursos Hídricos, lançou em 2004 um dos documentos mais importante para a criação de novos planos de políticas públicas de combate à desertificação, o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação - PAN-BRASIL, tomando como base os preceitos da Convenção das Nações Unidas de Combate a Desertificação - UNCCD. O PAN-BRASIL esclarece o que é degradação e desertificação, como se dá esse tipo de degradação e quais as medidas, ações e providências devem ser tomadas para combatê-la na região semiárida do Brasil. O foco desse programa é a recuperação, preservação e conservação dos recursos naturais e o combate a pobreza e assim promover mudanças no modelo de desenvolvimento na região do semiárido brasileiro. O objetivo geral do programa é:

estabelecer diretrizes e instrumentos legais e institucionais que permitam otimizar a formulação e execução de políticas públicas e investimentos privados no Semi-árido Brasileiro-SAB, no contexto da política de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca e de promoção do desenvolvimento sustentável (PAN-BRASIL, 2004; p 100).

Com a elaboração do PAN-BRASIL, como um plano nacional de política pública, percebeu-se a necessidade de se elaborar planos Estaduais com diretrizes relacionadas ao combate da degradação da terra, com a conservação e o reflorestamento para reabilitação dos recursos naturais. Esses planos devem seguir, dentre outros planos e programas, preferencialmente os preceitos da Agenda 21 e do PAN-BRASIL, por serem programas nacionais que buscam estabelecer estratégias para o combate à degradação das terras, à desertificação, a erradicação da pobreza e desigualdade social, além de recomendar a sustentabilidade na convivência com os sertões em toda a sua amplitude e de dar atenção renovada às políticas específicas de proteção do meio ambiente (NASCIMENTO, 2013; PAN-BRASIL, 2004).

Desta forma, em consonância com o CCD e com o PAN-BRASIL, surge o Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca no Estado da Paraíba - PAE-PB, de nível Estadual, publicado em 2011. Este documento foi elaborado pela Associação para o Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia - SCIENTEC, no âmbito do Projeto BRA/IICA/05/004, e executado pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA em cooperação técnica com o Instituto

Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA, tendo como propósito os seguintes objetivos (PAE-PB, 2011; p. 83):

- 1) Diagnosticar as ações e iniciativas postas em prática na área de combate à desertificação no Estado da Paraíba;
- 2) Realizar diagnóstico, cartografando, caracterizando os processos de degradação das terras nas áreas susceptíveis à desertificação no Estado da Paraíba, indicando os agentes responsáveis naturais e antrópicos e os níveis de degradação detectados;
- 3) Identificar e formular propostas de ação de combate à desertificação conforme os eixos temáticos do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN-Brasil, que são: (i) redução da pobreza e da desigualdade; (ii) ampliação sustentável da capacidade produtiva; (iii) preservação, conservação e manejo sustentável dos recursos naturais e (iv) gestão democrática e fortalecimento institucional;
- 4) Estabelecer as estratégias do Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca;
- 5) Formular estrutura específica de gestão do Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca;
- 6) Indicar as ações para implementação do Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca nos âmbitos: (i) jurídico-legais; (ii) de mobilização popular; (iii) das políticas e (iv) administrativos e operacionais.

O referido documento foi formulado a partir dos preceitos e estratégias adotadas pelo PAN-BRASIL, porém buscando direcionar suas medidas e estratégias para a realidade do semiárido paraibano e às condições intrínsecas do seu ambiente. Desta forma, seu eixos temáticos foram construídos em sincronia com os eixos temáticos do PAN-BRASIL, como pode ser verificado a segui no Quadro 2.

Eixos Temáticos PAN-Brasil		Eixos Temáticos PAE-PB	Temas de Concentrações Estratégicas PAE - PB
I	Conservação, Preservação e Manejo Sustentável dos Recursos Naturais	Base Biofísica e Sistemas de Produção	Pesquisa: Papel e Fomento das Instituições Científicas Terras Degradadas Manejo da Agrobiodiversidade e Carbono Recursos Hídricos, Irrigação e Salinização
II	Ampliação Sustentável da capacidade Produtiva/ Gestão Democrática e Fortalecimento Institucional	Gestão Territorial e Institucional	Ordenamento e Gestão do Território Matriz Energética Assistência Técnica Institucionalidades Gestão do PAE-PB
III	Redução da Pobreza e da Desigualdade	Cidadania Ambiental	Questão Fundiária Políticas de Crédito e Incentivos Fiscais Difusão de Tecnologias Agropecuárias e Extrativistas Sustentáveis Segurança Alimentar/Agricultura Familiar Educação/ Capacitação de Recursos Humanos

Quadro 2 - Sincronização entre os eixos temáticos do PAN-BRASIL e do PAE-PB.
Fonte: PAE-PB (2011)

Cada tema de concentração estratégica do PAE-PB tem várias ações e propostas a serem seguidas por todos os atores envolvidos direta e indiretamente na formulação desse documento, como por exemplo, autoridades de órgãos estaduais federais, entidades representativas do setor produtivo, da comunidade científica, associações estaduais e representantes da sociedade civil organizada, entre outros (PAE-PB, 2011). A efetiva participação dos atores dos vários seguimentos é de suma importância para a reafirmação e execução das ações para a mitigação da degradação ambiental, da desertificação e dos efeitos da seca no semiárido paraibano.

Entre essas e outras diretrizes que podem ser seguidas pelo Município de Cabaceiras, estão o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), o Código Florestal do Estado da Paraíba (Lei nº 6.002, de 29 de dezembro de 1994), o Decreto nº. 24.414/2003 de 27 de setembro de 2003 que dispõe sobre a Exploração Florestal no Estado da Paraíba, e o Decreto nº. 24.417/2003 de 27 de setembro de 2003, que dispõe sobre o Uso Alternativo do Solo, uma em especial poderá dar força à efetiva execução das ações propostas por muitas dessas diretrizes, já que foi elaborada para ser implementada em uma porção deste Município, além de Boa Vista e São João do Cariri. Trata-se do Decreto Nº 25.083 de junho de 2004, que dispõe sobre a Área de Proteção Ambiental do Cariri – APA do Cariri – a qual considera as potencialidades naturais e culturais para a criação de uma Unidade de Conservação com objetivo de “proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais”.

Portanto, a partir da observância desses documentos e dos resultados apresentados na presente pesquisa, pode-se implementar ações que visem a conservação das áreas com relevante potencial biológico e ecológico e a recuperação de áreas degradadas. Além disso, destaca-se a necessidade de criar novas Unidades de Conservação e ampliar ou redefinir a APA do Cariri já existente, no intuito de atenuar a degradação das terras e consequentemente a degradação ambiental como um todo no município de Cabaceiras, uma vez que o aspecto basilar da criação de uma Unidade de Conservação do tipo APA é a exploração dos recursos naturais em condições de sustentabilidade econômica, social e ambiental, o que pode servir como modelo para outras áreas do semiárido nordestino.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a realização da presente pesquisa foi de suma importância a construção e entendimento do referencial teórico-conceitual fundamentado na Teoria Geossistêmica, na Teoria da Ecodinâmica, na análise integrada da paisagem e nas definições sobre degradação ambiental e suas consequências na dinâmica sociedade-natureza, concatenando o conhecimento teórico ao conhecimento prático e integrando-os sob uma perspectiva geográfica e sistêmica.

Na construção do capítulo metodológico, percebeu-se que como todo método utilizado para a sistematização de um trabalho científico, os métodos utilizados neste trabalho possuem suas limitações, no sentido de não poder ir além daquilo que nos possibilita fazer. Desta forma, como os Métodos Neo-Positivistas não compartilham das mesmas bases teórico-metodológicas que o Método Materialismo Histórico Dialético, foi utilizado como alternativa para analisar os resultados obtidos, o que Suertegaray (2005) chama de análise do tempo histórico como visão de mundo, não como um método, mas como uma análise valorativa do tempo geológico e histórico da paisagem, visto que a apropriação da paisagem pela ação humana nos permite analisá-la não apenas como um conjunto de elementos naturais, mas como um conjunto híbrido, resultado da combinação de elementos físicos, biológicos e humanos e sua dinâmica.

Em relação aos resultados da pesquisa constatou-se que os componentes geoambientais (geologia, geomorfologia, pedologia, clima e cobertura vegetal) possuem vulnerabilidades variadas de acordo com suas características intrínsecas, porém apresentando na carta síntese de Vulnerabilidade do município de Cabaceiras uma estabilidade média, constatando-se que há uma predominância da morfogênese sobre a pedogênese e que essa predominância se dá pela média vulnerabilidade do ambiente, ocasionada tanto pelos processos naturais de intemperismo quanto pela acentuada degradação provocada pelas atividades humanas.

Na análise da degradação da cobertura vegetal, apesar de 32,36% da área do município ter sido classificada como degradada, de acordo com o mapa de situação da vegetação entre 1989 e 2005, onde foi percebido perda de massa vegetal, é possível que em áreas tidas como recuperadas a degradação esteja presente, pois em muitas dessas áreas há uma predominância de determinadas espécies vegetais que são consideradas

indicadoras de degradação, já que são classificadas como pioneiras para o Bioma Caatinga, a exemplo da jurema-preta e do marmeleiro.

Mediante a complexidade acerca da degradação ambiental, reafirma-se a necessidade e importância da criação e execução de políticas públicas voltadas às questões ambientais, enfatizando que, para a região semiárida e em específico o município de Cabaceiras, haja um olhar mais direcionado aos processos de degradação e desertificação, no intuito de conter esses processos e melhorar a qualidade ambiental, fundamentando-se nas potencialidades naturais do ambiente, nas suas fragilidades e no desenvolvimento sustentável dos meios de produção social.

Por fim, é preciso disseminar para toda a sociedade, em escala local, regional e global que, desenvolver atividades que promovam a degradação ambiental também é promover a degradação do próprio ser humano, sob os aspectos sociais, culturais e econômicos, de forma que estamos degradando a nós mesmos, capazes de destruir o que nos é dado de graça pela natureza com a mesma velocidade com que somos capazes de criar naturezas artificiais que nos custam caro e que não são igualmente proporcionadas a todos.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras.** Craton & Intracraton escritos e documentos. IBILCE-UNESP, nº6. São José do Rio Preto, 1980.

AESA - **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Relação dos postos monitorados.** Disponível em: <
<http://www.aesa.pb.gov.br/meteoro/pcds.php>>. Acesso em: julho de 2013.

ALMEIDA, Nadjacleia Vilar. Ordenamento territorial geoambiental da bacia hidrográfica do rio Taperoá, semiárido paraibano. **Tese** (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense Niterói, 2012.

ALVES, J. J. A.; NASCIMENTO, S. S. do. Avaliação Ecoclimática do Seridó Paraibano. **CLIMEP – Climatologia e Estudos da Paisagem.** Rio Claro (SP), Vol.5, n.2. julho/dezembro/2010.

ARAÚJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de & GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas.** 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BECKER, B. K. EGLER, C. A. G. (responsáveis técnicos) **Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal.** Brasília, Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal - MMA; Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República - SAE/PR, maio de 1996.

BERTALANFFY, Ludwig Von. Trad. Francisco M. Guimarães. **Teoria Geral dos Sistemas.** 2ª edição. Petrópolis, Vozes; Brasília, INL, 1973.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra,** São Paulo, IGEOG-USP, n.13, 1972, 27p.

BERTRAND, G.; BERTRAND, C. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades.** PASSOS, Messias Modesto dos (Org.). Maringá: Massoni, 2007.

BRASIL. **Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba.** Boletim Técnico nº 15. Série Pedologia. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/SUDENE, 1972.

BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAN-Brasil.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos, 2004.

BRASIL/Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAN-BRASIL.** Edição Comemorativa dos 10 anos da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – CCD. Brasília: MMA, 2004. 225p.

CARVALHO, M. G. R. F. **Classificação Geomorfológica**. Estado da Paraíba. João Pessoa: UFPB/Ed. Universitária, 1982.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo, Edgard Blucher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Perspectivas da Geografia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: 1985.

UNCCD. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**. Tradução: Delegação de Portugal. Lisboa: Instituto de Promoção Ambiental, 1995.

CREPANI, E. et. al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos, SP: INPE, 2001, 113 p.

CREPANI, E. et. al. Zoneamento Ecológico-Econômico. In: FLORENZANO, T. G. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

DREW, D. **Processos interativos homem - meio ambiente**. Tradução de João Alves dos Santos. Revisão de Suely Bastos. Coordenação editorial de Antonio Christofolletti. 4. edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009.

FELGUEIRAS, C. A. Modelagem Numérica de Terreno. In: CÂMARA, G. MEDEIROS, J. S. de. (Organizadores). **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. 2ª. Edição. SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 1998.

FLORENZANO, T. G. Cartografia. In: FLORENZANO, T. G. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. **PERH-PB**: plano estadual de recursos hídricos: resumo executivo & atlas. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente, SECTMA; Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. – Brasília, DF : Consórcio TC/BR – Concremat, 2006.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. Número 13. Paraíba, 1985. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/>>, Acesso em Maio de 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. 2005. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/>>, Acesso em Junho de 2014.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de Imagens**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/>>. Acesso em: abril de 2013.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestre**. Tradução: José Carlos Neves Epiphany (coordenador) et al. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

LIU, William Tse Horng. **Aplicações em sensoriamento remoto**. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006.

MAFRA, N. M.C. Erosão e Planificação do Uso do Solo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

NASCIMENTO, Flávio R. do; SOUZA, Marcos J. N. A de; CRUZ, Maria L. B. da. Enfoque geoambiental para o tratamento da degradação/desertificação no município de Sobral – Nordeste do Brasil/Ceará. **Revista eletrônica Ateliê Geográfico**. v. 1, n. 2. Goiânia-GO. dez/2007.

NASCIMENTO, F. R. **O fenômeno da desertificação**. Editora UFC. Goiânia, 2013.

PARAÍBA. **Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba (PDRH-PB)**. Síntese do estudo de reconhecimento de solos em meio digital do Estado da Paraíba. João Pessoa: SEPLAN, 1997.

PONZONI, F. J. & SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2010.

RODRIGUES, Cleide. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, nº 14; p.69-77; 2001.

PAE-PB. **Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca no estado da Paraíba: PAE-PB/IICA**; SCIENTEC – João Pessoa: Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia. Superintendência de Administração do Meio Ambiente, 2011.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do departamento de geografia**, São Paulo, n. 08, p. 63-74. 1994.

SANTOS, E. J. dos; FERREIRA, C. A. & SILVA JÚNIOR, J. M. F. da (Orgs.). **Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba**: Texto explicativo dos mapas geológico e de recursos minerais do Estado da Paraíba. Recife: CPRM, 2002.

SCHIER, R. A. Trajetórias do conceito de paisagem na geografia. **Revista RA'E GA**, n. 7, p. 79-85. Curitiba Editora UFPR, 2003.

SILVA, B. B. da. Determinação da evapotranspiração com imagens Landsat 5 –TM e SEBAL. **(Minicurso)**. Recife, 26 e 27 de março de 2009.

SILVA, R. M. A. da. **Entre o combate à seca e a convivência com o semi-árido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento**. Banco do Nordeste do Brasil. Fortaleza, 2010.

SOUZA, B. I. de. Cariri Paraibano: do silêncio do lugar à desertificação. **Tese** (Doutorado). Porto Alegre: UFRGS/PPGEO, 2008.

SOUZA, B. I. de; SILANS, A. M. B. P. de & SANTOS, J. B. dos. Contribuição ao estudo da desertificação na Bacia do Taperoá. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.2/3, p.292-298, 2004, Campina Grande, PB, DEAg/UFCG.

SUERTEGARAY, D. M. A. A subordinação que recria e reinventa a natureza. In: Encontro Latino Americano de Geógrafos, 10, **Anais...** São Paulo, 2005.

TOPODATA. **Banco de Dados geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Acesso em Junho de 2013.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

VAREJÃO-SILVA, M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR, M. J. N.; NIETZSCHE, M. H.; SILVA, B. B. **Atlas climatológico do Estado da Paraíba**. Departamento de Ciências Atmosféricas/EMBRAPA. Campina Grande, 1984.

WANDERLEY, A. A.; SANTOS, E. J. dos; FERREIRA, C. A; SILVA JÚNIOR, J. M. F. da. **Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba**: Sistema de Informações Geográficas - SIG e Mapa na escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2002.