



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE



**MARCOS LEONARDO FERREIRA DOS SANTOS**

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO  
DA CAATINGA NA BACIA DO ALTO CURSO DO RIO PARAÍBA/PB  
ATRAVÉS DO USO DAS GEOTECNOLOGIAS**

**João Pessoa**

**2018**

**MARCOS LEONARDO FERREIRA DOS SANTOS**

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO  
DA CAATINGA NA BACIA DO ALTO CURSO DO RIO PARAÍBA/PB  
ATRAVÉS DO USO DAS GEOTECNOLOGIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Desenvolvimento e Meio-Ambiente da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como parte dos requisitos obrigatórios para obtenção do título de Mestre em desenvolvimento e meio ambiente.

Área de Concentração: Gerenciamento Ambiental

Linha de Pesquisa: Análise Ambiental e Qualidade de vida

Orientador: Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza

**João Pessoa**

**2018**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S237i Santos, Marcos Leonardo Ferreira dos.

Identificação de áreas prioritárias para conservação da Caatinga na bacia do alto curso do rio Paraíba/PB através do uso das geotecnologias / Marcos Leonardo Ferreira dos Santos. - João Pessoa, 2018.

131 f.

Orientação: Bartolomeu Israel de Souza.  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN/PRODEMA.

1. Áreas Protegidas. 2. Corredores Ecológicos. 3. Geoprocessamento. 4. Áreas Prioritárias Para Conservação. 5. Caatinga. I. Souza, Bartolomeu Israel de. II. Título.

UFPB/BC

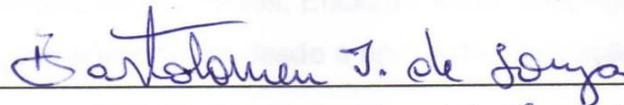
**MARCOS LEONARDO FERREIRA DOS SANTOS**

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO DA  
CAATINGA NA BACIA DO ALTO CURSO DO RIO PARAÍBA/PB ATRAVÉS DO  
USO DAS GEOTECNOLOGIAS**

Defesa apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA – da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio ambiente.

João Pessoa 30/04/2018.

**BANCA EXAMINADORA**



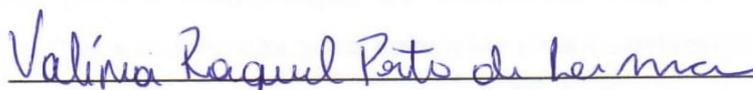
Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza - UFPB

(Orientador)



Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima - UFPB

(Examinador Interno)



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Valéria Raquel Porto de Lima - UEPB

(Examinadora Externa)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que esteve e sempre estará presente em todos os momentos de minha vida, me dando determinação, esperança e forças para prosseguir e continuar lutando.

Em especial a minha mãe Lucia Maria e minha irmã Luanna Karlla, companheiras fiéis nessa caminhada desde o seu início.

Agradeço de forma especial a minha amada esposa Licianne Mayra, companheira em todos os momentos, incentivadora, compreensível em todo decorrer da pesquisa nos momentos que estive ausente e distante.

Ao Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza pela paciência, pela contribuição com seus ensinamentos e por ter me dado a oportunidade de ser seu orientando e ajudado para chegarmos a construção dessa dissertação.

Ao amigo Ramon Souza pelas significativas contribuições em diversos momentos no decorrer da pesquisa.

A todos os amigos da SUDEMA por todo incentivo, ajuda e dicas para o desenvolvimento dessa pesquisa, em especial a Juan Mendonça, Faynara Freitas, Vitor Andrade, Michelly Araújo, Jancerlan Rocha, Thiago Cesar e Maria Niedja.

Aos amigos Cícero Fidelis, Erickson Melo, companheiros sempre presentes, com contribuições e incentivos desde a época da graduação em Geoprocessamento no IFPB.

Aos amigos da engenharia ambiental/UFPB e do PRODEMA por todas as contribuições e momentos vivenciados nessa jornada.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa durante os 24 meses do curso de mestrado.

Ao Ministério do Meio Ambiente/Fundo Clima, pelo apoio à realização dessa dissertação, através do projeto **Desenvolvimento de capacidades técnicas e institucionais de parcerias locais em bacias hidrográficas para desenvolvimento de estratégias para a conservação de ambientes naturais: conhecendo as relações biofísicas e antrópicas para subsidiar uma convivência sustentável no alto curso do rio Paraíba**, coordenado pelo prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram na realização dessa conquista, com palavras ou ações, os meus mais sinceros agradecimentos.

## RESUMO

No presente estudo, é dada ênfase a importância das áreas protegidas para a sociedade, demonstrando a situação das áreas prioritárias para conservação, unidades de conservação (UC) e corredores ecológicos em relação aos biomas brasileiros e posteriormente a bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba, área de estudo dessa pesquisa, localizada no Cariri do estado da Paraíba. Tomando como base a legislação ambiental e dados relacionados a vegetação, reservas legais, áreas de preservação permanente (APP) de hidrografia e topo de morro e o uso de técnicas de geoprocessamento, foi efetuada a identificação de áreas com potencial para serem classificadas como prioritárias para conservação da Caatinga, unidades de conservação, e por fim, como corredores ecológicos. Entre os resultados gerados, mais de 1.500 km<sup>2</sup> divididos em quatro áreas, foram identificados com potencial para serem classificados como prioritárias para conservação, além de possuir atributos para acolher unidades de conservação. Também foram delimitadas propostas de corredores ecológicos entre as três UC's presentes na área de estudo. A utilização do sensoriamento remoto foi o ponto de partida para se obter os resultados do capítulo I, pois através da plataforma gratuita *Google Earth Engine*, que armazena, organiza e disponibiliza imagens de satélite, incluindo em seu acervo, dados com mais de quarenta anos, foi permitido o uso de 58 imagens, dos anos de 1988, 1999 e 2017, que foram tratadas através do índice de vegetação SAVI. Com relação ao capítulo II, a metodologia utilizada por meio do uso do software ArcGIS em sua versão 10.5.1 e da ferramenta *Corridor Design* contribuiu na confecção dos resultados que apresentam uma rede de corredores ecológicos de aproximadamente 275 km de extensão e uma área de 1.245,64 km<sup>2</sup>, o que equivale a 18,50% da área total da bacia. Dessa forma, os corredores ecológicos em conjunto com as áreas protegidas e as áreas prioritárias para conservação formam uma excelente estratégia de preservação e restauração, reconectando diferentes ambientes e fragmentos florestais, minimizando o isolamento causado pela fragmentação, aumentando a cobertura vegetal e garantindo a conservação dos recursos naturais. Para isso a utilização do geoprocessamento vem sendo significativo e essencial na gestão ambiental, principalmente preenchendo as lacunas existentes nos bancos de dados, além de apresentar alternativas ao déficit de pesquisa existente no semiárido.

Palavras-chave: Áreas Protegidas; Corredores Ecológicos; Geoprocessamento; Áreas Prioritárias Para Conservação; Caatinga.

## ABSTRACT

In the present study, emphasis is placed on the importance of protected areas to society, demonstrating the situation of priority areas for conservation, units of conservation (UC) and ecological corridors in relation to Brazilian biomes, and later on the upper Paraíba river basin, area of study of this research, located in Cariri of the state of Paraíba. Based on environmental legislation and data related to vegetation, legal reserves, permanent preservation area (PPA) of hydrography and top of hill and the use of geoprocessing techniques, it was made the identification of areas with potential to be classified as priority areas for conservation of the Caatinga, units of conservation, and, finally, as ecological corridors. Among the results generated, more than 1,500 square kilometers divided into four areas, were identified with potential to be classified as priority for conservation, besides possessing attributes to accommodate units of conservation. There were also delimited proposals of ecological corridors among the three UC's present in the study area. The use of remote sensing was the starting point for the results of chapter I, since through the free Google Earth Engine platform, it stores, organizes and makes available satellite images, including in its collection, data over forty years old, it was allowed the use of 58 images from the years 1988, 1999 and 2017, which were treated through the SAVI vegetation index. With regard to chapter II, the methodology used through the use of ArcGIS software in its version 10.5.1 and the tool Corridor Design contributed in the preparation of results that present a network of ecological corridors of approximately 275 km of extension and an area of 1,245,64 km<sup>2</sup>, which is equivalent to 18.50% of the total area of the basin. Thus, ecological corridors in conjunction with protected areas and priority areas for conservation form an excellent preservation and restoration strategy, reconnecting different environments and forest fragments, minimizing the isolation caused by fragmentation, increasing plant cover and ensuring the conservation of natural resources. For this, the use of geoprocessing has been significant and essential in environmental management, mainly filling the gaps in the databases, as well as presenting alternatives to the existing research deficit in the semi-arid.

**Keywords:** Protected Areas; Ecological Corridors; Geoprocessing; Priority Areas for Conservation; Caatinga.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do bioma Caatinga. ....	18
Figura 2: Localização do Semiárido paraibano. ....	23
Figura 3: Bacias Hidrográficas da Paraíba. ....	24
Figura 4: Localização do Cariri paraibano. ....	25
Figura 5: Localização da Bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Paraíba. ....	39
Figura 6: Altimetria da Bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Paraíba. ....	41
Figura 7: Localização dos pontos de coleta de dados. ....	44
Figura 8: Áreas Prioritárias de Conservação da Caatinga. ....	56
Figura 9: Unidades de Conservação da Paraíba. ....	60
Figura 10: Índice de vegetação SAVI - 1988. ....	67
Figura 11: Índice de vegetação SAVI - 1999. ....	68
Figura 12: Índice de vegetação SAVI - 2017. ....	69
Figura 13: Áreas com potencial para serem indicadas como prioritárias para conservação da Caatinga. ....	73
Figura 14: Local visitado na área 1 (APA das Onças, 02/08/2016). ....	74
Figura 15: Locais visitados na área 2 (São Sebastião do Umbuzeiro, 03/08/2016). .	75
Figura 16: Locais visitados na área 3 (Serra da Jabitacá, Monteiro, 22/05/2016). ....	75
Figura 17: Local visitado na área 4 (Sumé, 09/09/2016). ....	76
Figura 18: Proposta para criação de unidades de conservação. ....	78
Figura 19: Grande Muralha Verde da África. ....	99
Figura 20: Corredor Ecológico Mesoamericano. ....	100
Figura 21: Ferramenta <i>Create habitat suitability model</i> . ....	108
Figura 22: Atributos utilizados na ferramenta <i>Create habitat suitability model</i> . ....	109
Figura 23: Ferramenta <i>Create corridor model</i> . ....	110
Figura 24: Execução da ferramenta <i>Create corridor model</i> . ....	110
Figura 25: Mapeamento de APP de hidrografia, de topo de morro e reservas legais. ....	112
Figura 26: Reserva legal em Sumé (09/09/2016) e Reserva Legal em São João do Tigre (01/08/2016). ....	113
Figura 27: Áreas prioritárias para recuperação (APP's de hidrografia, de topo de morro e reservas legais degradadas). ....	114
Figura 28: Rede de corredores ecológicos. ....	116

Figura 29: Corredor ecológico 1, APA do Cariri e RPPN Fazenda Almas.....	117
Figura 30: Corredor ecológico 2, APA do Cariri e APA das Onças. ....	118
Figura 31: Corredor ecológico 3, RPPN Fazenda Almas e APA das Onças. ....	119
Figura 32: Corredor 1, Serra Branca (09/09/2016).....	120
Figura 33: Corredor 1, São Domingos do Cariri (11/10/2016).....	121
Figura 34: Corredor 2, Congo (Próximo ao rio Paraíba e serra da.....	122
Figura 35: Corredor 2, Boqueirão (Próximo ao açude Boqueirão - 11/10/2016). ....	122
Figura 36: Corredor 3, São Sebastião do Umbuzeiro (15/07/2016). ....	123
Figura 37: Corredor ecológico do rio Paraíba.....	125

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Localização e população dos municípios inseridos na área de estudo. ....	40
Tabela 2: Locais visitados na área de estudo. ....	45
Tabela 3: Área dos Biomas brasileiros e suas UC's.....	58
Tabela 4: Unidades de Conservação da Paraíba.....	59
Tabela 5: Criação de bovinos e caprinos no Cariri paraibano. ....	70
Tabela 6: Pluviometria no Cariri paraibano (1994-2016).....	71
Tabela 7: Corredores Ecológicos no Brasil. ....	102
Tabela 8: Situação das variáveis utilizadas.....	115

## LISTA DE SIGLAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas  
APA – Área de Proteção Ambiental  
APGMV – *Agence Panafricaine de la Grande Muraille Verte*  
APP – Área de Preservação Permanente  
ARIE – Áreas de Relevante Interesse Ecológico  
CAD – *Computer Aided Design*  
CAR – Cadastro Ambiental Rural  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos  
DETER – Detecção de Desmatamento em Tempo Real  
EE – Estação Ecológica  
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
FLONA – Floresta Nacional  
GEE – *Google Earth Engine*  
GPS – *Global Positioning System*  
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade  
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano  
IUCN – *International Union For Conservation of Nature*  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
MONA – Monumento Natural  
MSAVI – *Modified Soil Adjusted Vegetation Index*  
NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*  
NASA – *National Aeronautics and Space Administration*  
NCGIA – *National Centre for Geographical Information and Analysis*  
OEMA – Órgão Estadual de Meio Ambiente  
ONG – Organização Não Governamental  
PAN-BRASIL – Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca  
PARNA – Parque Nacional  
PCE – Projeto Corredores Ecológicos

PE – Parque Estadual

PERH - PB – Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba

PEGnet – *Pan-European Green Corridor Network*

PNAP – Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente

PRODES – Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite

RADAM – Projeto Radar da Amazônia

REBIO – Reserva Biológica

RESEX – Reserva Extrativista

RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural

RL – Reserva Legal

RVS – Refúgio da Vida Silvestre

SAVI – *Soil Adjusted Vegetation Index*

SICAR – Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SRTM – *Shuttle Radar Topographic Mission*

SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio da Paraíba

TSAVI – *Transformed Soil Adjusted Vegetation Index*

UC – Unidade de Conservação

UNCCD – Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas

USGS – *United States Geological Survey*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>14</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
2.1 BIOMA CAATINGA .....	17
2.2 SEMIÁRIDO PARAIBANO .....	22
2.3 CARIRI PARAIBANO .....	24
2.4 GEOPROCESSAMENTO .....	27
2.4.1 GEOTECNOLOGIAS .....	29
2.4.2 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS .....	30
2.4.3 SENSORIAMENTO REMOTO .....	32
2.4.3.1 Índices de vegetação.....	34
2.5 ÁREAS PROTEGIDAS.....	35
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>39</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	39
3.2 COLETA DE DADOS EM CAMPO .....	43
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>46</b>
<b>4 CAPÍTULO I – ÁREAS COM POTENCIAL PARA SEREM CONSIDERADAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO DA CAATINGA .....</b>	<b>53</b>
4.1 INTRODUÇÃO .....	53
4.2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	54
4.2.1 ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA CAATINGA .....	54
4.2.2 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO .....	56
4.2.2.1 Unidades de conservação na Paraíba.....	59
4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	60
4.3.1 PROPOSTA DE CRIAÇÃO DE ÁREA PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA CAATINGA.....	60
4.3.2 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PARA CRIAÇÃO DE UC'S.....	62
4.3.3 GOOGLE EARTH ENGINE (GEE) .....	63
4.3.4 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO AJUSTADO AO SOLO (SAVI).....	64
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	66

4.4.1 ÁREAS COM POTENCIAL PARA CONSERVAÇÃO DA CAATINGA .....	66
4.4.2 ÁREAS PROPÍCIAS PARA CRIAÇÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO .....	76
4.5 CONCLUSÃO .....	80
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO 2 .....</b>	<b>88</b>
<b>5 CAPÍTULO II – ESTUDO E IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PROPÍCIAS PARA CRIAÇÃO DE CORREDORES ECOLÓGICOS NO ALTO CURSO DO RIO PARAÍBA .....</b>	<b>90</b>
5.1 INTRODUÇÃO.....	90
5.2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	92
5.2.1 FRAGMENTAÇÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA .....	92
5.2.2 EFEITO DE BORDA.....	95
5.2.3 CORREDORES ECOLÓGICOS .....	96
5.2.3.1 Experiências internacionais com corredores ecológicos .....	99
5.2.3.2 Corredores ecológicos no Brasil.....	101
5.2.4 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP).....	103
5.2.5 RESERVA LEGAL .....	105
5.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	106
5.3.1 PROPOSTA DE CRIAÇÃO DE CORREDORES ECOLÓGICOS.....	106
5.3.2 CORRIDOR DESIGN .....	107
5.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	111
5.4.1 CORREDORES ECOLÓGICOS .....	115
5.5 CONCLUSÃO .....	126
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>127</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

É de conhecimento de todos a grande pressão antrópica sofrida pelos biomas brasileiros, por ações como desmatamento, caça predatória, poluição, entre outros. Reforçar a conservação dos ecossistemas com ações que promovam o uso sustentado de recursos naturais, havendo uma harmonia entre a política pública e os diferentes setores da sociedade, se tornou um dos principais desafios no que tange ao meio ambiente.

Dentre estes, a Caatinga, único bioma inteiramente brasileiro, vem sofrendo um intenso processo de modificação nas últimas décadas, fato conhecido e debatido por gestores e pesquisadores. Tal situação se reflete nos solos, principalmente afetados pelos desmatamentos, queimadas e aumento da evaporação da água contida neles, que contribuem com a aceleração do processo de desertificação (GARDA, 1996).

O déficit hídrico neste bioma, refletido numa hidrografia intermitente, é causado por um sistema muito complexo de formação das chuvas, que ocorrem em poucos meses do ano. Anos chuvosos se alternam irregularmente com anos de secas, e a situação é agravada pela variabilidade dos solos, com maior ou menor capacidade de reter as águas das chuvas, e com a diminuição da vegetação (GARIGLIO, 2010).

A ocupação humana causa fortes efeitos na vegetação de Caatinga, que cedeu lugar a plantações e pastos, além da introdução de espécies exóticas. Outra atividade predatória é a retirada de lenha para construção de cercas e produção de carvão. Por fim, a criação de bovinos e caprinos é outra atividade que exige muito dos recursos naturais do semiárido. Esses fatores contribuem com o aumento das taxas de erosão e retirada de nutrientes dos solos sem reposição (SAMPAIO, 2003).

As interferências nos ecossistemas naturais causam a fragmentação da vegetação, problema comum a todos os biomas, que produz influências significativas na dinâmica das comunidades florísticas e faunísticas locais, conduzindo à degradação gradual dos habitats. Esse problema para ser equacionado necessita de ações, especialmente do poder público, para que através da criação de novas unidades de conservação e de áreas prioritárias para conservação aliadas a outras áreas protegidas, possa manter uma conectividade entre fragmentos.

Para combater essas ações predatórias, o tema planejamento passa a ser de grande importância, pois através dessa ferramenta é possível perceber a realidade e

avaliar como será no futuro. Independente de onde seja, uma gestão pública só terá bons resultados se houver um bom planejamento durante sua gerência.

O planejamento e a gestão ambiental podem ser definidos como um processo de mediação de interesses e conflitos entre atores sociais que agem sobre os meios físico-natural e construído. Define como a sociedade, através de suas práticas, alteram a qualidade do meio ambiente, sendo um importante instrumento para as organizações em suas relações com o público (NILSSON, 1998; QUINTAS, 2000).

Para Leite (2008), a gestão ambiental pode ser utilizada para monitorar áreas com maior necessidade de proteção ambiental, acompanhar a evolução da poluição da água e do ar, níveis de erosão do solo, disposição irregular de resíduos e para o gerenciamento dos serviços de limpeza pública.

A progressiva integração da gestão ambiental nas atividades dos órgãos públicos contribui no avanço da proteção dos recursos oferecidos pelo meio ambiente, porém, torna mais evidente as dificuldades existentes no serviço público, dentre essas, destaca-se a problemática da espacialização e do gerenciamento de áreas de grande extensão; a interferência política e os conflitos sociais em áreas de preservação; a complexidade na gestão ambiental pública no que diz respeito às instituições, que geralmente não são sincronizadas, pois a superposição de jurisdições e a dificuldade de identificar o responsável debilitam, com frequência, os esforços de gestão (MOTTA, 1996).

Segundo Pissarra *et al.* (2003), dentro da gestão ambiental uma das principais dificuldades que se tem encontrado para aumentar os índices de preservação, é a falta de uma fonte de dados com informações básicas da paisagem. Essas informações são extremamente necessárias em projetos ambientais, principalmente para a recomposição de áreas degradadas, auxílio no manejo e na conservação do solo e da água em microbacias hidrográficas.

O crescente empenho com a proteção e gestão de áreas de conservação do meio ambiente nos últimos anos, propiciou uma maior necessidade da utilização de técnicas de geoprocessamento para auxiliar no monitoramento e gerenciamento dessas áreas, que pode ser utilizado na gestão ambiental como ferramenta para monitorar áreas com maior necessidade de proteção ambiental, acompanhar a evolução da poluição da água e do ar, além dos níveis de erosão do solo e da ocupação indevida das áreas.

A utilização do geoprocessamento vem auxiliando de maneira significativa nas deficiências dos órgãos públicos responsáveis pela gestão ambiental, principalmente preenchendo as lacunas existentes nos bancos de dados. Conseguir fornecer informações de grandes áreas em pouco tempo torna essa ferramenta mais atrativa para o uso no gerenciamento e monitoramento de áreas protegidas, como unidades de conservação, áreas prioritárias para conservação e recuperação, áreas de preservação permanente, e até mesmo em locais que exijam um nível de detalhes maior, como as reservas legais.

Diante do exposto, a justificativa da temática abordada na presente pesquisa apoia-se em uma metodologia que utiliza como principal alicerce o geoprocessamento, sendo ele uma ferramenta imprescindível nos estudos, na gestão e conservação da Caatinga, em razão de sua importância para a região e para a população que lá vive e dela sobrevive.

Dessa forma, esta pesquisa tem o objetivo de contribuir com a gestão do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba, através da identificação de áreas com potencial para serem prioritárias para conservação da Caatinga e propícias para delimitação de corredores ecológicos, que no futuro possam contribuir no fluxo genético da região, conectando as unidades de conservação e áreas protegidas de diferentes categorias.

Os objetivos específicos são: realizar análise temporal da vegetação da bacia, mapear as áreas protegidas – áreas de preservação permanente (APP), unidades de conservação (UC) e reserva legal (RL) – e remanescentes de vegetação nativa.

A dissertação está estruturada e organizada em cinco tópicos, sendo os três primeiros referentes aos “Procedimentos Metodológicos”, ao “Referencial Teórico”, além desta parte introdutória. Os dois tópicos seguintes são classificados como capítulos, e estão estruturados no formato de artigo (introdução, procedimentos metodológicos, resultados e conclusão). No primeiro, intitulado de “Áreas com potencial para serem consideradas prioritárias para conservação da Caatinga”, são identificados locais com potencial para conservação da Caatinga ou serem transformados em UC’s. O segundo, “Estudo e identificação de áreas propícias para criação de corredores ecológicos no alto curso do rio Paraíba” irá discutir o tema corredores ecológicos, e será apresentado como resultado uma rede de corredores que contemplem áreas protegidas e de recuperação.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 BIOMA CAATINGA

O conjunto de regiões denominadas como Terras Secas, que englobam as zonas áridas (hiper-áridas, áridas e semiáridas) e sub-úmidas secas, ocorrem em todos os continentes, se caracterizando pelo déficit hídrico, aridez do clima, imprevisibilidade da precipitação, altas temperaturas nas estações secas e pelos solos pobres em algumas regiões (SILVA, 2006).

No tratado sobre as Zonas Áridas e Semi-Áridas aprovado no Fórum Internacional de Organizações não Governamentais e Movimentos Sociais, no âmbito do Fórum Global, ECO 92, as zonas áridas e semi-áridas foram definidas como um “conjunto de formações naturais complexas, dispersas em vários pontos do planeta e muito diferenciadas entre si, mas guardando pontos comuns de identificação que as tornam singulares em relação a outros ecossistemas”.

Dentre essas regiões áridas e semi-áridas está inserido o bioma Caatinga, que, em linhas gerais, sempre foi caracterizado por sua formação vegetal, que apresenta indivíduos de porte variável, com forte resistência ao déficit hídrico e grande quantidade de espinhos. O semiárido brasileiro também é lembrado por seus diversos problemas sociais, como a fome, pobreza, analfabetismo e migração, presentes na região desde o período colonial. Porém, o avanço nos estudos e pesquisas da Caatinga apresentou outras características e particularidades desse bioma, como o fato de ser a única grande região natural brasileira cujos limites estão inteiramente restritos ao território nacional; o bioma brasileiro menos protegido, pois possui poucas unidades de conservação em seu território; por fim, por sofrer um extenso processo de alteração e degradação ambiental potencializada pelas atividades antrópicas desenvolvidas (LEAL, 2003). Recentemente foi reconhecida como uma das 37 grandes regiões naturais do planeta, conforme estudo coordenado pela *Conservation International* (GIL, 2002).

O nome “Caatinga” possui origem indígena, do Tupi-Guarani, e significa “mata branca”, por possuir uma vegetação de baixo/médio porte, e que se mantém desfolhada e com os troncos brancos e brilhosos das árvores e arbustos, como estratégia de sobrevivência ao clima seco dominante (ALBUQUERQUE & BANDEIRA 1995).

A Caatinga está inserida em nove estados brasileiros, Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí e Sergipe, o que equivale a 11% do território brasileiro, cerca de 844.453 quilômetros quadrados (Figura 1). Nessa área estão 1.189 (hum mil cento e oitenta e nove) municípios, e apesar das características naturais adversas concentra uma população superior a 25 milhões de habitantes (BRASIL, 2017). Esses números a classificam como a região semiárida mais povoada do mundo e, talvez, aquela que possua a estrutura agrária mais rígida do planeta (AB'SABER, 2003). demonstram a importância da região, seja ambiental ou social, principalmente quando os valores relacionados a área e população são comparados ao de alguns países, como Chile e Portugal, que possuem 18 e 11 milhões de habitantes, respectivamente, ou França e Espanha, ambos com pouco mais de 500.000 quilômetros quadrados de área.

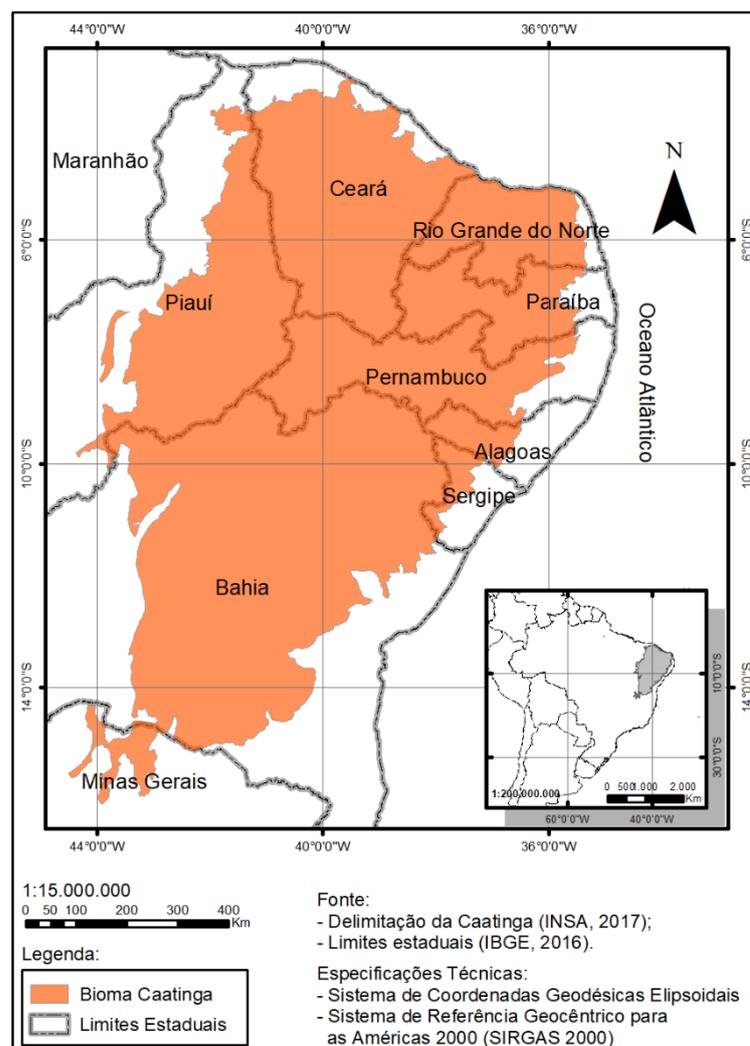


Figura 1: Localização do bioma Caatinga.  
Fonte: Adaptado de Brasil (2004).

Em décadas de pesquisas no Brasil, a Caatinga sempre foi o bioma menos explorado e mais desvalorizado pelas políticas públicas e grupos acadêmicos, porém, possui um imenso potencial para conservação de serviços ambientais e uso sustentável, que podem contribuir diretamente no desenvolvimento da região. Sua biodiversidade é responsável por atividades agrossilvopastoris e industriais, especialmente nos ramos farmacêutico, cosmético, químico e alimentício.

Os vários registros de períodos de estiagem e seca registrados nas últimas décadas, sempre ocasionam a redução da produção agrícola, que, aliada à deficiente fiscalização ambiental pelo poder público, direcionam a população a buscar novas fontes de renda, e uma delas é a extração de lenha nativa, explorada de forma ilegal e insustentável para fins domésticos e industriais, refletindo num desmatamento de mais de 45% da área da Caatinga, segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2012).

Segundo Cabral (1977), a Caatinga possui como característica um clima quente e seco, semiárido, com escassez hídrica, o que condiciona uma vegetação fortemente adaptada a essas condições climáticas, formada por plantas que não se mantêm verde o ano todo, perdendo as folhas na estação seca, e por espécies espinhosas, que possuem estrutura para reduzir ao máximo a perda de água na transpiração.

Rodal e Sampaio (2002) especificam o bioma Caatinga e sua vegetação apresentando três características apontadas em grande parte da bibliografia sobre o tema. A primeira indica que a região possui vegetação que cobre uma área grande e mais ou menos contínua no Nordeste do Brasil, submetida a um clima semiárido, bordejada por áreas de clima mais úmido; a segunda aponta que a vegetação dessa área possui plantas que apresentam características relacionadas à adaptação à deficiência hídrica (caducifolia, herbáceas anuais, suculência, acúleos e espinhos, predominância de arbustos e árvores de pequeno porte, cobertura descontínua de copas); por fim, a vegetação possui algumas espécies endêmicas a essa região semiárida e com algumas espécies que ocorrem nessa área e em outras áreas secas mais distantes, mas não nas áreas circunvizinhas.

Para França *et al.* (2003), a Caatinga possui uma natureza extremamente heterogênea em todos os seus aspectos. No que diz respeito a vegetação, em razão da variação dos recursos hídricos, os corpos de água e os locais alagados têm vegetações sem nenhuma característica de adaptação à aridez. Em geral, são

encontradas na região fitofisionomias de Caatinga (savana estépica na classificação adotada), encraves de Cerrado e de Mata Atlântica e áreas de tensão ecológica (ecótonos e encraves não mapeáveis).

O caráter heterogêneo da vegetação de Caatinga possibilitou a diversos autores diferentes observações e consequentes divisões das fisionomias desse bioma, levando em consideração estrutura física, riqueza e diversidade de espécies, contribuição relativa de formas e histórias de vida. Ferri (1980) indicou algumas formas de Caatinga, como o agreste, carrasco, sertão, cariri e seridó, que apresentam variações na fisionomia e na composição florística. Já Veloso e Lima (1991) definiram a vegetação da Caatinga como savana estépica, dividindo-a em quatro categorias, savana estépica, arborizada, parque e savana estépica gramíneo-lenhosa. Em outra divisão realizada, utilizando uma escala menor, Andrade-Lima (1981) dividiu a vegetação da Caatinga em 6 tipos e 12 subtipos de vegetação.

Segundo Tabarelli (2003), para especificar a riqueza da Caatinga é de grande importância um olhar mais profundo para que seja enxergada sua grande biodiversidade. Por não apresentar o grande porte das florestas tropicais úmidas, o aspecto seco das fisionomias dominadas por cactos e arbustos sugere uma baixa diversificação da fauna e flora.

O semiárido nordestino caracteriza-se por períodos de estiagem, que em anos dentro das médias pluviométricas, podem durar de 6 a 8 meses na maior parte da área, a uma alta radiação solar, baixa nebulosidade, alta temperatura média anual, baixas taxas de umidade relativa, além de uma grande evaporação, causando uma concentração de sais em parte da área (REIS, 1976).

Segundo a classificação de Koppen, o semiárido possui três tipos de clima: o BShw – semiárido, caracterizado pelo curto período chuvoso no verão e precipitações concentradas nos meses de dezembro e janeiro; o BShw' – semiárido, possui curta estação chuvosa e maiores precipitações nos meses de março e abril e; o BShs' – semiárido, com o período de chuvas no outono-inverno e maiores precipitações nos meses de maio e junho.

Apesar da região se caracterizar por um clima semiárido, com baixíssimos índices de pluviosidade, apresenta grande variedade de paisagens e relativa riqueza biológica, tornando-se um bioma que se caracteriza pela grande diversidade, mais que qualquer outro no mundo que esteja exposto às mesmas condições de clima e solo (BRASIL, 2003).

Para Malvezzi (2007, p. 10):

É o Semiárido mais chuvoso do planeta: a pluviosidade é, em média, 750 mm/ano (variando, dentro da região, de 250 mm/ano a 800 mm/ano). É também o mais populoso, e em nenhum outro as condições de vida são tão precárias como aqui. O subsolo é formado em 70% por rochas cristalinas, rasas, o que dificulta a formação de mananciais perenes e a potabilidade da água, normalmente salinizada. O grande problema é que a chuva que cai é menor do que a água que evapora. No semiárido brasileiro, a evaporação é de 3.000 mm/ano, três vezes maior do que a precipitação. Logo, o jeito de armazenar a água de chuva é fundamental para aproveitá-la.

Os solos da região da Caatinga se caracterizam por possuir pouco nitrogênio acumulado na matéria orgânica, em razão da baixa produção vegetal e acelerada mineralização nas estações chuvosas. Ainda assim, apresenta a maior variabilidade do país, originando formações geológicas principais, com a formação sedimentar predominando na porção oeste e a cristalina, na porção leste (SALCEDO, 2008).

Na Caatinga, os solos são pedregosos e rasos, apresentando restrições físicas, drenagem irregular, deficiência em fósforo e cálcio, acidez e pouca vocação agrícola. Os solos predominantes são os latossolos, argissolos, planossolos, luvissolos e neossolos. Em menor proporção têm-se os nitossolos, chernossolos, cambissolos, vertissolos e plintossolos (MENEZES, 2005).

A região Nordeste do Brasil apresenta uma modesta rede hidrográfica se comparada às de outras regiões brasileiras, se caracterizando pela natureza impermeável do subsolo cristalino da porção oriental. No que diz respeito à Caatinga, as bacias hidrográficas presentes nesse bioma são divididas em quatro regiões hidrográficas: Maranhão-Piauí, Nordeste Médio-Oriental, São Francisco e bacias do Leste. Os rios que compõem a região semiárida do Nordeste são em sua maioria de planalto e intermitentes sazonais, ou seja, rios que secam em certos períodos do ano. Nos períodos secos os rios se tornam esporádicos ou efêmeros, fluindo apenas durante a estação chuvosa (AB'SÁBER, 1974).

Grande parte das bacias hidrográficas do Nordeste encontra-se sob influência da Caatinga, apresentando características peculiares, como a disposição espacial da rede hidrográfica que se estende por depressões interplanálticas, o regime intermitente e sazonal de seus rios, reflexo direto das precipitações escassas e irregulares, associadas à alta taxa de evaporação. Dentre os grandes rios da região, destacam-se o São Francisco e o Parnaíba, que são perenes, apesar de terem afluentes intermitentes (AB'SÁBER, 1999).

A intensificação do uso do solo na área do bioma Caatinga, assim como sua utilização além da capacidade natural de regeneração dos ecossistemas, propicia o surgimento dos mais variados impactos, como significativas perdas na biodiversidade da fauna e da flora, erosão do solo, sedimentação dos reservatórios e do leito dos rios, contribuindo com o enfraquecimento da economia e da qualidade de vida da população (SANTOS, 2005).

Uma das principais causas do desmatamento no Brasil é a mudança do uso do solo, passando de áreas florestais para terras agrícolas. Esse cenário criou diversas preocupações para a sociedade, relacionadas à água, à poluição e aos impactos sociais. Na Caatinga, além do uso agrícola, a retirada da vegetação nativa também ocorre para ser utilizada como lenha e na produção de carvão vegetal, usados nas indústrias locais, destinados principalmente às fabricas gesseiras e para a produção siderúrgica (BENATTI, 2007).

## 2.2 SEMIÁRIDO PARAIBANO

A área de semiárido na Paraíba, como ambiente natural, conjuga sob a mesma base territorial ocorrência de secas e riscos de desertificação. Anos de seca e períodos de seca se alternam com outros anos e períodos de baixa pluviometria, de chuvas adequadas e de chuvas intensas. Apresentam peculiar cenário socioeconômico, resultado tanto dos efeitos da irregularidade na disponibilização de águas combinada com a intensa exposição a altas temperaturas, como também da degradação ambiental decorrente de quadros produtivos com marcas de devastação.

No tocante aos aspectos econômico, social e político, a Paraíba está dividida em quatro mesorregiões (Mata Paraibana, Agreste Paraibano, Borborema e Sertão Paraibano) assim denominadas, de acordo com a classificação estabelecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Tal divisão levou em consideração as características e as formas de organização socioeconômica e política. Essas mesorregiões estão, por sua vez, divididas em 23 microrregiões geográficas: Brejo Paraibano; Cajazeiras; Campina Grande; Cariri Ocidental; Cariri Oriental; Catolé do Rocha; Curimataú Ocidental; Curimataú Oriental; Esperança; Guarabira; Itabaiana; Itaporanga; João Pessoa; Litoral Norte; Litoral Sul; Patos; Piancó; Sapé; Seridó Ocidental Paraibano; Seridó Oriental Paraibano; Serra do Teixeira; Sousa; Umbuzeiro.

O estado da Paraíba possui uma extensão territorial de 56.439,84 km<sup>2</sup>, correspondendo a 3,63% da região Nordeste, e 70% do território é ocupado pelo semiárido, englobando 170 municípios, de um total de 223, dentre os quais estão presentes Campina Grande, Cajazeiras, Patos e Sousa, importantes pólos econômicos da região Nordeste (Figura 2).

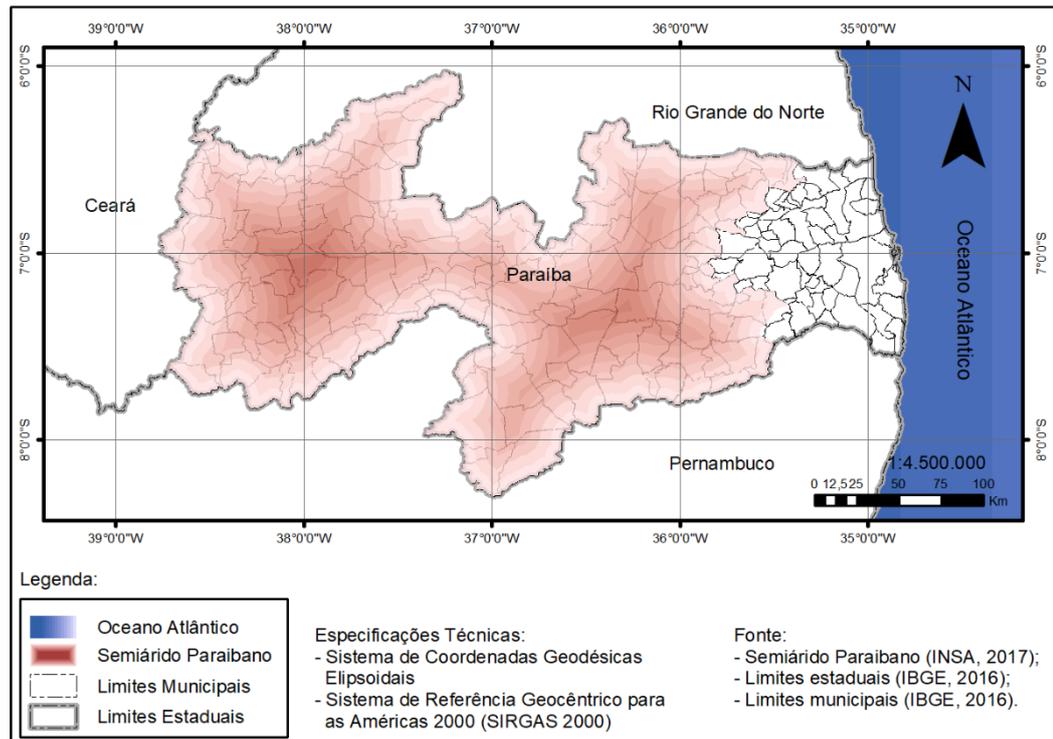


Figura 2: Localização do Semiárido paraibano.  
Fonte: Adaptado de SUDENE (2017).

De acordo com Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba - PERH (2006), 11 bacias hidrográficas estão presentes: bacias do rio Paraíba; rio Abiaí; rio Gramame; rio Miriri; rio Mamanguape; rio Camaratuba; rio Guaju; rio Piranhas; rio Curimataú; rio Jacu; e do rio Trairi. Sendo as cinco últimas de domínio federal.

Dentre as 11 bacias hidrográficas da Paraíba (Figura 3), destacam-se as bacias do rio Piranhas e do rio Paraíba, juntas elas ocupam cerca de 81,79 % da área do estado, se concentrando praticamente em todo o semiárido paraibano, cobrindo cerca de 89,74 %, o que equivale a 43.250,81 km<sup>2</sup>. Em meio a essas duas grandes bacias hidrográficas, encontram-se sub-bacias de extrema importância para a região semiárida, como a bacia do rio Piancó, bacia do rio do Peixe, bacia do rio Taperoá e alto curso do rio Paraíba, onde, nesta última se fazem presentes as nascentes do maior curso d'água do estado.

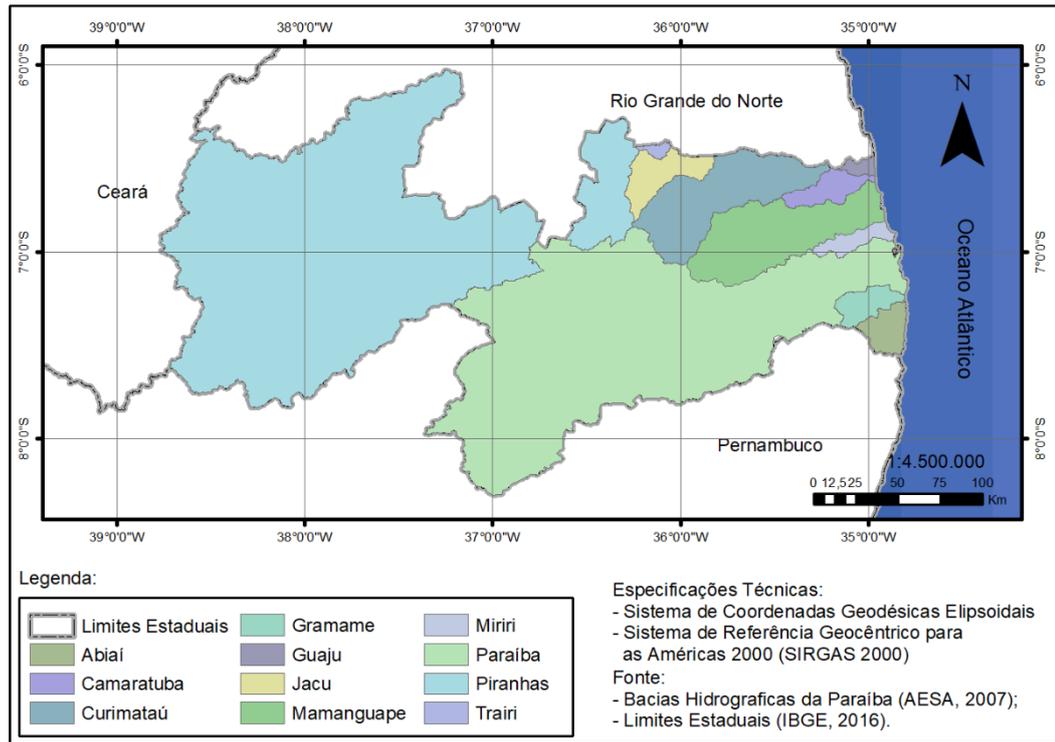


Figura 3: Bacias Hidrográficas da Paraíba.  
 Fonte: Adaptado de AESA (2006).

### 2.3 CARIRI PARAIBANO

O Cariri paraibano ocupa pouco mais que 20% da área do estado, correspondendo a 11.192 km<sup>2</sup>, se caracterizando pelos baixos índices pluviométricos, solos rasos e com altos teores de salinidade, vegetação típica do bioma Caatinga e baixo índice de desenvolvimento humano (IDH). Essa área possui 29 municípios divididos entre duas microrregiões, Cariri Ocidental (17 municípios) e Cariri Oriental (12 municípios). Essa divisão (Figura 4) ocorre de acordo com alguns parâmetros que diferenciam as duas microrregiões, como pluviosidade, relevo e economia. Enquanto o Cariri Oriental possui médias pluviométricas entre 400 e 500 mm/ano, relevo com topografia suave ondulada e uma economia baseada na criação de caprinos, o Cariri Ocidental registra médias pluviométricas que vão de 500 a 600 mm/ano, relevo com declividade acentuada e uma economia que se divide entre agricultura e pecuária.

O Cariri incorpora-se na paisagem da Caatinga paraibana como uma das áreas mais secas do país. Ao longo da história a pressão antrópica no Cariri paraibano vem causando inúmeros impactos ambientais, com ações que datam desde o período colonial, atravessando todas as fases políticas e econômicas do país. Essas atividades impactantes ao meio ambiente são até hoje praticadas em toda região

semiárida, como a extração de vegetação para a produção de carvão, lenha, cercas e material de construção; ampliação de pastos para pecuária; utilização das margens dos rios para lavouras de subsistência; caça de animais nativos; dentre outros, são oriundos do período de colonização do Cariri, que ocorreu a partir de 1663, com a concessão das primeiras sesmarias na região (SOUZA, 2008).

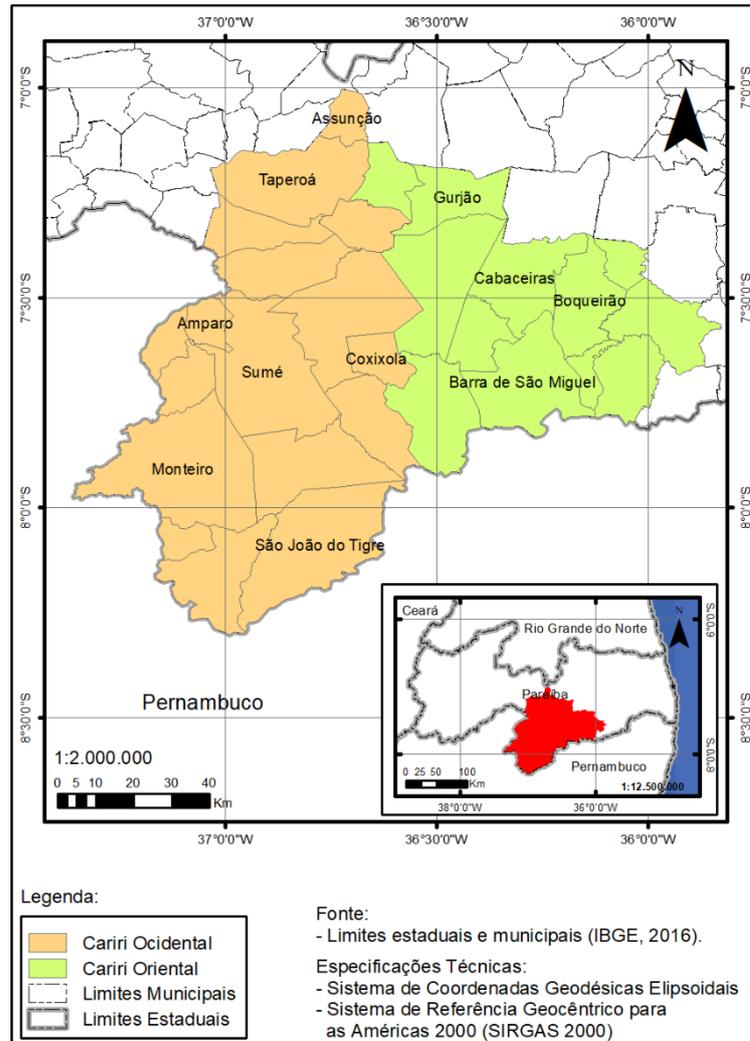


Figura 4: Localização do Cariri paraibano.  
Fonte: Adaptado de Souza (2008).

Outra atividade que ajudou no esgotamento quase que total dos recursos naturais de algumas áreas do Cariri paraibano, foi a produção de algodão, que teve seu cultivo incentivado principalmente em razão de sua resistência a seca e também pelo aumento da produção têxtil na região Nordeste, no fim do século XIX e início do século XX, fatos que ajudam na compreensão do alto índice de degradação existente nessa região (MOREIRA, 1997).

Relatos que existem desde o Brasil colônia, caracterizam algumas localidades do Cariri, não apresentando grandes diferenças para o que é encontrado atualmente. Como exemplo, pode-se citar a descrição dada pelo Ouvidor Geral da Comarca da Paraíba em 1788, sobre o município de São João do Cariri, que apresentava vegetação de baixo porte, solo muito seco e incapaz de produzir alimentos (PINTO, 1977). Outra caracterização dada ao Cariri foi apresentada por Tavares (1909), que no início do século XX observou terrenos pedregosos e carentes de vegetação.

No Cariri predomina uma composição florística heterogênea, com uma Caatinga arbustiva aberta, com moitas esparsas e forte densidade de cactáceas e bromeliáceas. Num dos extremos, a vegetação é representada por floresta caducifolia, espinhosa, tendo como representantes árvores, epífitas e lianas de um lado e, de outro, por uma comunidade aberta subarbustiva estepária e de cactáceas arbóreas. Apresenta-se com solos pobres e salinos em algumas partes e com uma graduação de tipos de vegetação com padrões que se ajustam a pólos xéricos e a pólos com pluviosidade elevada (AGRA, 1996).

Da mesma forma que acontece com grande parte da região semiárida, o Cariri paraibano sofre com os graves problemas causados pelas condições climáticas, pelo uso inadequado do solo e pelos modelos de desenvolvimento regionais que visam a obtenção de resultados imediatos, fatores que contribuem para o aumento das áreas em processo de desertificação, sendo uma das principais ameaças a conservação dos recursos naturais dessa região, acarretando em preocupantes problemas sociais e ambientais (CABRAL, 1977).

Na Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas (UNCCD, 1995), o termo desertificação foi definido como o processo de degradação ambiental causado pelo manejo inadequado dos recursos naturais nos espaços áridos, semiáridos e sub-úmidos secos, que compromete os sistemas produtivos das áreas susceptíveis, os serviços ambientais e a conservação da biodiversidade.

Não diferente de outros autores, Accioly (2000) relaciona a problemática da desertificação ao antropismo, que atua no extrativismo vegetal e mineral, assim como no pastoreio das pastagens nativas ou cultivadas e no uso agrícola por culturas, que expõem os solos aos agentes da erosão.

No cenário atual, com um aumento de pesquisas e de coleta de dados, afirmar que as secas são as únicas responsáveis pela desertificação torna-se um equívoco.

Elas só assumem um papel decisivo nesse processo quando ocorre o uso de práticas predatórias no período da estiagem, dessa forma contribuem na aceleração da degradação. Porém, por meio de uma gestão sustentável do solo, com a utilização de técnicas de manejo sustentáveis, que visam a conservação dos ecossistemas fragilizados do semiárido, pode ser obtido um desenvolvimento econômico para a população local (DREGNE, 1986).

## 2.4 GEOPROCESSAMENTO

Desde as civilizações antigas, dados referentes a localidades da superfície terrestre têm sido coletados por navegadores, geógrafos e outros estudiosos. Essa busca de informação se estendeu até os tempos modernos, e os dados são organizados na forma de mapas e imagens (BARBOSA, 1997).

A busca e conseqüente necessidade dos gestores de conhecer os modelos de uso e ocupação do solo e as suas recorrentes modificações, tornou o geoprocessamento uma ferramenta essencial para que seja possível perceber a realidade e avaliar os cenários futuros.

O termo geoprocessamento, que nasceu com o sentido do processamento de dados georreferenciados, ganhou o significado de implantar um processo que propicie um progresso, um avanço na grafia ou representação da Terra. Por esta razão, na maioria das vezes é um instrumento utilizado em situações estratégicas, posto o interesse cada vez mais crescente de se conhecer o território e os fenômenos que ali se desenvolvem sob diferentes aspectos. Por ter característica multidisciplinar, pode ser usado em diferentes aplicações, englobando vários temas e abordagens.

Na década de 50 do século XX ocorreu nos Estados Unidos e na Inglaterra as primeiras experiências de automatização do processamento dos dados, objetivando a redução dos custos de produção e manutenção de mapas. Porém, no Canadá, na década de 1960 surgiu o primeiro Sistema de Informações Geográficas, sendo parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. As décadas de 1970 e 1980 ficaram marcadas pelo acelerado crescimento tecnológico, criação de novos recursos de hardware e surgimento dos primeiros softwares de CAD (*Computer Aided Design*), que, aliados aos grandes avanços da microinformática e criação de centros de pesquisa que formaram o *National Centre for Geographical*

*Information and Analysis* (NCGIA), marca o estabelecimento do geoprocessamento como disciplina científica independente (NCGIA, 1989).

Inicialmente o geoprocessamento foi tratado como uma tecnologia de fins militares, e posteriormente foi inserida em diversos setores da sociedade para uso civil, sendo uma ferramenta de grande potencial na tomada de decisões e resolução de problemas urbanos, rurais e ambientais (SILVA & ZAIDAN, 2004).

Geoprocessamento trata-se da utilização de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. Influencia de forma direta importantes áreas da sociedade, como a cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia, segurança pública, saúde e planejamento urbano e regional (CÂMARA & DAVIS, 1999).

Rocha (2007) conceitua de forma mais detalhada, definindo geoprocessamento como uma tecnologia que localiza e processa dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, processos, entidades, dados, metodologias, pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a dados georreferenciados.

Silva e Zaidan (2004, p. 189) consideram que as geotecnologias são usadas para o conhecimento dos espaços ou do território sem distinção de área de trabalho, mas essa definição pode ser usada especificamente na esfera ambiental, como é observado abaixo:

O geoprocessamento muda a forma de coletar, utilizar e disseminar a informação, possibilitando o acompanhamento – monitoria – do desenvolvimento ou da implementação dos planos de desenvolvimento, por meios diversos, desde imagens de satélite até mapas interativos que permitem medir a espacialização da extensão dos efeitos das políticas e ações de desenvolvimentos, sobre o espaço em questão, em tempo real.

O geoprocessamento engloba a cartografia digital, que refere-se à automação de projetos, captação, organização e desenho de mapas; os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) que tratam da coleta, armazenamento, manipulação, ajuste, análise e apresentação de dados georreferenciados; além do processamento digital de imagens, que fornece ferramentas para facilitar a identificação e a extração da informação contidas nas imagens, para posterior interpretação (MOURA, 1999).

Para Rodrigues (1993), geoprocessamento é um conjunto de tecnologias voltado à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico,

auxiliando sobretudo no planejamento e na gestão. Assim, atividades que envolvem essa ferramenta, são executadas por sistemas específicos para cada aplicação, pois permitem uma visão holística da realidade de forma sistematizada, considerando as interrelações dos diferentes componentes que a constitui.

#### 2.4.1 GEOTECNOLOGIAS

Nos estudos ambientais, que envolvem as mais variadas informações, as geotecnologias e suas metodologias prestam grande auxílio, sendo essenciais em ações de planejamento, em processos de gestão e outros aspectos referentes ao uso e ocupação do solo (FITZ, 2008).

As mais variadas áreas da ciência têm as geotecnologias como grandes aliadas na execução de mapeamentos, uma vez que a utilização de sensoriamento remoto, topografia, aerofotogrametria, dentre outras, se tornam fundamentais e essenciais na geração e interpretação de informações. Atividades outrora executadas de forma manual, atualmente são realizadas de forma digital com o auxílio e agilidade de softwares e hardwares de última geração (FREITAS FILHO & SOUZA, 2005).

Para Rosa (2005) as geotecnologias são formadas por um conjunto de tecnologias voltadas a coleta, processamento e análise de informações com referência geográfica. Envolve as técnicas de cartografia, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global, topografia, levantamento de dados alfanuméricos e banco de dados, que estão inseridas nos grupos de hardware, software e peopleware. Esses três elementos juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisão.

Guerra (2006) define as geotecnologias como um conjunto de tecnologias (SIG, cartografia digital, sensoriamento remoto, Sistema de Posicionamento Global) direcionadas para a aquisição, processamento, análise e ajustamento de informações a partir da referência geográfica.

O impacto do uso das geotecnologias nas pesquisas relacionadas ao meio ambiente é descrito por Oliveira (2002), que indica que dados em escala muito pequena apresentam pouca riqueza de detalhes, fato que por exemplo, dificulta os estudos de APP's. Contudo, a utilização das geotecnologias auxilia na caracterização das áreas estudadas, sendo extremamente importantes para um melhor entendimento dos processos ecológicos e antrópicos que agem nos sistemas terrestres.

Vale ressaltar a importância das geotecnologias em projetos ambientais, como apoio para uma análise espaço-temporal de fenômenos geográficos. Inúmeros trabalhos foram desenvolvidos com a utilização dessas tecnologias. Dentre tantos, destacam-se os projetos de monitoramento da floresta amazônica brasileira. O primeiro foi o Projeto Radar da Amazônia - Radam (1970), que possibilitou que diversas regiões do território brasileiro (em especial a Amazônia) fossem mapeadas por imagens aéreas de radar, captadas por avião. Posteriormente, em 1988, foi criado o Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES), utilizado para identificar visualmente áreas de desflorestamento por meio de imagens (antes impressas em papel fotográfico e hoje digitais analisadas por computador). Outro sistema, Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER), foi criado em 2004, e, mapeia mensalmente as áreas de corte raso e de processo progressivo de desmatamento por degradação florestal, sendo uma ferramenta que facilita e agiliza as operações de fiscalização.

Por fim, outro grande projeto ambiental é o Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), plataforma que integra o Cadastro Ambiental Rural (CAR) de todo o país, como indica a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que criou o CAR em âmbito nacional, regulamentado por meio do Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. Todos os dados geográficos inseridos na plataforma SICAR têm como base técnicas oriundas das geotecnologias, dentre elas podem ser citadas, sensoriamento remoto, cartografia, geodésia, topografia, dentre outras.

#### 2.4.2 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Os sistemas de informações geográficas são ferramentas incorporadas nas geotecnologias, destacando-se em razão do tratamento computacional e análise de dados geográficos, que são aqueles que descrevem fatos, objetos e fenômenos do globo terrestre, associados à sua localização sobre a superfície, num certo instante ou período de tempo, sendo eficientes no estudo de diversas situações complexas, produzindo resultados de grande utilidade e de boa qualidade.

Segundo Ferreira (1997), para obter soluções para determinados problemas envolvendo planejamento urbano e regional, meio rural e levantamento de recursos renováveis, descrevendo os mecanismos de alteração que agem no meio ambiente e auxiliando no planejamento e manejo dos recursos naturais de regiões específicas, os

SIG's podem ser considerados instrumentos para mapear e indicar respostas a essas questões.

De uma maneira mais ampla, SIG consiste em um ambiente em que o usuário possa armazenar, tratar e analisar dados, aplicar modelos, gerar cenários passados, atuais e simular cenários futuros através do processamento de séries temporais. Além disso, toda logística existente nos estudos em grandes escalas pode ser equacionada através do uso dessa ferramenta, possibilitando a manipulação integrada de conjuntos de diferentes dados (JOHNSON, 1990).

Os SIG's podem ser usados para adicionar valor a dados espaciais, permitindo a organização e visualização dos mesmos, para que sejam transformados em informação. Propicia também a integração de diversos tipos de dados, em diferentes escalas, criando informações novas e ajudando na tomada de decisões.

O sistema de informações geográficas é considerado a ferramenta mais utilizada no campo das geotecnologias, pois possui capacidade para aquisição, armazenamento, processamento, análise e exibição de dados georreferenciados, apresentando uma topologia devidamente estruturada, associada ou não a um banco de dados (ROCHA, 2007).

De acordo com a definição de Câmara e Casanova (1996), SIG pode ser entendido como um conjunto de ferramentas que permitem análises, envolvendo dados espaciais e não espaciais sobre o espaço terrestre. Porém, convém distinguir dois significados para essa tecnologia, iniciando pelo mais restrito, que se refere ao software, que, realiza determinadas operações espaciais. O mais amplo, se refere a base de dados, software, hardware, metodologia e pessoas.

De forma mais direta, outros autores definiram SIG da seguinte forma: "Um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados" (ARONOFF, 1989); "Um poderoso conjunto de ferramentas para coleta, armazenagem, recuperação e exibição de dados do mundo real para determinados propósitos" (BURROUGH, 1986); "Um sistema de apoio à decisão que envolve a integração de dados espacialmente referenciados, em um ambiente para resolução de problemas" (COWEN, 1988).

Os sistemas de informações geográficas são utilizados em todos os campos da pesquisa ambiental, sendo de extrema necessidade ao poder público e aos órgãos ambientais, pois trata-se de uma ferramenta fundamental em monitoramento de áreas protegidas, acompanhamento da evolução da poluição da água e do ar, níveis de

erosão do solo, ocupação indevida de áreas, mapeamento de áreas prioritárias de conservação e recuperação, inventários florestais, dentre outros usos. É visível a necessidade da utilização desta ferramenta, tornando seu uso imprescindível, uma vez que os sistemas públicos têm dificuldade para manejar e gerir áreas com grandes dimensões (SILVA & ZAIDAN, 2004).

Câmara (1998) listou as principais dificuldades ligadas aos estudos ambientais, sendo elas o mapeamento temático, o diagnóstico ambiental, a avaliação de impacto ambiental, o ordenamento territorial e os prognósticos ambientais. Nessa lista é inevitável o impacto do uso da tecnologia SIG.

Segundo Câmara e Medeiros (1998), os sistemas de informações geográficas se inserem de forma imprescindível nos estudos relacionados a gestão do território, pois toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve conter a análise dos diferentes componentes do ambiente, incluindo o meio físico-biótico, a ocupação humana, e seu inter-relacionamento. Moraes (1997) afirma que a visão integrada da questão ambiental em conjunto com a questão social, torna a interdisciplinaridade uma forte característica desses estudos.

#### 2.4.3 SENSORIAMENTO REMOTO

A recente popularização do uso do sensoriamento remoto nos estudos do meio ambiente, vem trazendo ótimos resultados no que tange os fenômenos ambientais, apresentando produtos atualizados dos mais diferentes biomas e regiões, através de instrumentos capazes de obter imagens da superfície terrestre a grandes distâncias, transformando os dados obtidos e registrados em informações úteis aos usuários finais dos produtos gerados por esta tecnologia, auxiliando no planejamento e gestão dos recursos naturais.

Na literatura técnica são encontrados diferentes conceitos para o termo sensoriamento remoto. Dentre vários autores, os que definem esta tecnologia de uma maneira mais ampla são Barrett e Curtis (1976), que a define como “o uso de qualquer objeto técnico de imageamento, sem que o sensor esteja em contato direto com o próprio objeto ou cena”.

Para Florenzano (2002), sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície.

Segundo Novo (2008), estudar fenômenos e processos que ocorrem na superfície terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que a compõem, é o principal objetivo do sensoriamento remoto.

O sensoriamento remoto se apresenta como uma solução de baixo custo e grande aliado nas tomadas de decisões, quando comparado as medições realizadas *in loco*, porém, apresenta algumas desvantagens, como a necessidade de processamento para eliminar ruídos e a de validar as informações com visitas de campo (SAUSEN & LACRUZ, 2015).

Por definição, Lillesand e Kiefer (1994) apresentam o sensoriamento remoto como a ciência e a arte de obter informação sobre um objeto, área ou fenômeno através da análise de dados adquiridos por um instrumento que não entra em contato direto com o objeto, área ou fenômeno em investigação.

As plataformas de sensoriamento remoto definem o nível de aquisição de dados, sendo eles orbital, aéreo e terrestre. Já os sistemas dividem-se em duas categorias, sendo o primeiro o de coleta ou de aquisição de dados, que depende da ocorrência de alguns fenômenos, como a fonte de radiação, a propagação da radiação pela atmosfera, a ocorrência de interações entre a radiação e os componentes da atmosfera, a incidência da radiação sobre os alvos da superfície terrestre, ocorrência de interações entre a radiação e os objetos da superfície e a produção de radiação que retorna ao sensor, após propagar-se pela atmosfera; o segundo é o de análise e utilização de dados, que envolve a interpretação dos produtos de sensoriamento remoto e o seu uso, incluindo os dados de campo, participando desta fase, o pré-processamento, a conversão da forma analógica para a forma digital e vice-versa (MOREIRA, 2001).

A aquisição de informações da vegetação verde por meio de técnicas de sensoriamento remoto é uma das mais importantes contribuições desta tecnologia para os estudos ambientais, auxiliando nos estudos taxonômicos, botânicos, fisiológicos, fitossociológicos, dentre outros (PONZONI, 2001).

Mudanças na cobertura vegetal detectadas por sensoriamento remoto no domínio espacial e temporal têm sido utilizadas como indicativo de secas. A integração da deficiência de precipitação em um determinado período com outros fatores climáticos, como altas temperaturas, ventos fortes e baixa umidade relativa em

uma dada área, causa a redução da cobertura vegetal, sinalizando o início do processo de degradação (SAUSEN & LACRUZ, 2015).

Para Ponzoni e Shimabukuro (2010), após o advento do sensoriamento remoto, os estudos ambientais deram um salto enorme em termos de qualidade, agilidade e número de informações. Por meio do uso das imagens de satélite é possível explorar diferentes escalas de trabalho e tipos de aplicações, como mapear e obter informações sobre áreas minerais, bacias de drenagem, agricultura, florestas; monitorar desastres ambientais tais como enchentes, poluição de rios e reservatórios, erosão, deslizamentos de terras, secas; monitorar desmatamentos, mananciais e corpos hídricos superficiais, etc.

Sausen e Lacruz (2015) afirmam que o sensoriamento remoto é uma excelente ferramenta para o estudo de regiões áridas e semi-áridas, pelo fato de gerar informações sobre os componentes do ciclo hidrológico. Dados de precipitação, evapotranspiração, condição de vegetação, níveis dos rios e reservatórios de água podem ser obtidas por sensores remotos.

Uma nova maneira de detecção e monitoramento de regiões secas surgiu com o desenvolvimento de sensores orbitais de observação da Terra, sendo possível desenvolver e adaptar técnicas para identificar, monitorar e quantificar dados característicos dessas regiões. O sensoriamento remoto, assim como os sistemas de informação geográfica, auxilia de forma efetiva na gestão dessas localidades, isso devido a abrangência dos dados gerados pelos sensores, sendo possível fornecer uma base mais eficiente para o planejamento e o gerenciamento (NIEMEYER, 2008).

#### *2.4.3.1 Índices de vegetação*

Desde o início dos anos 1970 o estudo dos índices de vegetação vem contribuindo nas pesquisas que envolvem as características espectrais da cobertura vegetal, a partir de parâmetros como a biomassa, índice de área foliar, percentual de cobertura verde e produtividade primária líquida. Esses estudos são realizados a partir da aplicação de técnicas no processamento digital de imagens de satélites e podem fornecer dados para análises edáficas, climáticas, temporais e fenológicas, além de informações relacionadas com as mudanças no uso da terra (JENSEN, 2009).

Nas últimas quatro décadas muitos índices de vegetação foram desenvolvidos, sendo encontrados na literatura mais de 50 tipos. Desses, vários

objetivam explorar propriedades espectrais da vegetação, pois um índice de vegetação ideal deve conter o máximo de sinal relacionado com as características biofísicas específicas e o mínimo de ruído, como influências do solo e efeitos atmosféricos (ZIANY, 2005).

De acordo com Wiegand (1991), o índice de vegetação é gerado quando as informações de reflectância portadas por cada banda individual são agrupadas de maneira específica, demonstrando sua utilidade em monitoramento de processos fisiológicos dependentes da luz, como a fotossíntese.

Os índices de vegetação usam os dados de reflectância da radiação eletromagnética para monitorar e quantificar as condições e distribuição espacial da vegetação, que tem um comportamento contido na sua variação e na sua intensidade, sendo um importante aliado na identificação de classes que mostrem o uso e a cobertura do solo (LIU, 2006).

A cobertura vegetal e conseqüentemente o monitoramento da superfície terrestre vem sendo estudada segundo os mais diferentes níveis de abordagem, nos quais diversos índices propostos na literatura apresentam o objetivo de explorar as propriedades espectrais da vegetação, especialmente nas regiões do visível e do infravermelho próximo (PONZONI, 2007).

Para Asrar (1984) os índices de vegetação são mais sensíveis do que as bandas individuais quando relacionados com parâmetros biofísicos da vegetação. Existe uma variedade de índices de vegetação, dentre os quais alguns merecem mais destaque, como o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI); *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI); *Modified Soil Adjusted Vegetation Index* (MSAVI1); *Transformed Soil Adjusted Vegetation Index* (TSAVI1), dentre outros.

## 2.5 ÁREAS PROTEGIDAS

O marco histórico da criação de áreas protegidas no mundo é o Parque Nacional de Yellowstone, nos Estados Unidos, 1872. Na Europa a referência são as reservas da natureza inglesas, que surgiram na mesma época de Yellowstone, e tinham como objetivo a conservação de habitats naturais contra a transformação que vinha ocorrendo no país (RUNTE, 1979).

Entre 1872 (criação de Yellowstone) e 1994, em todo o mundo, mais de 8.500 áreas protegidas foram reconhecidas pela *International Union For Conservation of*

*Nature* (IUCN), que apresenta seis categorias para as áreas protegidas: Reserva Estricta da Natureza/ Área Selvagem; Parque Nacional; Monumento Natural; Área de Manejo de Habitat/ Espécie; Paisagem/ Costa Protegida; Área Protegida de Manejo de Recursos (IUCN, 1994).

A IUCN define áreas protegidas como:

Um espaço geográfico claramente definido, reconhecido, dedicado e gerido, através de meios legais ou outros igualmente eficazes, com o objetivo de garantir a conservação a longo prazo da natureza, juntamente com os serviços ecossistêmicos e os valores culturais associados.

No Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas - PNAP (2006) são conceituadas como áreas naturais e seminaturais definidas geograficamente, regulamentadas, administradas e/ou manejadas com objetivos de conservação e uso sustentável da biodiversidade. Prioriza o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), as terras indígenas e os territórios quilombolas.

As demais áreas protegidas, como as áreas de preservação permanente e as reservas legais são tratadas no planejamento da paisagem, com uma função estratégica de conectividade entre fragmentos naturais e as próprias áreas protegidas.

No artigo oitavo da Convenção sobre Diversidade Biológica (1992), as áreas protegidas destacam-se por serem importantes instrumentos para a conservação *in situ* da biodiversidade; por promover o desenvolvimento em locais vizinhos às áreas protegidas; por recuperar e restaurar ecossistemas degradados e promover a recuperação de espécies ameaçadas, mediante, entre outros meios, a elaboração e implementação de planos e outras estratégias de gestão, como ressalta a própria; dentre outras finalidades.

É necessário estabelecer uma política intersetorial para as áreas protegidas, para contribuir na implementação de ações que assegurem a conservação e o uso sustentável da biodiversidade no âmbito do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, nas terras indígenas, nos territórios quilombolas, e nos demais espaços especialmente protegidos como as áreas de preservação permanente e as reservas legais.

Para Medeiros (2006) as áreas protegidas são importantes instrumentos de conservação dos recursos naturais e sua criação é uma importante estratégia de

controle do território, estabelecendo limites e dinâmicas de uso e ocupação específicos.

No Brasil, após muitos debates no período colonial e imperial, a criação da primeira área protegida ocorreu apenas em 1937, quando foi criado o Parque Nacional de Itatiaia, que só foi possível graças ao estabelecimento do Código Florestal de 1934, instrumento responsável por estabelecer as bases jurídicas para que fosse iniciada a criação de áreas protegidas, que somam cinco tipos diferentes no Brasil: Unidade de Conservação, Área de Preservação Permanente, Reserva Legal, Reserva Indígena e Área de Reconhecimento Internacional (MEDEIROS, 2004).

Após a criação do Parque Nacional de Itatiaia, foram realizadas diversas inclusões, mudanças e atualizações na legislação ambiental brasileira no que se refere às áreas protegidas:

- 1939 - Decreto Federal nº. 1.035, Criação do Parque Nacional do Iguaçu;
- 1965 - Lei Federal nº. 4.771, Código Florestal, que apresentou as seguintes classes de áreas protegidas: Parque Nacional, Floresta Nacional, Área de Preservação Permanente e Reserva Legal;
- 1973 - Criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente, criação de novos tipos de áreas protegidas: Estações Ecológicas, Área de Proteção Ambiental, Reservas Ecológicas e Área de Relevante Interesse Ecológico;
- 1979 - Decreto Federal nº. 84.017, aprovou o Regulamento dos Parques Nacionais Brasileiros, que introduziu a obrigatoriedade do zoneamento e do plano de manejo para Unidades de Conservação;
- 1981 - Lei Federal nº. 6.938, estabeleceu a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) e constituiu o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA);
- 1984 – Implantação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA);
- 1987 – Resolução nº. 11 de 03 de dezembro, O CONAMA reconheceu como Unidades de Conservação as seguintes categorias: Estações Ecológicas; Reservas Ecológicas; Áreas de Proteção Ambiental; Parques Nacionais, Estaduais e Municipais; Reservas Biológicas; Florestas Nacionais, Estaduais e Municipais; Monumentos Naturais; Jardins Botânicos; Jardins Zoológicos e Hortos Florestais;

- 1988 - Constituição Federal, implementação da política ambiental, dedicando o sexto capítulo ao meio ambiente;
- 1989 - É criado o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA;
- 1992 - Projeto de Lei de criação do SNUC;
- 2000 - Criação do SNUC;
- 2007 – Criação do Instituto Chico Mendes da Biodiversidade (ICMBio);
- 2012 - Lei 12.651, novo Código Florestal.

Com relação a todos os marcos históricos citados, pode-se considerar como o mais relevante em relação a legislação ambiental e as áreas protegidas no Brasil, a criação do SNUC, por meio da Lei nº 9.985/2000, de 18 de julho de 2000. Dentre os objetivos desta Lei Federal destacam-se: a manutenção da diversidade biológica; proteção as espécies ameaçadas de extinção; proteção das paisagens naturais; recuperação ou restauração de ecossistemas degradados; além de promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais.

O SNUC aponta mecanismos para que haja uma aproximação da população com as áreas protegidas, de modo que ela usufrua dos benefícios indiretos do uso público desses locais, como hospedagem e alimentação para visitantes, comércio de artesanato e de produtos típicos da região, para que, assim, ocorra uma promoção do desenvolvimento sustentável da região, integrando o desenvolvimento social como base para o investimento ambiental e visando a redução da pressão sobre os recursos naturais (BARBOSA, 2005).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Tendo em vista a problemática abordada neste trabalho, buscou-se primeiramente realizar uma ampla pesquisa sobre técnicas, ferramentas, leis, normas e resoluções vigentes relacionadas com a temática ambiental e que regem o uso e ocupação da terra, além do resgate documental referente à área estudada.

Os procedimentos utilizados para que esta pesquisa atingisse seus objetivos, teve como ponto de partida as visitas técnicas na área de estudo, para ser realizada uma melhor caracterização e descrição da região estudada, e compreender como e qual ferramenta das geotecnologias poderia contribuir na obtenção dos resultados.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Como já citado, estudos e pesquisas no bioma Caatinga, comparados a outros biomas brasileiros, são escassos e pouco incentivados. Porém, informações que podem ser exploradas, estudadas e tornadas públicas, principalmente em razão de seus aspectos físicos, paisagísticos e socioeconômicos, motivaram a escolha do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba como área de estudo (Figura 5).

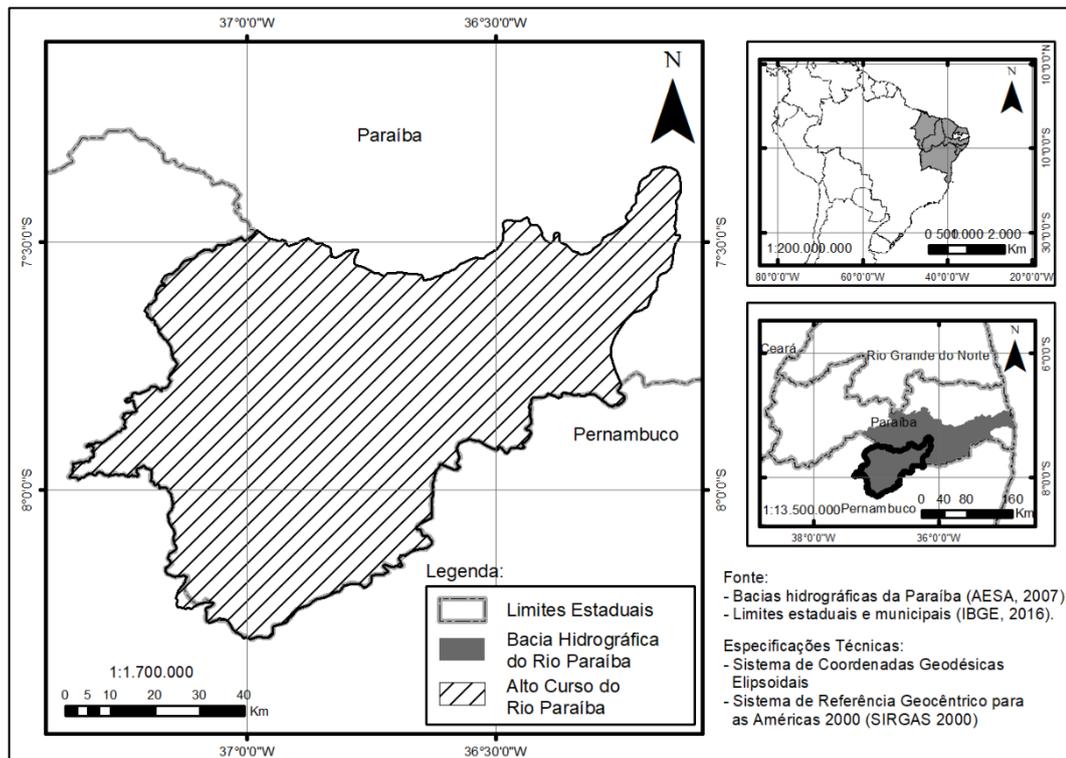


Figura 5: Localização da Bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Paraíba.  
 Elaboração: Marcos Santos

A bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba está localizada na parte sudoeste do planalto da Borborema, limitando-se, ao Norte, com a sub-bacia do rio Taperoá, ao sul e a oeste com o estado de Pernambuco e a Leste com a sub-bacia do médio curso do rio Paraíba. Drena uma área de 6.733 km<sup>2</sup> e seu perímetro possui 527,29 km, englobando total ou parcialmente a área de 18 municípios distribuídos nas microrregiões do Cariri Ocidental e Cariri Oriental do estado da Paraíba, nas quais vivem 128.865 habitantes, resultando numa densidade demográfica de 19,14 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). Essas informações podem ser observadas com mais detalhes na Tabela 1.

Tabela 1: Localização e população dos municípios inseridos na área de estudo.

<b>Município</b>	<b>Microrregião</b>	<b>População</b>	<b>Participação na Bacia</b>
Amparo	Cariri Ocidental	2.088	Total
Barra de São Miguel	Cariri Oriental	5.611	Parcial
Boqueirão	Cariri Oriental	16.888	Parcial
Cabaceiras	Cariri Oriental	5.035	Parcial
Camalaú	Cariri Ocidental	5.749	Total
Caraúbas	Cariri Oriental	3.899	Total
Congo	Cariri Ocidental	4.687	Total
Coxixola	Cariri Ocidental	1.771	Total
Monteiro	Cariri Ocidental	30.852	Total
Ouro Velho	Cariri Ocidental	2.928	Total
Prata	Cariri Ocidental	3.854	Total
São Domingos do Cariri	Cariri Oriental	2.420	Total
São João do Cariri	Cariri Oriental	4.344	Parcial
São João do Tigre	Cariri Ocidental	4.396	Total
São Sebastião do Umbuzeiro	Cariri Ocidental	3.235	Total
Serra Branca	Cariri Ocidental	12.973	Parcial
Sumé	Cariri Ocidental	16.060	Total
Zabelê	Cariri Ocidental	2.075	Total

Fonte: IBGE (2010), adaptado de Lima (2014).

A bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba tem grande importância ambiental, econômica e social, pois nela está presente a nascente do rio Paraíba, maior corpo hídrico do estado (aproximadamente 380 km de extensão) e responsável pelo abastecimento de importantes reservatórios, como o açude Poções (Monteiro-PB), açude Camalaú (Camalaú-PB) e açude Epitácio Pessoa (Boqueirão-PB), sendo

este último o segundo maior da Paraíba, responsável por levar água para vários municípios da região, incluindo Campina Grande, segunda maior cidade do estado. Além disso, o rio Paraíba, em suas sub-bacias do médio curso e baixo curso, se estende por mais 22 municípios, que estão inseridos nas mesorregiões do Agreste Paraibano e da Mata Paraibana, até seu deságue no Oceano Atlântico, entre os municípios de Cabedelo e Lucena.

Possui relevo plano ao montanhoso, conforme dados fornecidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2012), com altitudes que apresentam intervalo de 338 a 1.170 m. Nas cotas mais baixas está presente o açude Epitácio Pessoa (Boqueirão), enquanto no município de São João do Tigre são encontradas as maiores altitudes de todo o Cariri, que atingem valores próximos dos 1.200 m, conforme a Figura 6.

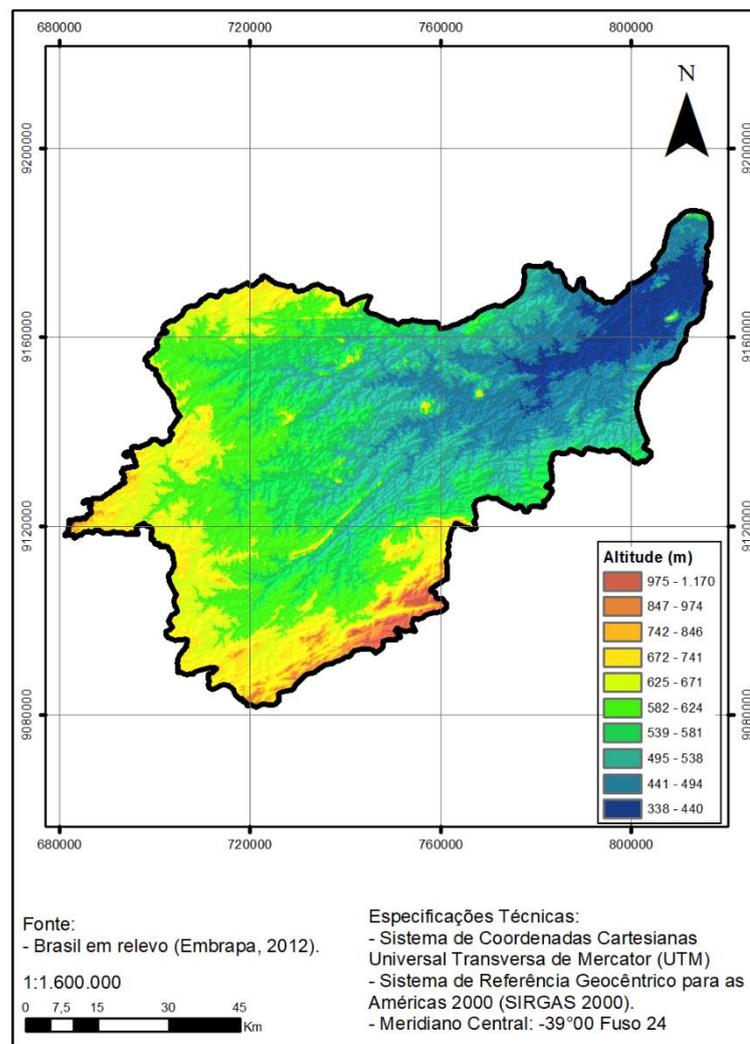


Figura 6: Altimetria da Bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Paraíba.  
Elaboração: Marcos Santos

Com relação as Regiões Administrativas de Água, a bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba está inserida na área II, sediada na cidade de Campina Grande. Tem como atividades de destaque vários projetos de irrigação, tanto público como privado, porém o descumprimento da legislação ambiental, causam a poluição dos recursos hídricos em função do uso indiscriminado de agrotóxicos e assoreamento dos mananciais em decorrência do uso inadequado do solo (PERH-PB, 2006).

Como já dito anteriormente, o Cariri paraibano, local onde se insere o alto curso do rio Paraíba, é considerada uma das regiões mais secas do país, e de acordo com a classificação climática de Koppen (1948), está inserida no clima Bsh – semiárido quente com chuvas de verão. Este tipo de clima se caracteriza por ter precipitação anual inferior a 500 mm, evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual e temperaturas médias mensais acima de 18°C. Essa região tem temperaturas médias elevadas (aproximadamente 27°C), alto índice de radiação solar e uma precipitação que tem sua maior concentração entre os meses de janeiro e abril.

Segundo o mapa geológico da Paraíba (1982), a área de estudo está inserida na Província Borborema, onde na área cristalina se encontram as rochas mais antigas, como: o complexo migmatítico-granitóide, complexo gnaíssico-migmatítico, as rochas granitóides e gabróides (Pré-cambriano Indiviso); rochas filorianas, plutônicas granulares, Grupo Cachoeirinha e Grupo Seridó.

De acordo com Atlas Geográfico da Paraíba (1985), a área de estudo possui solos pedregosos com reduzida capacidade de retenção hídrica e não apresenta evolução pedogenética que permita definir os solos como evoluídos e lixiviados. De acordo com a EMBRAPA (2018) em sua maioria os solos são pouco profundos e rasos, organizados da seguinte maneira: Argissolos Vermelho Amarelo Eutrófico, Luvisolos Crômico, Neossolos Flúvicos, Neossolos Litólicos Eutróficos, Neossolos Regolíticos, Planossolos Nátricos e Vertissolos.

Com relação à cobertura vegetal, a bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba apresenta uma vegetação com grande diversidade de espécies, Gomes (1979) analisando os padrões de caatinga no Cariri, ressalta que entre as gradações de padrões de caatingas existentes nessa região, ocorre em um dos extremos, a floresta caducifólia espinhosa, e no outro, uma comunidade aberta subarbustiva. Observou também que a precipitação foi o principal fator ambiental condicionante das diferenças encontradas na vegetação; desde comunidades de menor densidade até as de maiores portes.

Nesse ambiente, onde predominam espécies florísticas de clima seco, destacam-se algumas áreas de vegetação úmida, conhecidas como Brejos de Altitude, que de acordo com Vasconcelos Sobrinho (1971) existem 43 brejos distribuídos nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.

Apesar do nome, esses brejos não são áreas alagadas, mas sim florestas úmidas de altitude, que variam entre 800 e 1.000 m aproximadamente, e na área de estudo são encontradas particularmente no município de São João do Tigre, especialmente na APA das Onças (LIMA, 2013).

Nessa região, assim como em todo bioma Caatinga, a vegetação assume papel de importância em todos os aspectos, tanto de caráter econômico como de conservação, com destaque para espécies frutíferas e medicinais, assim como suporte forrageiro, na exploração da caprinocultura e bovinocultura disseminada por todo semiárido.

### 3.2 COLETA DE DADOS EM CAMPO

Para que fosse efetivada uma posterior validação dos dados processados nos softwares de SIG, a fim de se chegar aos resultados esperados dessa pesquisa, foi imprescindível a realização de expedições na área de estudo, com o objetivo de coletar dados para a construção desta pesquisa, pois as informações geradas com o uso das geotecnologias precisam de um confronto com a realidade, para que os produtos gerados sejam mais confiáveis (TRICART, 1977).

Entre os meses de maio/2016 e maio/2017 foram realizadas seis expedições, que possibilitaram a coleta de informações em 73 locais, espalhados por todos os 18 municípios que compõem a bacia hidrográfica, permitindo a observação de diferentes tipologias vegetais, pedológicas e de paisagens, além de variados níveis de degradação. Esse intervalo de tempo permitiu que a obtenção dos dados ocorresse em diferentes meses, contemplando a coleta tanto no período seco, quanto no chuvoso. Tais coletas foram realizadas com o uso de câmera fotográfica e aparelho receptor de sistema de posicionamento global (*Global Positioning System* – GPS), possibilitando que informações referentes a aspectos paisagísticos fossem colhidas na área de estudo. A Figura 7 e a Tabela 2 representam e detalham a localização de todos os locais visitados.

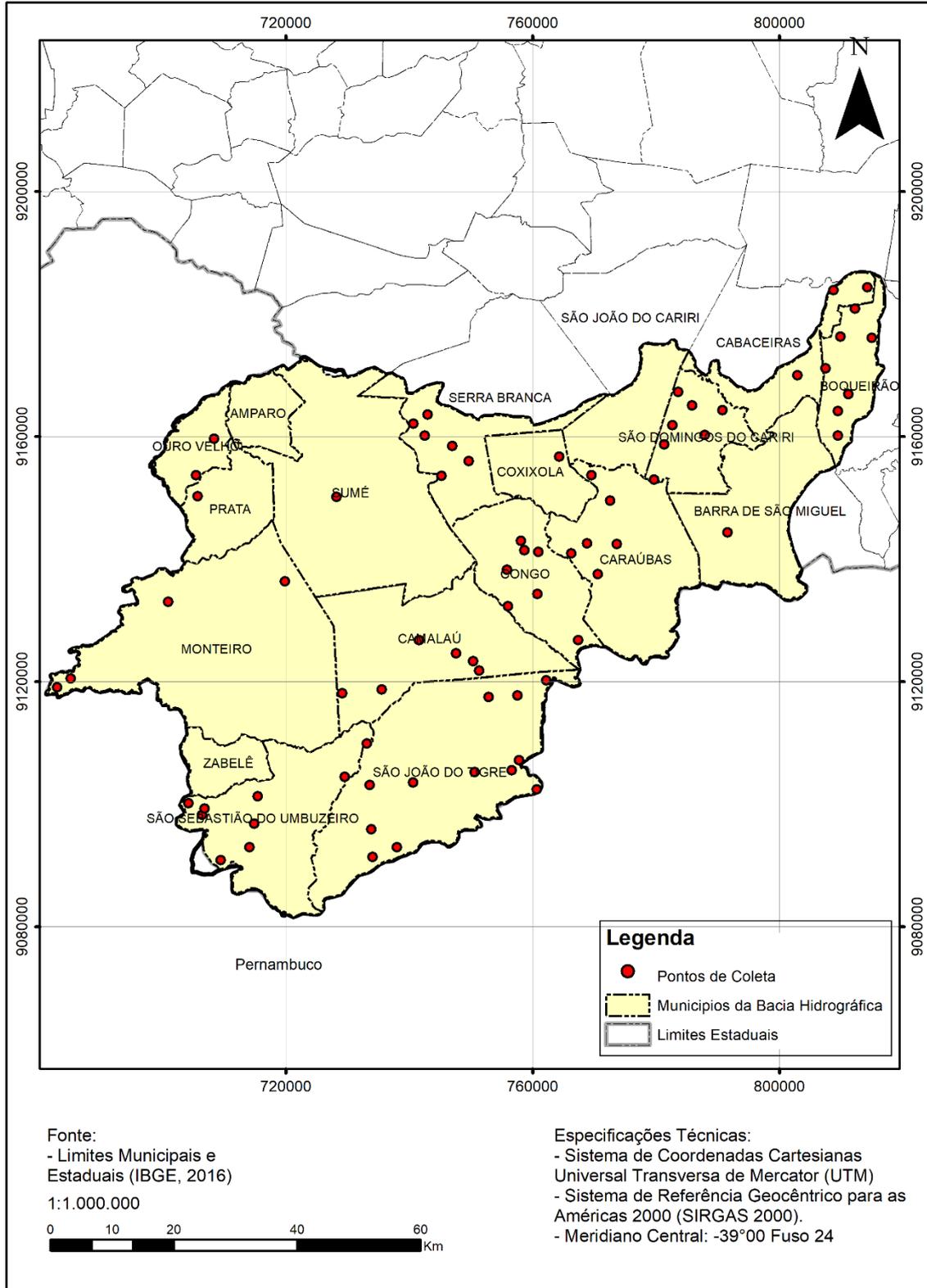


Figura 7: Localização dos pontos de coleta de dados.  
 Elaboração: Marcos Santos

Tabela 2: Locais visitados na área de estudo.

<b>Ponto</b>	<b>Data</b>	<b>Município</b>	<b>Ponto</b>	<b>Data</b>	<b>Município</b>
1	20/05/2016	Ouro Velho	38	06/09/2016	Serra Branca
2	21/05/2016	Prata	39	06/09/2016	Serra Branca
3	22/05/2016	Monteiro	40	07/09/2016	Caraúbas
4	22/05/2016	Monteiro	41	07/09/2016	Caraúbas
5	22/05/2016	Monteiro	42	07/09/2016	Caraúbas
6	12/07/2016	Sumé	43	07/09/2016	Caraúbas
7	13/07/2016	Camalaú	44	08/09/2016	Congo
8	13/07/2016	Camalaú	45	08/09/2016	Caraúbas
9	14/07/2016	Camalaú	46	08/09/2016	Caraúbas
10	14/07/2016	Camalaú	47	09/09/2016	Serra Branca
11	14/07/2016	Camalaú	48	09/09/2016	Serra Branca
12	14/07/2016	São S. do Umbuzeiro	49	10/10/2016	Cabaceiras
13	15/07/2016	São S. do Umbuzeiro	50	10/10/2016	Boqueirão
14	15/07/2016	São S. do Umbuzeiro	51	10/10/2016	Boqueirão
15	15/07/2016	São S. do Umbuzeiro	52	10/10/2016	Cabaceiras
16	01/08/2016	São João do Tigre	53	11/10/2016	São D. do Cariri
17	01/08/2016	São João do Tigre	54	11/10/2016	Boqueirão
18	01/08/2016	São João do Tigre	55	11/10/2016	Boqueirão
19	02/08/2016	São João do Tigre	56	11/10/2016	São D. do Cariri
20	02/08/2016	São João do Tigre	57	11/10/2016	Cabaceiras
21	02/08/2016	São João do Tigre	58	11/10/2016	São D. do Cariri
22	03/08/2016	São S. do Umbuzeiro	59	12/10/2016	Boqueirão
23	03/08/2016	São S. do Umbuzeiro	60	12/10/2016	Boqueirão
24	03/08/2016	São S. do Umbuzeiro	61	12/10/2016	São D. do Cariri
25	04/08/2016	São João do Tigre	62	12/10/2016	Boqueirão
26	04/08/2016	São João do Tigre	63	13/10/2016	São D. do Cariri
27	04/08/2016	São João do Tigre	64	13/10/2016	São D. do Cariri
28	04/08/2016	São João do Tigre	65	17/05/2017	Coxixola
29	05/08/2016	São João do Tigre	66	17/05/2017	São D. do Cariri
30	05/08/2016	São S. do Umbuzeiro	67	17/05/2017	Ouro Velho
31	05/09/2016	Congo	68	17/05/2017	Monteiro
32	05/09/2016	Congo	69	14/12/2016	Barra de São Miguel
33	05/09/2016	Congo	70	14/12/2016	Congo
34	05/09/2016	Congo	71	15/12/2016	Camalaú
35	05/09/2016	Congo	72	15/12/2016	São S. do Umbuzeiro
36	06/09/2016	Serra Branca	73	15/12/2016	São João do Tigre
37	06/09/2016	Serra Branca			

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. **O domínio morfoclimático semiárido das Caatingas brasileiras.** 1974.
- AB'SÁBER, A. N. **Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida.** 1999.
- AB'SÁBER, A. N. **Os Domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas.** São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159p.
- ACCIOLY, L. J. O. **Degradação do solo e desertificação no Nordeste do Brasil.** Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 25, n. 1, 2000.
- AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. **Bacia Hidrográficas da Paraíba.** 2006.
- AGRA, M. F. **Plantas da medicina popular nos Cariris velhos, Paraíba-Brasil.** Editora União do Estado da Paraíba, 1996.
- ALBUQUERQUE, S. G.; BANDEIRA, G. R. L. **Effect of thinning and slashing on forage phytomass from a caatinga 01 Petrolina, Pernambuco, Brazil.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 30, n.6, p.885-891, 1995.
- ANDRADE-LIMA, D. **The Caatingas dominium.** Revista Brasileira de Botânica, 1981.
- ARONOFF, S. **Geographical Information Systems: A Management Perspective.** Ottawa, WDI Publications, 1989.
- ASRAR, G.; FUCH, M.; KANEMASU, E. T. **Estimating absorbed photosynthetic radiation and leaf area index from spectral reflectance in wheat,** vol. 76, 1984.
- BARBOSA, C.C.F. **Álgebra de Mapas e Suas Aplicações em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.** Tese em Sensoriamento Remoto, INPE, 1997.
- BARBOSA, M. R. V.; ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N. **Repartição da flora lenhosa no domínio da Caatinga.** MMA, Brasília, 2005.
- BARRETT, E. C.; CURTIS, L. F. **Introduction to environmental remote sensing,** Chapman and Hall Ltd (Science Paperbacks), 1976.
- BENATTI, P. **Mudanças climáticas: é tempo de agir.** 6º Fórum Latino Americano sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – Mudanças Climáticas. Belo Horizonte, MG, 2007.
- BRASIL. **Institui o Código Florestal de 1934.**
- BRASIL. **Decreto nº 1.035 de 10 de janeiro de 1939.** Cria o Parque Nacional do Iguassú e dá outras providências.

BRASIL. **Lei Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.** Institui o novo Código Florestal.

BRASIL. **Decreto nº 84.017, de 21 de setembro de 1979.** Aprova o Regulamento dos Parques Nacionais Brasileiros.

BRASIL. **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)>. Acesso em: 09/11/2016.

BRASIL. **Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca.** MMA/Secretaria de Recursos Hídricos, Brasília, 2004.

BRASIL. **Plano Nacional de Áreas Protegidas,** MMA, Brasília, 2006.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-014/2012/lei/L12651compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-014/2012/lei/L12651compilado.htm)>. Acesso em: 01/12/2017.

BRASIL. **Decreto nº 7.830 de 17 de outubro de 2012.** Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm)>. Acesso em: 01/12/2017.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems: methods and requirements for land use planning.** Oxford: Clarendon Press, 1986.

CABRAL, E. M. **Os Cariris velhos da Paraíba.** Editora Universitária da UFPB e A União, João Pessoa, 1977.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C. M. **Anatomia de um Sistema de Informação Geográfica.** UNICAMP/Instituto de Computação, Campinas, SP, 1996.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S.; BARBOSA, C. C. F.; CAMARGO, E. C. G. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 1998.

CÂMARA, G.; DAVIS C.; MONTEIRO, A. M. V. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais.** In: GIS-BRASIL 99, 1999, Salvador. Curitiba: Sagres, 1999.

COWEN, D. J. **GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1988.

CDB. **Convenção sobre Diversidade Biológica, 1992.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acessado em 25/11/2017.

DANTAS, J. R. A.; CAÚLA, J. A. L.; NEVES, B. B. DE B.; PEDROSA, I. L. **Mapa Geológico do Estado da Paraíba.** CDRM Campina Grande - PB. 1982.

DETER – **Detecção de Desmatamento em Tempo Real**, 2004.

DREGNE, H. E. **Desertification of arid lands.** In: ElBaz, F.; Hassan, M. H. A. Ed. Physics of desertification. Dordrecht, The Netherlands: Martinus Nijhoff, 1986. Disponível em: <<http://www.ciesin.columbia.edu/docs/002-193/002-193.html>>. Acesso em: 16/01/2018.

ECO 92; **Fórum Internacional de Organizações Não Governamentais e Movimentos Sociais, no âmbito do Fórum Global.** Rio de Janeiro, 1992.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Brasil em relevo, 2012.**

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5ª ed., Brasília, DF, 2018.

FERREIRA, C.C.M. **Zoneamento Agroclimático Para Implantação de Sistemas Agroflorestais Com Eucaliptos em Minas Gerais.** Dissertação, UFV, Viçosa, 1997.

FERRI, M. G. **A Vegetação Brasileira.** EDUSP, São Paulo, 1980.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem Complicação.** São Paulo, Ed. Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo, Oficina de Textos, 2002.

FRANÇA, F.; MELO, E.; GÓES NETO, A.; ARAÚJO, D.; BEZERRA, M. G.; RAMOS, H. M.; CASTRO, I.; GOMES, D. **Flora vascular de açudes de uma região do semiárido da Bahia, Brasil.** Acta Botanica Brasilica, v. 17, p. 549-559, 2003.

FREITAS FILHO, M. R., SOUZA, M. J. N. **Análise geoambiental com aplicação de geotecnologias nas nascentes do riacho dos Macacos: bacia do rio Acaraú-CE.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, 2005.

GARDA, E. C. **Atlas do meio ambiente do Brasil.** Editora Terra Viva, Brasília, 1996.

GARIGLIO, M. A.; BARCELLOS, N. D. E. **Manejo Florestal Sustentável Em Assentamentos Rurais Na Caatinga – Estudo de Caso na Paraíba e Pernambuco.** Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, 2010.

GIL, P. R. **Wilderness: earth's last wild places**. CEMEX, S.A., Cidade do México, 2002.

GOMES, M.A.F. **Padrões de Caatinga nos Cariris Velhos - Paraíba**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1979.

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

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão política do Brasil**, 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativa da população**.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**.

INSA - INSTITUTO NACIONAL DO SEMI ÁRIDO. **Limite semiárido**, 2017.

IUCN - INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. **Guidelines Protected Area Management Categories**. IUCN, Gland, 66p, 1994.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2ª ed., 2009.

JOHNSON, L. B. **Analyzing spatial and temporal phenomena using geographical information systems: a review of ecological applications**. Landscape Ecology, v. 4, n.1, 1990.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

KÖPPEN, W. **Climatologia: com um estúdio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Economica, México, 1948.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Editora Universitária da UFPE, Recife, 2003, p. 822.

LEITE, S. C. C. **Sistema de Informações Geográficas Para o Monitoramento da Hipertensão Arterial no Programa Saúde Da Família (PSF)**. TCC apresentado ao Curso de Tecnologia em Geoprocessamento, CEFET-PB, João Pessoa, 2008.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 3ª ed. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, 1994.

LIMA, M. N. S. **Classificação ecodinâmica das unidades de paisagem na área de preservação ambiental das onças, no município de São João do Tigre-PB**. Dissertação Mestrado, UFPB, João Pessoa, PB, 2013.

LIMA, P. P. S. **Análise do processo de degradação/desertificação na bacia do rio Taperoá-PB através de indicadores e geotecnologias.** Dissertação Mestrado, UFPB, João Pessoa, PB, 2014.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto.** UNIDERP, Campo Grande - MS, 2006. 908 p.

MALVEZZI, R. **Semiárido: Uma visão holística.** Serie pensar o Brasil e Construir uma Nação. Brasília, Confea 2007.

MEDEIROS, R. **A política de criação de áreas protegidas no Brasil: evolução, contradições e conflitos.** Anais do IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, vol. 1. Curitiba, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza & Rede Pró-Unidades de Conservação, 2004.

MEDEIROS, R. **Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil.** Revista Ambiente e Sociedade, Campinas, 2006.

MENEZES, R. S. C.; GARRIDO, M. S.; MARIN, A. M. P. **Fertilidade dos solos no semiárido.** XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Anais. v. 1. Recife, 2005.

MORAES, A. C. R. **Meio-Ambiente e Ciências Humanas.** 1997.

MOREIRA, E.; TARGINO, I. **Capítulos de Geografia Agrária da Paraíba.** Editora Universitária da UFPB, João Pessoa, 1997.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2001.

MOTTA, R. S.; RUITENBEEK, J.; HUBER, R. **Uso De Instrumentos Econômicos na Gestão Ambiental da América Latina e Caribe: Lições e Recomendações.** Rio de Janeiro, 1996.

MOURA, A. C. M. **Cartografia e Turismo: o papel dos elementos de fundo de mapa na produção cartográfica.** In: GIS-BRASIL 99, Salvador, 1999.

NCGIA, **The Research Plan for the NCGIA,** International Journal of Geographic Information Systems, 1989.

NIEMEYER, S. **New drought indices.** Zaragoza: CIHEAM, 2008.

NILSSON, W. R. **Services instead of products: experiences from energy markets - examples from Sweden.** Heidelberg, Physica-Verlag, 1998.

NOVO, E.M.L. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações.** 3 eds. São Paulo, 2008.

OLIVEIRA, M. J. **Proposta Metodológica para Delimitação Automática de Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morro e em Linha de Cumeada.** Viçosa: Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.

PARAÍBA, GOVERNO DO ESTADO. Secretaria de Educação. Universidade Federal da Paraíba. **Atlas Geográfico da Paraíba**. João Pessoa: Grafset, 1985.

PERH - **PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS**, Paraíba, 2006.

PINTO, I. F. **Datas e notas para a História da Paraíba**. V. 1. Editora Universitária da UFPB, João Pessoa, 1977.

PISSARRA, T. C. T.; AMARAL NETO, J.; FERRAUDO, A. S.; POLITANO, W. **Utilização de Sistemas de Informação Geográfica Para Avaliação de Áreas de Preservação Permanente em Microbacias Hidrográficas: Um Estudo de Caso Para o Município de Jaboticabal, SP**. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, 2003.

PONZONI, F.J. **Comportamento espectral da vegetação**. Editora Universidade de Brasília, Embrapa Cerrados. Brasília, DF, 2001.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação**. 1 ed., São José dos Campos, Parêntese. v.1, 2007.

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

PRODES – **Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**, 1988.

QUINTAS, J. S. **Por uma educação ambiental emancipatória: considerações sobre a formação do educador para atuar no processo de gestão ambiental**. Brasília, IBAMA, 2000.

RADAM – **Projeto Radar da Amazônia**, 1970.

REIS, A. C. **Clima da Caatinga**. Anais da Academia Brasileira de Ciências 48: 1976.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**.: 3a Edição do autor, revisada e atual, Juiz de Fora, MG, 2007.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A vegetação do bioma Caatinga. Vegetação e Flora da Caatinga**. Recife: PNE/CNIP, 2002.

ROSA, R. **Geotecnologias na Geografia Aplicada**. Revista do Departamento de Geografia, 16, 2005.

RUNTE, A. **National Parks: the American experience**. Lincoln and London: University of Nebraska Press, 1979.

SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. **Matéria orgânica do solo no bioma Caatinga**. Porto Alegre: Metrópole, 2008.

SAMPAIO, E. V. S. B. **Caracterização da caatinga e fatores ambientais que afetam a ecologia das plantas lenhosas**. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza, 2003.

SANTOS, C. A. G.; SRINIVASAN, V. S.; SILVA, R. M. **Evaluation of optimized parameter values of a distributed runoff–erosion model applied in two different basins.** IAHS Publ., v. 292, 2005.

SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento remoto para desastres.** 1 ed. Oficina de textos, 2015.

SILVA, R. M. A. **Entre o combate à seca e a convivência com o Semiárido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento.** Tese de Doutorado – Centro de Desenvolvimento Sustentado, Brasília, 2006.

SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento & Análise Ambiental: Aplicações.** Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 2004.

SOUZA, B. I. **Cariri Paraibano: do silêncio do lugar à desertificação.** Tese de Doutorado – UFRGS, PPGeo, Porto Alegre, 2008.

SUDENE – SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Delimitação do Semiárido – PB.** 2017.

TAVARES, J. L. **A Parahyba.** V. 2. Parahyba: Imprensa oficial, 1909.

TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; SILVA, J. M. C.; LINS, L. V. **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a B615.** Ministério do Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasília, DF, 2003.

TRICART, J. **O Campo na Dialética da Geografia.** In: DRESCH, Jean. Reflexões sobre a Geografia. São Paulo: AGB, 1980. (Título do original: L'e Terrain dans la Dialectique de la Géographie, publicado em Hérodote, nº 8, 1977.

UNCCD - **Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas,** 1995.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. 1971. **As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização.** Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco, Recife.

VELOSO, H. P.; LIMA, J. C. A.; 1991. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal.** IBGE, Rio de Janeiro, 1991.

WIEGAND, C. L.; RICHARDSON, A. J.; ESCOBAR, D. E. **Vegetation Indices in Crop Assessments.** Agricultural Research Service, Weslaco, Texas, 1991.

ZIANY, N. B.; BEZERRA, M. V. C.; FREIRE, E. C.; SILVA, B. B. **Determinação de índices de vegetação usando imagens de satélite para a agricultura de precisão.** V Congresso Brasileiro do Algodão: EMPRABA, 2005. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/>>. Acesso:01/12/2017.

## **4 CAPÍTULO I – ÁREAS COM POTENCIAL PARA SEREM CONSIDERADAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO DA CAATINGA**

### **4.1 INTRODUÇÃO**

O planejamento ambiental é delineado a partir da ideia de desenvolvimento equilibrado e sustentado, onde se realiza a convergência da qualidade do ambiente e da manutenção dos ecossistemas com o progresso econômico e social das comunidades. Dessa forma, uma das primeiras ações para a elaboração de uma estratégia regional ou nacional para a conservação de ecossistemas é a identificação e o mapeamento de áreas prioritárias para a conservação da diversidade biológica (MARGULES E PRESSEY, 2000).

O alto índice de desmatamento e a diminuição de grande parte dos recursos naturais, são fatos que vêm causando grandes malefícios para uma considerável parcela da população mundial. Esses temas são discutidos por diferentes grupos da sociedade, que vislumbram a proteção dos mais variados ecossistemas, em prol da conservação dos recursos naturais.

A principal alternativa encontrada para minimizar esses problemas foi a criação de áreas protegidas, que a princípio focava seus objetivos na conservação de espécies ameaçadas de extinção, porém, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, em 1992, e a popularização de temas como o ecoturismo e o desenvolvimento sustentável, contribuíram para a incorporação de uma nova perspectiva de criação de áreas protegidas, uma forma de conservação da biodiversidade dentro de bases sustentáveis, estimulando o uso racional de recursos naturais e o manejo de espécies (DIEGUES, 2000).

Na última década ocorreram grandes avanços nas pesquisas sobre a Caatinga e sua biodiversidade, porém a necessidade de se atualizar e implementar as áreas prioritárias para conservação é reforçada em razão do alto número de espécies de fauna e flora ameaçadas e do aumento da taxa de desmatamento, que pode ser explicado pelo baixo número de unidades de conservação.

Para Silva (2012) a degradação dos diferentes recursos naturais, a falta e/ou escassez de pesquisas, planejamento e manejo das diversas técnicas de exploração então disponíveis, torna de fundamental importância os diferentes estudos integrados

para que sejam fornecidos diferentes subsídios para a identificação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade.

O processo de atualização das áreas prioritárias para a conservação indicou no Brasil inteiro quais as de maior prioridade para conservação ambiental, assim como seu grau de urgência governamental e sua importância biológica. O mapa das áreas prioritárias para conservação visa contextualizar a área alvo e seu entorno imediato na priorização governamental de conservação da biodiversidade (ICMBio, 2011).

O Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil) propôs em 2004 que as áreas protegidas deveriam recobrir, no mínimo, 10% das áreas semi-áridas e sub-úmidas secas, por meio de unidades de conservação, em um prazo de dez anos, considerando as áreas já identificadas como prioritárias para a conservação da biodiversidade. Porém esse alvo ainda não foi atingido, e pode-se exemplificar esta situação com o estado da Paraíba. De acordo com a Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA) o estado está muito abaixo da meta de recobrimento do semiárido por unidades de conservação, pois as seis existentes equivalem a 1,24% da Caatinga paraibana.

Dessa forma, este capítulo tem como objetivo principal identificar e indicar áreas para serem consideradas prioritárias para a conservação da vegetação de Caatinga no alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba.

Apresentar a situação atual da cobertura vegetal da bacia e indicar áreas potenciais para a criação de unidades de conservação utilizando como base a classificação das áreas prioritárias para conservação, são os objetivos específicos do presente capítulo.

## 4.2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.2.1 ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA CAATINGA

A escolha de áreas prioritárias de conservação da Caatinga tem como objetivo consolidar as informações sobre a diversidade biológica da Caatinga e identificar lacunas de conhecimento; identificar ações prioritárias para conservação, com base em critérios de importância biológica, integridade dos ecossistemas e oportunidades para ações de conservação da biodiversidade; identificar e avaliar a utilização e as alternativas para uso dos recursos naturais, compatíveis com a conservação da

biodiversidade; e promover um movimento de conscientização e participação efetiva da sociedade na conservação da biodiversidade desse bioma (TABARELLI, 2002).

O mapeamento e inclusão de localidades do território brasileiro como áreas prioritárias de conservação, ocorreu entre os anos de 1998 e 2000, intitulado de “Avaliação e Identificação das Áreas e Ações Prioritárias para a Conservação dos Biomas Brasileiros”, no qual o Ministério do Meio Ambiente (MMA) formalizou através do Decreto nº 5.092, de 24 de maio de 2004 e Portaria nº 126, de 27 de maio de 2004, a seleção desses locais com base em estudos multidisciplinares e o conhecimento de cientistas e de membros dos mais diferentes grupos da sociedade civil.

De acordo com Hauff (2010), nessa primeira identificação foram definidas 900 áreas prioritárias para a conservação em todos os biomas presentes no Brasil, sendo apenas 82 áreas na Caatinga. Em 2007 houve uma atualização dessas informações, que resultou na inclusão de 210 novos locais, saltando para um total de 292 áreas prioritárias de conservação no bioma Caatinga. Para ser alcançado o resultado final de 2007, foram realizadas reuniões técnicas com a presença de pesquisadores e especialistas, que avaliaram informações relacionadas às unidades geoambientais, hidrografia, uso sustentável e biodiversidade (espécies de plantas, de invertebrados, de peixes, de anfíbios e répteis, de aves e de mamíferos).

Após o ano de 2007 houve um aumento da disponibilidade de informações geográficas, e grandes avanços metodológicos e tecnológicos. Em contrapartida, a taxa média anual de desmatamento da Caatinga entre os anos de 2002 e 2011 foi de 2.236 km<sup>2</sup>. As áreas definidas como prioritárias para conservação da Caatinga, em 2007, até o ano de 2014, já tinham perdido aproximadamente 40% de cobertura vegetal, por fim, muitas espécies tiveram seu status de conservação modificado. Tais fatores contribuíram diretamente em mais uma atualização, realizada a partir de reuniões técnicas iniciadas no ano de 2014, que contou com a presença de órgãos ambientais e acadêmicos de âmbito federal e estadual (MMA, 2016).

Na Figura 8 é apresentado o resultado final da última atualização realizada nas áreas prioritárias de conservação da Caatinga e é constatado que elas estão distribuídas por todos os estados presentes na região semiárida, com área total de 304.240 km<sup>2</sup>, o que equivale a 36,03% do bioma. No que diz respeito a Paraíba, 39 locais foram classificados como prioritários de conservação da Caatinga, totalizando 14.462 km<sup>2</sup>, aproximadamente 36% da Caatinga do estado (MMA, 2016).

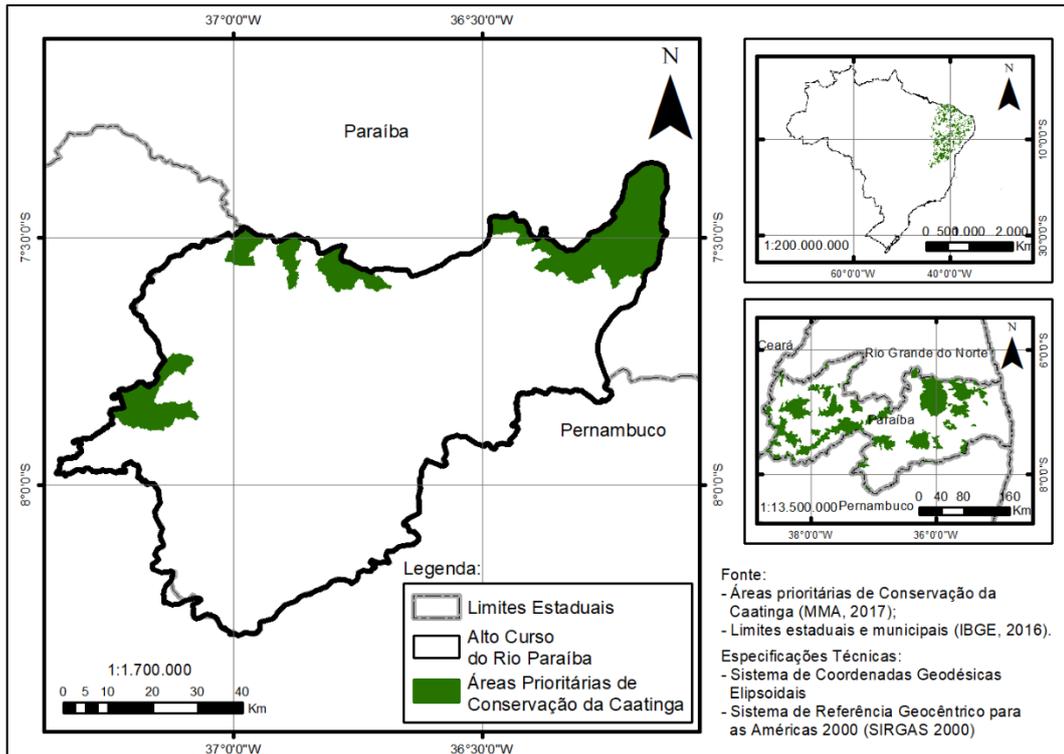


Figura 8: Áreas Prioritárias de Conservação da Caatinga.  
Elaboração: Marcos Santos

Ainda com relação a Figura 8, a área de estudo desta pesquisa apresenta pouquíssimas áreas prioritárias de conservação, que somam apenas 768 km<sup>2</sup>, ou seja, 11,41% da área total do alto curso do rio Paraíba.

Delimitar novas áreas prioritárias tem grande importância no atual cenário da região, onde são encontrados altos níveis de degradação, incluindo áreas desertificadas ou em processo de desertificação, o que compromete, além da biodiversidade, diversos recursos hídricos importantes no contexto estadual, além de outros serviços ecossistêmicos ainda pouco conhecidos pela ciência.

#### 4.2.2 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

As unidades de conservação (UC) são formadas por áreas sob regime especial de administração, onde o processo de ocupação e uso do solo do local deve ser ordenado, promovendo a integração dessas unidades à dinâmica territorial, podendo haver intervenção e/ou alteração quando necessário, para que sejam mantidos os seus objetivos de criação e por consequência os aspectos naturais do ambiente (CAMARGOS, 2001).

Para Freitas (2008) “as Unidades de Conservação são o tipo de área protegida que se configuram como a principal estratégia do poder público para promover a conservação da biodiversidade e recursos naturais a ela associados”.

Em termos institucionais, a Lei do SNUC contempla adequadamente a associação entre a eficácia estritamente “preservacionista” das UC’s e os seus possíveis efeitos positivos sobre o bem-estar e o desenvolvimento das populações que residem nelas ou nas suas imediações. Representa um avanço em relação aos demais instrumentos de gestão, pois conta com a participação da sociedade civil, como o conselho gestor e o plano de gestão, e foi disposto que a população seja consultada para a criação dessas áreas protegidas (DRUMMOND, 2006).

Para Horowitz (2003), buscar a conservação da diversidade biológica e estabelecer a necessária relação de complementariedade entre as diferentes categorias de UC’s, organizando-as de acordo com seus objetivos de manejo e tipos de uso, são algumas das premissas do Sistema Nacional de Unidades de Conservação.

De acordo com Lino (2000) foram alcançados muitos avanços com a criação do SNUC, como o reconhecimento da existência de populações tradicionais em várias unidades, com respeito aos seus interesses de cidadania e a percepção delas como possíveis e importantes aliados para a conservação da natureza; gestão mais integrada e participativa, colocando as UC’s entre os instrumentos de ordenamento territorial no Brasil; exigência da criação de conselhos (consultivos e deliberativos) para a gestão de unidades de conservação, envolvendo os mais variados setores da sociedade.

As UC’s podem possuir áreas heterogêneas, sendo compostas por várias unidades geoambientais, que são definidas pelos atributos e funcionalidades específicas em benefício do meio ambiente, sendo divididas em Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável.

O grupo de unidades de proteção integral é composto por cinco categorias: Estação Ecológica (EE), Reserva Biológica (REBIO), Parques Nacionais (PARNA), Monumento Natural (MONA) e Refúgio da Vida Silvestre (RVS), com o objetivo de preservar a natureza, permitindo apenas o uso indireto dos recursos naturais.

As unidades de uso sustentável são constituídas por sete categorias, que buscam compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentado dos recursos naturais. Fazem parte deste grupo as Áreas de Proteção Ambiental (APA), Área de

Relevante Interesse Ecológico (ARIE), Floresta Nacional (FLONA), Reserva Extrativista (RESEX), Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

Em dados disponibilizados pelo Instituto Chico Mendes da Biodiversidade (ICMBio) em julho de 2017, é informado a existência de 324 unidades de conservação federais no Brasil, que ocupam uma área de aproximadamente 792.073 km<sup>2</sup> (setecentos e noventa e dois mil e setenta e três quilômetros quadrados), o que equivale a 9,3% do território brasileiro. Se inseridas as RPPN's, o número sobe para 959 UC's federais, já a quantidade de unidades de conservação na esfera estadual chega a 897, enquanto as municipais chegam a 272.

Das atuais 324 UC's federais, 147 são da categoria de proteção integral, enquanto 177 são de uso sustentável. Com relação aos biomas, a Tabela 3, mostra as informações disponibilizadas.

Tabela 3: Área dos Biomas brasileiros e suas UC's.

<b>Biomias</b>	<b>Área Total (km<sup>2</sup>) das UC's</b>	<b>Número de UC's</b>	<b>Área Total (km<sup>2</sup>) do Bioma</b>	<b>% ocupado por UC's</b>
Amazônia	635.960,48	128	4.182.473,42	15,2
Caatinga	31.875,71	23	826.524,45	3,9
Cerrado	67.841,20	47	2.039.386,89	3,3
Marinho Costeiro	8.871,42	19	3.555.796,37	0,2
Mata Atlântica	42.186,93	102	1.106.141,44	3,8
Pampa	3.863,20	3	177.767,19	2,2
Pantanal	1.474,78	2	151.313,87	1,0

Fonte: ICMBio (2017).

Observando a Tabela 3, nota-se a maior quantidade de UC's federais concentradas na Amazônia e Mata Atlântica, reconhecidamente os biomas com maior número de pesquisas e investimentos por parte do poder público e da iniciativa privada. Isso pode ser constatado também no número de unidades de proteção integral, que são as mais restritivas no que diz respeito a degradação, sendo 42 na Amazônia e 53 na Mata Atlântica. Em contrapartida, a Caatinga, possui apenas 23 unidades de conservação federal, com apenas 13 de proteção integral, refletindo a ausência de estudos aprofundados nesse bioma.

#### 4.2.2.1 Unidades de conservação na Paraíba

Na Paraíba, segundo dados do ICMBio (2017) e da Superintendência de Administração do Meio Ambiente, órgão estadual de meio ambiente (OEMA), 24 UC's (5 federais, 18 estaduais e 1 municipal) estão cadastradas no território paraibano (Tabela 4), além de 8 RPPNs, distribuídas por todas as regiões do estado.

Tabela 4: Unidades de Conservação da Paraíba.

Nome	Área (ha)	Tipo	Bioma	Esfera
APA da Barra do Rio Mamanguape	14.916,9	Uso Sustentável	Mata Atlântica	Federal
APA das Onças	31.928,35	Uso Sustentável	Caatinga	Estadual
APA Tambaba	11.450,31	Uso Sustentável	Mata Atlântica	Estadual
APA do Cariri	15.767,75	Uso Sustentável	Caatinga	Estadual
APA do Roncador	6.085,93	Uso Sustentável	Mata Atlântica	Estadual
ARIE M. da Foz do Rio Mamanguape	5.769,48	Uso Sustentável	Mata Atlântica	Federal
ARIE da Barra do Rio Camaratuba	167,5	Uso Sustentável	Mata Atlântica	Municipal
ARIE de Goianduba	124,19	Uso Sustentável	Mata Atlântica	Estadual
EE do Pau Brasil	90,98	Proteção Integral	Mata Atlântica	Estadual
FLONA da Restinga De Cabedelo	114,62	Uso Sustentável	Mata Atlântica	Federal
MONA Vale dos Dinossauros	39,81	Proteção Integral	Caatinga	Estadual
PE da Pedra da Boca	157,93	Proteção Integral	Caatinga	Estadual
PE das Trilhas dos Cinco Rios	581,04	Proteção Integral	Mata Atlântica	Estadual
PE do Aratu	52,48	Proteção Integral	Mata Atlântica	Estadual
PE do Jacarapé	88,16	Proteção Integral	Mata Atlântica	Estadual
PE do Poeta e R. Juvenal de Oliveira	261,88	Proteção Integral	Caatinga	Estadual
PE Marinho de Areia Vermelha	231,91	Proteção Integral	Marinho	Estadual
PE Mata do Pau Ferro	607,96	Proteção Integral	Mata Atlântica	Estadual
PE Mata do Xem-Xém	190,70	Proteção Integral	Mata Atlântica	Estadual
PE Pico do Jabre	851,23	Proteção Integral	Caatinga	Estadual
RVS Mata do buraquinho	512,92	Proteção Integral	Mata Atlântica	Estadual
Rebio Guaribas	4.051,60	Proteção Integral	Mata Atlântica	Federal
Resex Acaú-Goiana	6.676,63	Uso Sustentável	Marinho	Federal
RE Mata do Rio Vermelho	1.500	Proteção Integral	Mata Atlântica	Estadual

Fonte: SUDEMA (2017).

Na Tabela 4 é observado que na Paraíba ocorre a mesma problemática existente no restante do país e relatado na seção 4.2.2, sobre a distribuição de UC's entre os biomas, pois, das 24 unidades, todas de gerenciamento público, apenas seis

pertencem ao bioma Caatinga (todas de gestão estadual), totalizando 49.006 ha, equivalente a aproximadamente 1,24% do semiárido paraibano, porém desse total de área, apenas 1.310,85 ha fazem parte das unidades de proteção integral.

Na área de estudo, está presente uma das UC's, a APA das Onças, a maior unidade de conservação do estado, compreendendo 41,11% do município de São João do Tigre. Foi transformada em área protegida, em regime especial de gestão em março de 2002 pelo governo do estado da Paraíba, através do Decreto Estadual nº 22.880 de 25 de março de 2002 e a partir dos critérios estabelecidos no SNUC (LIMA, 2013). A Figura 9 apresenta o mapa com a localização de todas as UC's paraibanas.

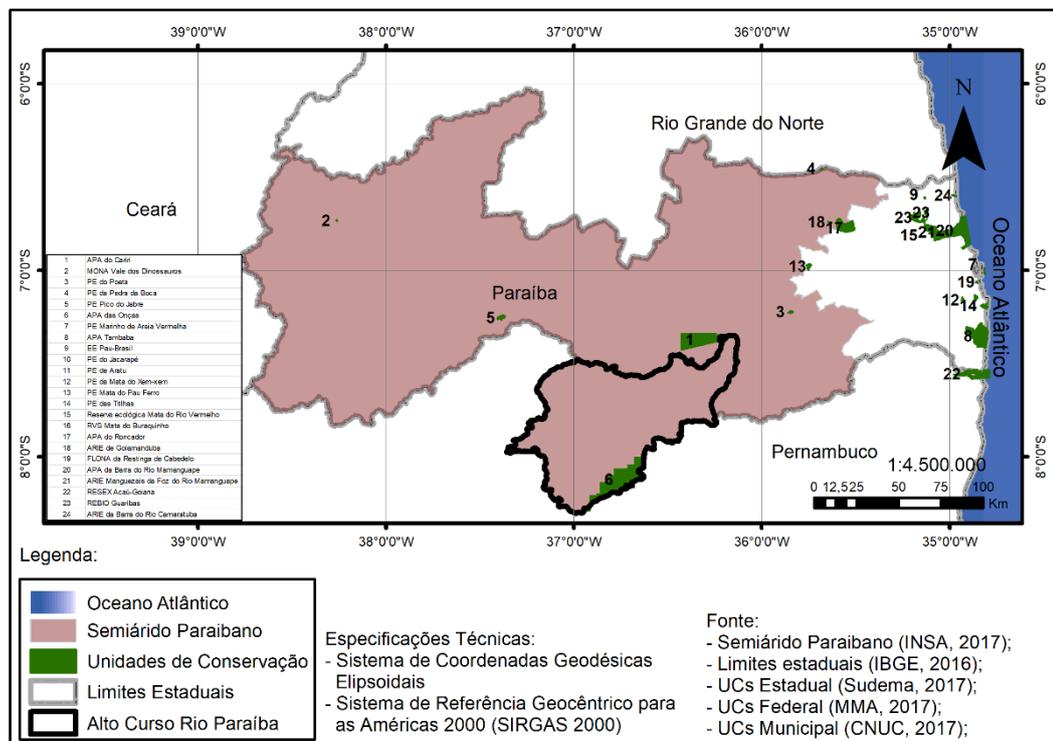


Figura 9: Unidades de Conservação da Paraíba.

Elaboração: Marcos Santos

## 4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 4.3.1 PROPOSTA DE CRIAÇÃO DE ÁREA PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA CAATINGA

A escolha de áreas prioritárias de conservação é realizada pelo Ministério do Meio Ambiente através de reuniões técnicas, que conta com a participação de dezenas de especialistas, representando as mais variadas instituições. São adotadas como áreas de planejamento as bacias hidrográficas, que são mapeadas e

delimitadas através do uso de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*). A utilização de bacias hidrográficas ocorre em função delas possuírem limites naturais, pela sua relevância como fator estruturador da organização espacial da biodiversidade na Caatinga, por possuírem marcos legais já estabelecidos e pela sua importância em relação à determinação da disponibilidade de água para a população humana que vive no semiárido (MMA, 2016).

Os grupos de trabalho formados pelos especialistas levam em consideração classificações internacionais (ex. IUCN), nacionais (ex. Lista Vermelha Brasileira), além das informações fornecidas pelos participantes dos grupos, e utilizam como principais justificativas para escolha das áreas parâmetros biológicos (anfíbios, aves, mamíferos, etc.) e ambientais: espécie criticamente em perigo; espécie em perigo; espécie vulnerável; espécie ameaçada; espécie quase ameaçada; espécie com dados insuficientes; espécies ameaçadas por caça; espécie ameaçada por pesca; espécie ameaçada por comércio ilegal; espécie endêmica; espécie dependente de habitats especiais; espécie emblemática; espécie rara; espécies suscetíveis; patrimônio espeleológico; representatividade das feições do relevo; representatividade de ecossistemas chaves; porcentagem de Caatinga em cada estado.

Apesar da grande quantidade de dados utilizados para definição desses locais, foi verificado que na área de estudo desta pesquisa, pouquíssimos setores foram classificados como prioritários de conservação, excluindo importantes localidades, como a APA das Onças (maior UC do estado) e a região que compreende as nascentes do rio Paraíba (maior corpo hídrico do estado) no município de Monteiro.

Indicar novas áreas potenciais como prioritárias para conservação através deste trabalho, na bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba, tem como justificativa principal a preservação de outros fragmentos florestais importantes, para os quais esse tipo de levantamento, além do faunístico, é escasso nessa região. Dessa forma, o sensoriamento remoto se transforma em importante ferramenta na sugestão de áreas desse tipo, onde existem poucas informações de campo.

A vegetação da área foi mapeada e analisada por meio de técnicas de sensoriamento remoto, através do uso de imagens de satélite dos anos de 1988, 1999 e 2017, e do índice de vegetação *soil adjusted vegetation index* (SAVI). Além disso, as expedições realizadas mostraram a atual situação dos locais, sendo parte importante na validação das informações geradas no SIG.

O sensoriamento remoto é uma das tecnologias que permite mapear a distribuição geográfica da cobertura vegetal, com base em suas características fisionômicas, ecológicas e florísticas, ajudando a definir as áreas prioritárias para conservação, alcançando a representação da biodiversidade e condições ambientais da cobertura vegetal com o mínimo de custo e tempo dos trabalhos de investigação, facilitando o monitoramento das transformações ambientais (PONZONI, 2001).

#### 4.3.2 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PARA CRIAÇÃO DE UC'S

No Capítulo IV da Lei N° 9.985, de 18 de julho 2000, são descritos os critérios para criação e implantação das unidades de conservação. Dentre esses critérios podem ser destacados:

- A reivindicação pela transformação de uma determinada área em UC pode vir de pessoas físicas, proprietários rurais, associações de moradores, cooperativas extrativistas, Organizações Não Governamentais (ONGs) e empresas. No caso das RPPNs, uma categoria de UC privada, a criação é feita por iniciativa do proprietário;
- Qualquer área natural, pública ou privada, com cobertura vegetal conservada; presença de mananciais hídricos; usada para visitação pública; utilizada para extração de plantas medicinais e matéria prima para artesanato; com importância histórica e/ou cultural para a sociedade; com abundância de flora e fauna nativa e/ou espécies raras que não são mais vistas com frequência na região;
- Realização de estudos técnicos da flora e fauna, características físicas, características sócio-econômicos e situação fundiária;
- Realização de consulta pública convocada pelo Poder Público com o intuito de consultar a população local e do entorno para que todos possam saber e opinar sobre a criação da UC.

O processo de seleção de áreas para criação de parte das unidades de conservação no Brasil não foi fundamentado a partir de bases puramente científicas, principalmente daquelas criadas na década de 1980, pois muitas foram instituídas sem resistência por parte dos governos estaduais, pelo simples fato de terem sido evitadas áreas de interesse social, econômico ou político (PÁDUA 1981).

Vale ressaltar que no processo de criação de UC's o mapeamento das áreas prioritárias para a conservação e o de remanescentes de cada bioma é consultado, a fim de selecionar áreas para criação de novas unidades, priorizando as áreas de grande importância biológica, e que estão sob forte pressão antrópica.

Como já enfatizado no tópico 4.3.1 deste trabalho, a ausência de estudos mais aprofundados de fauna na Caatinga, além da divulgação de dados mais sólidos de outros critérios utilizados na definição de áreas para criação de UC's, como por exemplo, estudos técnicos da flora e situação fundiária, limitam a quantidade de parâmetros utilizados na definição de locais propícios a criação de unidades de conservação na área de estudo.

Basicamente, para se chegar aos resultados propostos, o método incluiu os seguintes critérios: as áreas prioritárias para conservação mapeadas no alto curso do rio Paraíba, o tamanho dos fragmentos, o nível de conservação da vegetação conforme o intervalo temporal (1988-2017), a presença de área de preservação permanente (APP) e a proximidade com áreas prioritárias para recuperação, a fim das UC's promoverem um serviço ambiental nas áreas de seu entorno.

#### 4.3.3 GOOGLE EARTH ENGINE (GEE)

Na metodologia, surge o *Google Earth Engine* (GEE), plataforma gratuita que armazena imagens de satélite, organiza e disponibiliza, incluindo em seu acervo, dados com mais de quarenta anos, além de novas imagens que são coletadas todos os dias. São utilizadas para realizar análises científicas para que possam ser visualizados conjuntos de dados geoespaciais.

Para a realização do estudo foram utilizadas coleções de imagens dos satélites Landsat 5 e 8, sensores TM e OLI / TIRS, respectivamente, que são acessadas através de um catálogo público do *Google*, que contém uma grande quantidade de imagens georreferenciadas.

A maior parte do catálogo é composta por imagens com observação da Terra, incluindo todo o arquivo Landsat, bem como arquivos completos do Sentinel-1 e Sentinel-2, mas também inclui previsões climáticas, dados de cobertura do solo e de aspectos ambientais, geofísicos e socioeconômicos. O catálogo é continuamente atualizado a uma taxa de quase 6.000 cenas por dia (GORELICK, 2017).

O *Google Earth Engine* é uma plataforma de monitoramento de dados ambientais, que incorpora dados da *Aeronautics and Space Administration* (NASA), bem como do programa Landsat. Após o Instituto de Pesquisa Geológica dos Estados Unidos (USGS - *United States Geological Survey*) abrir o acesso aos seus registros de imagens Landsat em 2008, o *Google* viu uma oportunidade de usar seus recursos de computação em nuvem para permitir que registros dessas imagens possam ser acessados e processados de seu sistema online. Essa ferramenta ajuda na redução do tempo de processamento em análises de imagens Landsat (HANSEN, 2013).

As vantagens do GEE podem ser resumidas como: acesso às imagens de satélite e vetores; métodos para a realização de análises com esses dados; processamento e execução na nuvem do *Google*; além da continuidade da missão Landsat, que oferece a série temporal mais longa de dados de sensoriamento remoto.

Para o uso do GEE nesta pesquisa, foi utilizada como base a metodologia aplicada por Ghazaryan (2015), na qual foi realizado um estudo de caso, analisando áreas florestais no Nordeste da Armênia, entre os anos de 1984 e 2014.

Na metodologia aplicada na presente pesquisa, por meio de linhas de comandos (*script* - Anexo 1), foi utilizado o intervalo temporal de 1988 a 2017, que englobou todas as passagens realizadas pelos satélites entre 01 de janeiro e 30 de junho nos anos de 1988, 1999 e 2017, com percentual máximo de cobertura das nuvens com valor de 10%. O uso desses parâmetros propiciou a utilização de 58 diferentes imagens, sendo 12 do ano de 1988, 24 de 1999 e 22 imagens do ano de 2017. A escolha destes anos se deve ao fato deles possuírem alguns fatores que contribuem em resultados mais precisos, tais como a pluviometria e a quantidade de imagens disponíveis. As informações das imagens utilizadas na confecção dos mapeamentos propostos para este estudo, por meio do emprego do índice de vegetação SAVI são apresentadas no Anexo 2.

#### 4.3.4 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO AJUSTADO AO SOLO (SAVI)

Dentre as diversas ferramentas do sensoriamento remoto, os índices espectrais de vegetação destacam-se na análise de variados alvos através de intervalos numéricos. Desses índices pode-se ressaltar o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e o *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) (FERNANDES, 2016).

Foi verificado e constatado que o NDVI não é um bom indicador de biomassa de vegetação se o terreno tiver uma pobre cobertura vegetal, como ocorre em áreas semiáridas ou áridas. A partir dessa problemática, surgiu o SAVI, que apresenta melhor desempenho para as áreas com baixa cobertura vegetal, ou seja, com a presença natural de exposição de solos, e que se mostra sensível à variação dos tipos de solos (HUETE E JACKSON, 1987).

O SAVI foi desenvolvido a partir de uma modificação do NDVI para corrigir a influência do brilho do solo, possui estrutura similar, mas com a adição de um fator de ajuste para o substrato do dossel. Faz parte de um grupo de índices considerados híbridos por utilizarem a razão de bandas com parâmetros de ajuste para minimizar o efeito da presença de solo em meio à vegetação e do espalhamento atmosférico (JENSEN, 2009).

Ponzoni *et al.* (2012) afirmam que o SAVI é uma adaptação do NDVI e possui a característica de minimizar os resultados do solo de fundo no sinal da vegetação ao incorporar uma constante de ajuste de solo, no caso, essa constante é o fator L.

Na equação do NDVI as faixas espectrais do vermelho (V) e infravermelho próximo (IVP) correspondem a mais de 90% da resposta espectral da vegetação (ROSA, 2007). Sendo assim conforme a equação a seguir obtém-se o NDVI:

$$\text{NDVI} = (\text{IVP} - V) / (\text{IVP} + V)$$

Segundo Huete (1988) os valores de ajuste do solo L podem variar entre 0 para altas densidades de vegetação e 1 para vegetação menos densa. O fator  $L = 0,5$  oferece um índice espectral superior ao NDVI para um amplo intervalo de condições de vegetação. Para Oliveira (2007) o valor padrão utilizado na maioria das aplicações é  $L = 0,5$ , que corresponde a uma densidade vegetal intermediária.

Na equação que expressa o índice SAVI, V se refere a faixa espectral do vermelho e IVP ao infravermelho próximo e L é a constante que minimiza o efeito do solo, que são apresentados da seguinte forma:

$$\text{SAVI} = (1 + L) * (\text{IVP} - V) / (\text{IVP} + V + L)$$

Huete (1998) afirma que o valor de L é crítico na minimização dos efeitos das propriedades ópticas do solo na refletância da vegetação e em muitas aplicações tem sido usado um valor de  $L = 0,1$  para variações de primeira ordem na imagem.

Baseado em Silva (2009) destaca-se que para o cálculo do índice SAVI no presente estudo foi adotado o valor de 0,1 como fator de ajuste de correção do efeito

de brilho do solo, em razão da presença de áreas com baixa densidade de vegetação, originada por intervenções antrópicas na área de estudo; e as características xerófilas e caducifólias, intrínsecas às plantas do bioma Caatinga.

O índice SAVI foi apresentado como o primeiro índice capaz de minimizar os efeitos do substrato do dossel, sendo desenvolvido com base em medidas de algodão e de gramados com solos claros e escuros ao fundo. Os parâmetros de ajuste podem ou não considerar os coeficientes da linha do substrato do dossel, mas sempre expressam o intuito de minimizar o efeito de fundo do solo, por meio da reflectância medida no vermelho e no infravermelho próximo (HUETE, 1988).

O SAVI apresenta limitações relacionadas à sua aplicação em biomas e aos distintos usos do solo, pois não considera as especificações dos ambientes analisados, apenas a densidade da vegetação (PONZONI E SHIMABUKURO, 2010).

Para a presente pesquisa o índice SAVI foi gerado na plataforma *Google Earth Engine*, utilizando o espaço temporal de 1988 a 2017, entre 01 de janeiro e 30 de junho, observando o período de maior índice pluviométrico da região, com análises realizadas em três anos diferentes (1988, 1999 e 2017), utilizando imagens que posteriormente foram delimitadas, analisadas e representadas em ambiente SIG.

## 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.4.1 ÁREAS COM POTENCIAL PARA CONSERVAÇÃO DA CAATINGA

As análises dos produtos gerados por meio do índice de vegetação SAVI, aliados a conservação dos fragmentos florestais na temporalidade sugerida nesta pesquisa, além das coletas de campo realizadas nos anos de 2016 e 2017, tornaram possível a indicação de locais com potencial para serem indicados como áreas prioritárias para conservação da Caatinga.

Para atingir o objetivo deste tópico, foram confeccionados três produtos cartográficos, a fim de analisar o comportamento da vegetação da área de estudo, através do aumento ou diminuição da biomassa. Por meio dos procedimentos utilizados nas seções 4.3.3 e 4.3.4, os produtos foram criados com o intuito de apresentar e analisar a cobertura vegetal da bacia e atingir os resultados propostos. Os mapas gerados para que seja analisada a área de estudo nos anos de 1988, 1999 e 2017 são apresentados nas Figuras 10, 11 e 12, respectivamente.

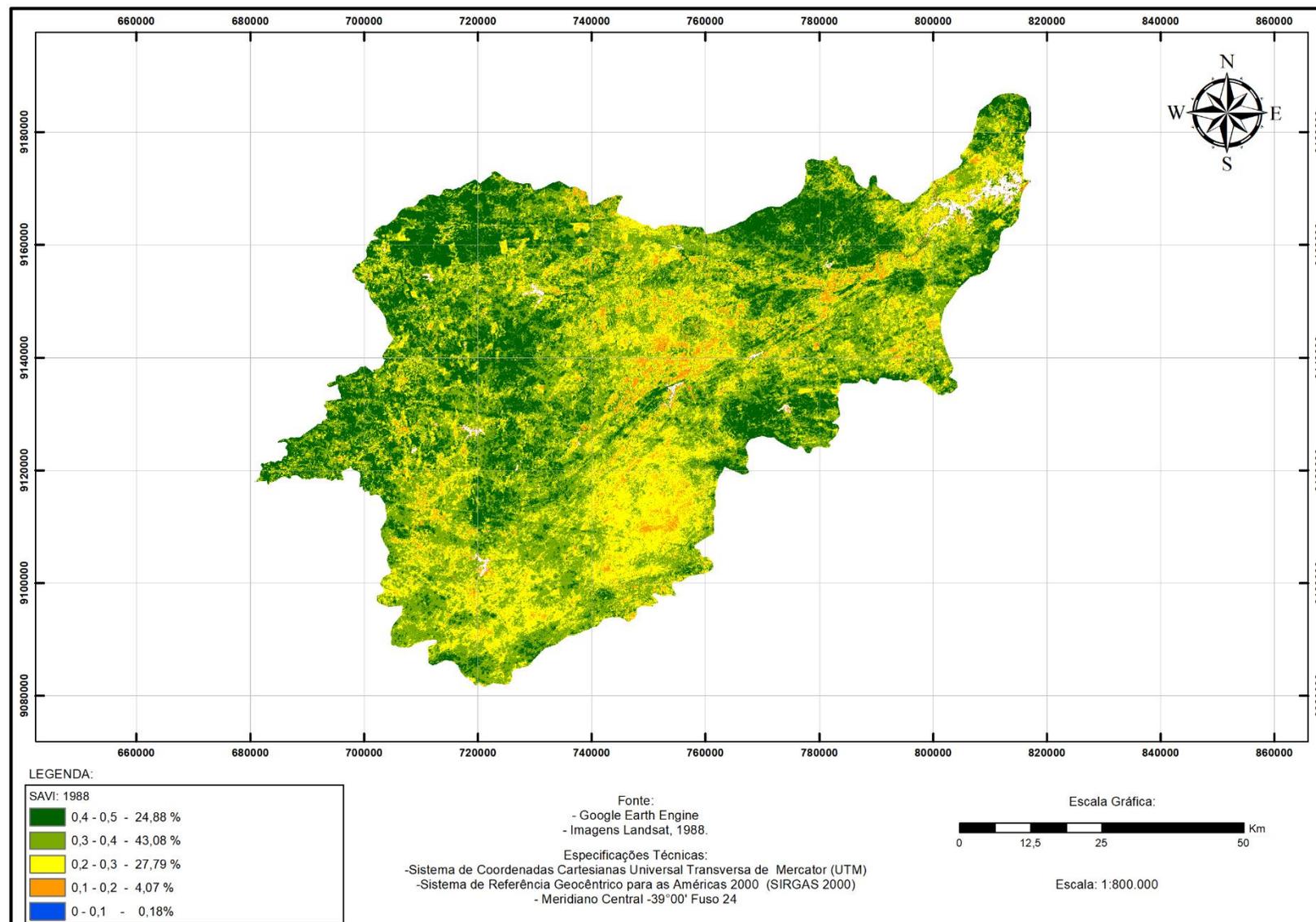


Figura 10: Índice de vegetação SAVI - 1988.  
 Elaboração: Marcos Santos

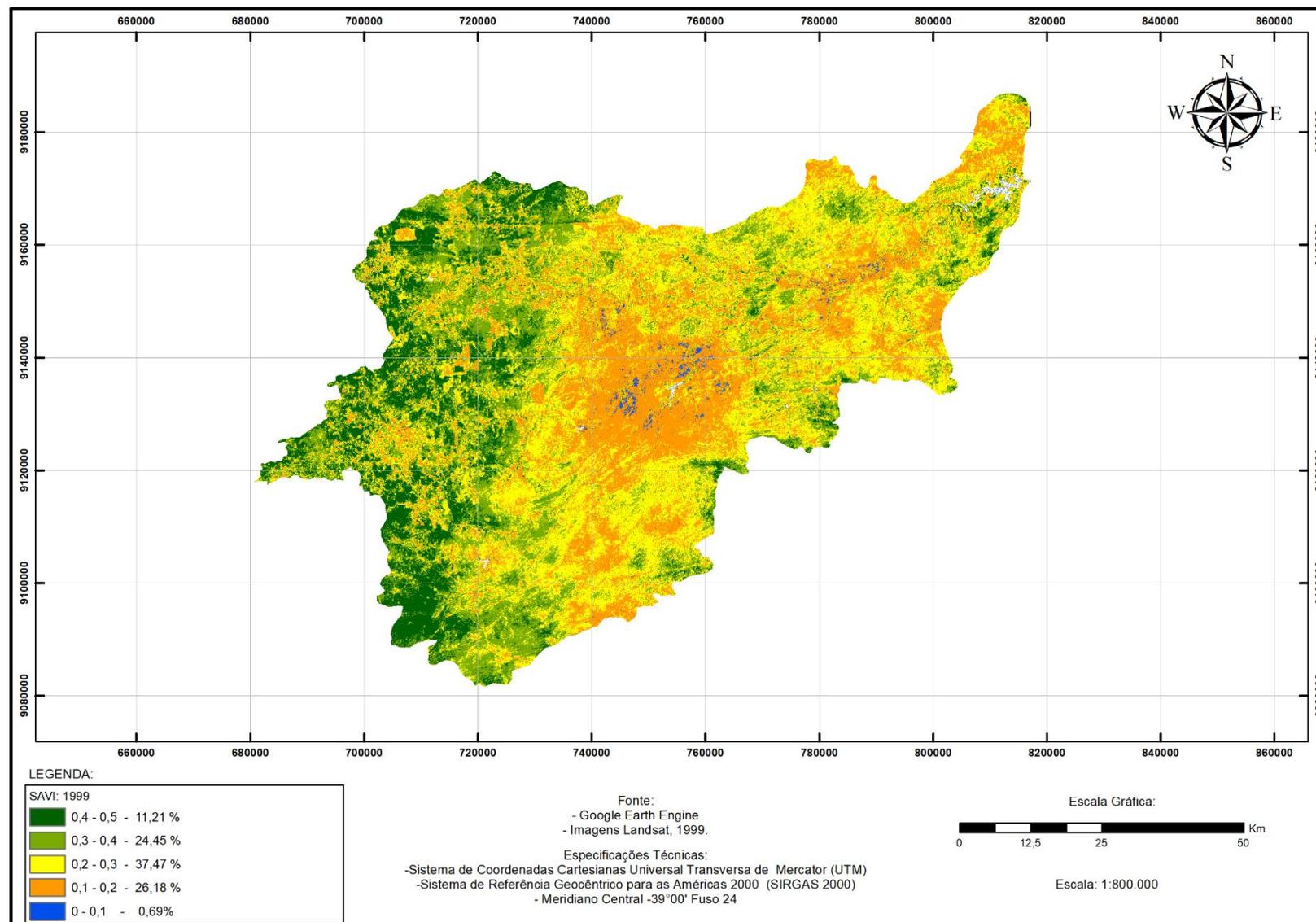


Figura 11: Índice de vegetação SAVI - 1999.  
 Elaboração: Marcos Santos

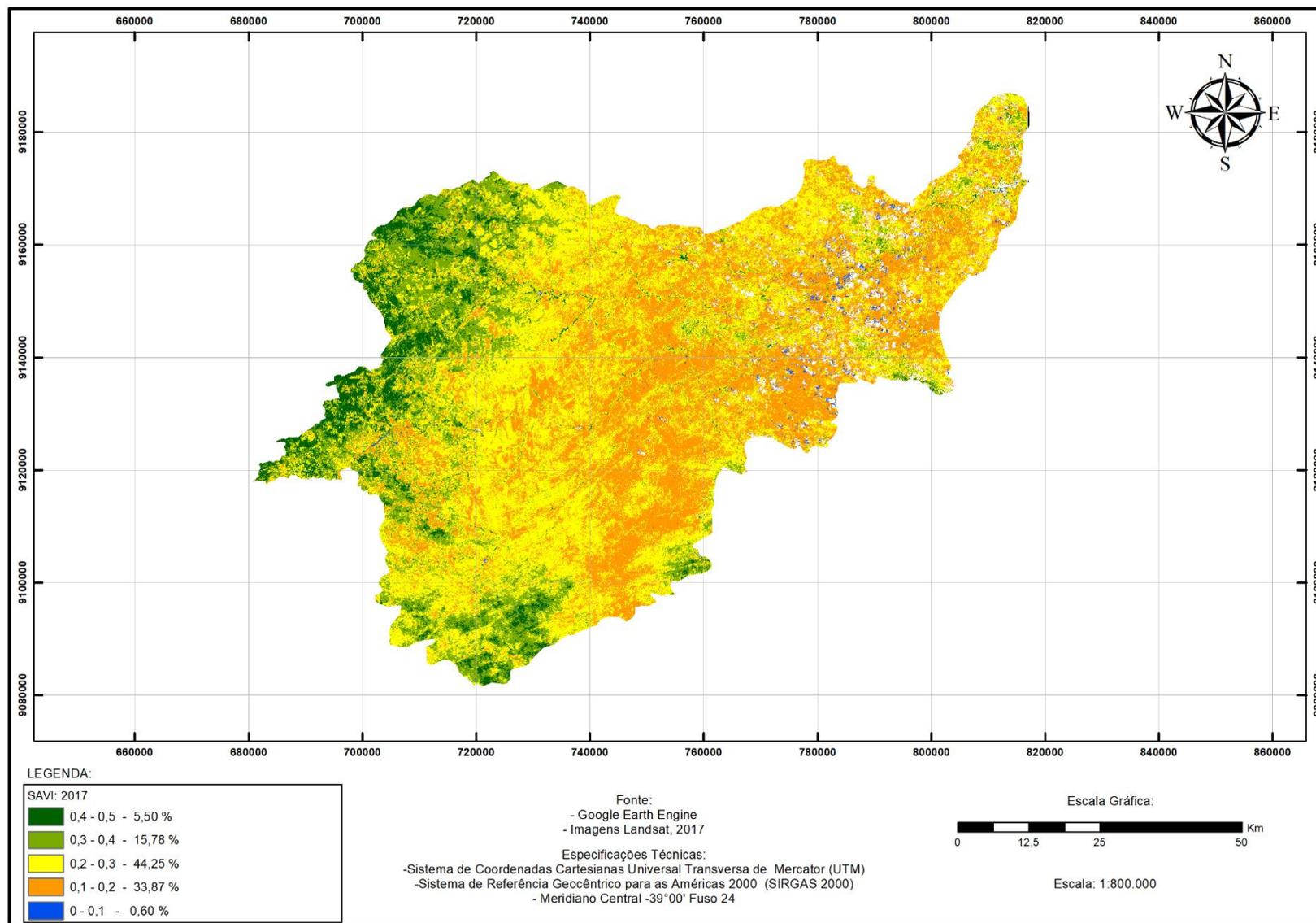


Figura 12: Índice de vegetação SAVI - 2017.  
 Elaboração: Marcos Santos

Percebe-se nos produtos cartográficos algumas transformações ocorridas na região, que aconteceram em razão de aspectos socioeconômicos e climáticos. É observado que ao longo do período estudado, ocorreram alterações na biomassa, em grande parte da área pesquisada, principalmente entre as décadas de 1980 e 1990.

Nas Figuras 10 e 11, é visto que na porção sul e sudoeste da área de estudo, que compreende os municípios de São João do Tigre, São Sebastião do Umbuzeiro, Zabelê e Monteiro, que os valores de SAVI sofreram alterações. Tais transformações ocorreram em razão da retirada da cobertura vegetal arbórea, substituída pelas pastagens plantadas e nativas. Essa mudança no uso do solo é explicada pela crescente expansão da criação de bovinos e caprinos no Cariri paraibano que ocorreu entre a década de 1980 e 1990, conforme os censos agropecuários do IBGE (1970, 1980, 1990 e 2006) como pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5: Criação de bovinos e caprinos no Cariri paraibano.

<b>Período</b>	<b>Bovino</b>	<b>Caprino</b>
1970	119.607	74.762
1980	153.181	166.863
1990	169.415	212.405
2006	123.803	304.105

Fonte: IBGE, adaptado de Souza (2008).

Outro fator a ser considerado na análise das Figuras 10 e 11, são os dados pluviométricos na região, pois no intervalo temporal (1988-1999), que compreende as informações apresentadas nos produtos cartográficos supracitados, houve grandes períodos de estiagem, principalmente na década de 1990, quando ocorreram dois fenômenos *El Niño* (1990 - 1993; 1997 - 1998), classificados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) como de forte impacto.

No evento ocorrido entre 1990 e 1993 as precipitações na estação chuvosa do Nordeste foram de 28%, 13% e 63% abaixo da média em 1990, 1991 e 1993, respectivamente. Já o *El Niño* de 1997 - 1998 foi considerado um dos mais intensos já identificados e seus efeitos foram sentidos nas variações climáticas sobre o Brasil, com a região Nordeste sendo atingida novamente com chuvas bem abaixo da média (CLIMANÁLISE, 1993). As afirmações acima são ilustradas na Tabela 6 através dos

dados da Agência Executiva de Águas do Estado da Paraíba (AESA), que apresenta o volume de precipitação no Cariri paraibano entre os anos de 1994 e 2017.

Tabela 6: Pluviometria no Cariri paraibano (1994-2016).

Ano	CARIRI OCIDENTAL			CARIRI ORIENTAL		
	Observ. (mm)	Desvio da Média Histórica (%)	Desvio da Média Histórica (mm)	Observ. (mm)	Desvio da Média Histórica (%)	Desvio da Média Histórica (mm)
1994	514,9	-15,7	-96,1	497,8	3,8	18
1995	581,0	-4,9	-30	359,1	-25,2	-120,7
1996	515,3	-15,7	-95,7	365,8	-23,8	-114
1997	511,9	-16,2	-99,1	423,6	-11,7	-56,2
1998	180,2	-70,5	-430,8	124,5	-74,1	-355,3
1999	389,2	-36,3	-221,8	277,9	-42,1	-201,9
2000	646,1	5,7	35,1	698,3	45,5	218,5
2001	418,9	-31,4	-192,1	404,0	-15,8	-75,8
2002	567,5	-7,1	-43,5	469,2	-2,2	-10,6
2003	391,5	-35,9	-219,5	336,9	-29,8	-142,9
2004	778,7	27,4	167,7	783,8	63,4	304
2005	585,3	-4,2	-25,7	532,9	11,1	53,1
2006	637,1	4,3	26,1	386,5	-19,4	-93,3
2007	461,7	-24,4	-149,3	398,5	-16,9	-81,3
2008	777,5	27,3	166,5	650,7	35,6	170,9
2009	969,4	58,7	358,4	626,2	30,5	146,4
2010	672,2	10	61,2	569,4	18,7	89,6
2011	807,2	32,1	196,2	792,4	65,2	312,6
2012	139,3	-77,2	-471,7	215,5	-55,1	-264,3
2013	331,6	-45,7	-279,4	299,4	-37,6	-180,4
2014	450,3	-26,3	-160,7	368,0	-23,3	-111,8
2015	313,9	-48,6	-297,1	239,9	-50	-239,9
2016	309,2	-49,4	-301,8	248,7	-48,2	-231,1
2017	316,4	-48,2	-294,6	162,8	-66,1	-317

Fonte: AESA (2017).

A Figura 12 mostra a situação em 2017, na qual o Cariri paraibano entra no sexto ano consecutivo de forte estiagem, com precipitações muito abaixo da média histórica (Tabela 6), aliado a contínua e intensiva retirada de cobertura vegetal, observa-se que cerca de 80% da bacia apresenta baixos índices de SAVI.

Por meio das Figuras 10, 11 e 12, é observado que alguns locais da área de estudo, apesar dos diversos períodos de estiagem que afetam a região, se mantêm com bons índices, é o caso de locais inseridos nos municípios de Prata, Amparo, Ouro Velho, São Sebastião do Umbuzeiro e São João do Tigre, além da porção oeste de Monteiro, que por manterem bons níveis de conservação, merecem uma atenção maior dos gestores e pesquisadores ambientais.

A indicação de áreas com potencial para serem classificadas como prioritárias para conservação da Caatinga, foi realizada neste estudo através do uso de ferramentas de geoprocessamento e da análise das Figuras 10, 11 e 12. Observam-se os locais que possuem cobertura vegetal conservada. Os resultados obtidos nas visitas técnicas *in loco*, quando foram notados outros atributos que enaltecem a importância dessas localidades para o alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba.

Dessa forma, foram indicados locais onde ocorreram a predominância das duas classes que apresentaram os maiores valores de biomassa nos resultados apresentados nas Figuras 10, 11 e 12, e que foram validadas com as informações coletadas em campo. A Figura 13 apresenta os locais com potencial para serem indicados como prioritários para conservação da Caatinga ou que possam ser utilizados na ampliação das áreas já existentes.

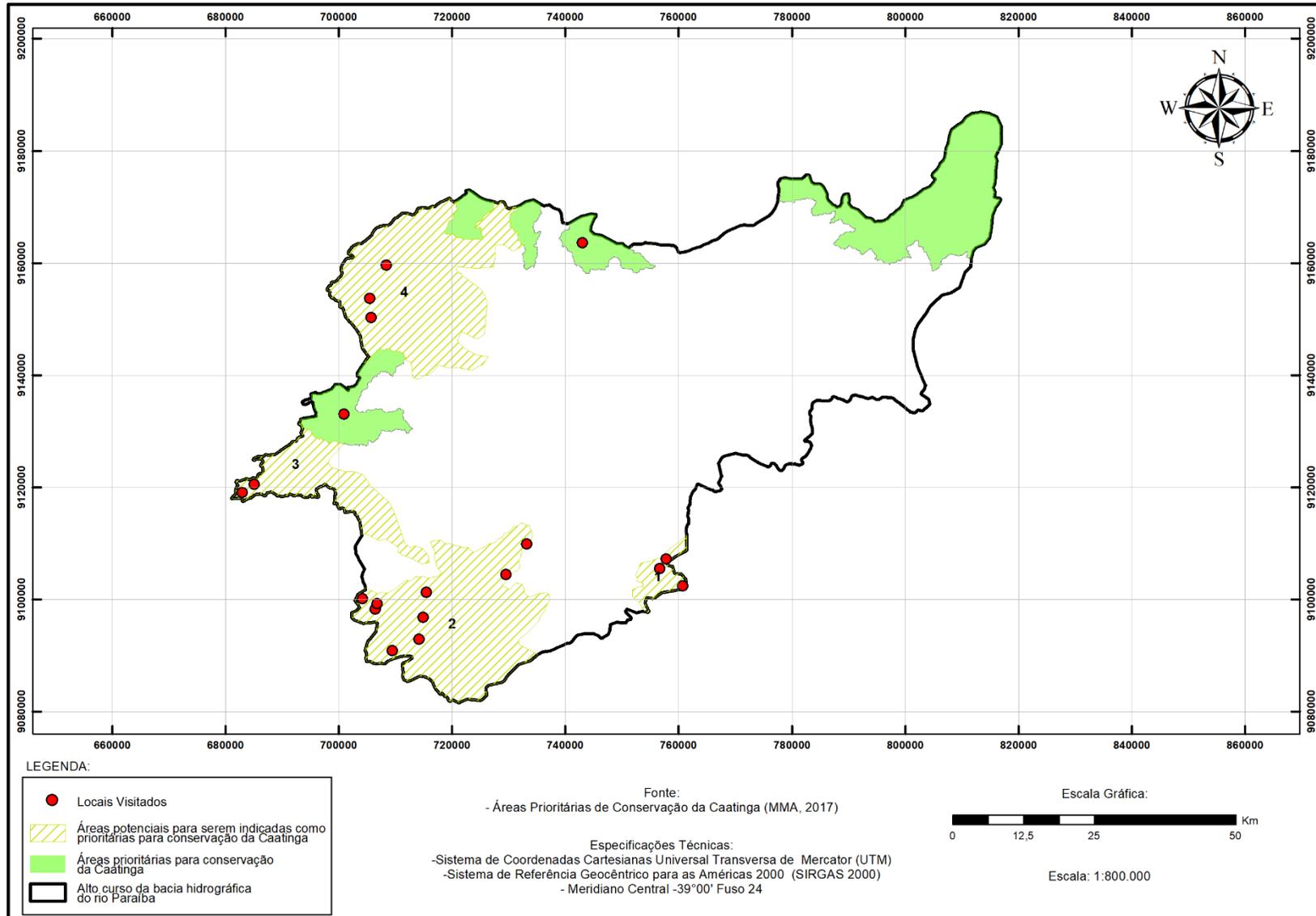


Figura 13: Áreas com potencial para serem indicadas como prioritárias para conservação da Caatinga.  
Elaboração: Marcos Santos

Após a elaboração da Figura 13, foram delimitadas quatro áreas com potencial para serem incluídas como prioritárias para conservação da Caatinga no semiárido paraibano. Juntas elas somam 1.529,61 km<sup>2</sup>, o que corresponde a quase o dobro das áreas prioritárias já existentes na área de estudo. Observa-se também que foram visitados 17 locais dentro dessas quatro áreas, ajudando assim na validação dos produtos cartográficos gerados.

A área 1 está localizada no município de São João do Tigre, mais precisamente na Área de Proteção Ambiental das Onças, possuindo 56,28 km<sup>2</sup>, e está inserida em uma unidade de conservação de uso sustentável, onde são encontrados grandes fragmentos de vegetação do bioma Caatinga, assim como do bioma Mata Atlântica (Mata de Brejo ou Brejo de Altitude), esta última localizada em algumas áreas pontuais nas zonas serranas mais elevadas (Figura 14). Esses fatores demonstram a importância da localidade dentro da bacia e para a população da região.



Figura 14: Local visitado na área 1 (APA das Onças, 02/08/2016).

A área 2 está localizada nas porções sul e sudoeste da bacia e engloba todo o território do município de São Sebastião do Umbuzeiro e parte de São João do Tigre, possui 619,40 km<sup>2</sup>, sendo grande parte deste território coberto por remanescente de vegetação nativa (Figura 15). Destaca-se o município de São Sebastião do Umbuzeiro, que segundo Figueiredo (2016), 457,88 km<sup>2</sup> são de cobertura florestal, equivalente a 78% de seu território.

Já a área 3 possui aproximadamente 231,62 km<sup>2</sup> e está dividida entre os municípios de Monteiro e Zabelê, na qual compreende toda parte oeste do primeiro. Nessa delimitação é proposta união com uma área delimitada pelo MMA como

prioritária para conservação da Caatinga, possuindo o código CA158 e prioridade de conservação classificada como “Muito Alta”. Outro destaque que contribui e torna essa área propícia a ser transformada como prioritária para conservação da Caatinga, deve-se ao fato da nascente do rio Paraíba, o maior do estado, estar presente nessa região, no município de Monteiro, na serra da Jabitacá, fatores que fortalecem a necessidade da conservação dos recursos naturais da região (Figura 16).



Figura 15: Locais visitados na área 2 (São Sebastião do Umbuzeiro, 03/08/2016).



Figura 16: Locais visitados na área 3 (Serra da Jabitacá, Monteiro, 22/05/2016).

A área 4 possui 622,31 km<sup>2</sup> e é formada pelos municípios de Amparo, Prata, Ouro Velho e parte de Sumé e Monteiro, e assim como nos outros locais citados, possui grandes fragmentos de vegetação nativa, que ocupam uma área considerável dos municípios onde estão presentes (Figura 17). Nela encontra-se parte de uma área prioritária (CA 148) que possui prioridade de conservação classificada como “Extremamente Alta”. Também deve-se ressaltar a presença da RPPN Fazenda Almas, importante propriedade rural e local de pesquisas sobre a fauna e flora do

Cariri paraibano, e segundo seu plano de manejo é a mais antiga reserva particular do Estado, constituindo-se na maior reserva particular da Paraíba e na quarta maior do Nordeste, possuindo 3.505 ha.



Figura 17: Local visitado na área 4 (Sumé, 09/09/2016).

#### 4.4.2 ÁREAS PROPÍCIAS PARA CRIAÇÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Definir o tamanho das unidades de conservação é uma tarefa que implica em elevada complexidade, fato ainda mais acentuado quando se sabe que parte dos estados localizados ao norte do rio São Francisco (Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará) possuem levantamentos da vegetação limitados, sendo a situação da Paraíba das menos conhecidas (ARAÚJO, 2005).

Para se chegar aos resultados desta seção, foi tomado como base as informações ilustradas na Figura 13, sendo adicionada a hidrografia, para que se tenha uma visão da distribuição dos corpos hídricos e conseqüentemente suas APP's nas áreas mapeadas.

A ideia de gerenciamento de recursos hídricos a partir das bacias hidrográficas está cada vez mais presente nas políticas públicas, uma vez que a presença da água é um aspecto fundamental em se tratando de ambientes semiáridos, tanto no que diz respeito às questões ligadas a flora e fauna, como a conservação e uso desse recurso natural.

Souza (2003) afirma que na gestão dos usos da água, há uma maior complexidade quando se trata de um ambiente semiárido sem a presença de um curso d'água perene, nascentes, ou outra fonte de água naturalmente disponível o ano

inteiro, sendo essencial o desenvolvimento de pesquisas direcionadas às bacias e sua relação com o sistema antrópico que as envolvem, para que seja possível pensar concretamente em planejamento local levando em consideração todas as características do sistema fluvial.

A vegetação é um importante indicador geoambiental, pois sofre influência dos fatores climáticos, edafológicos e bióticos. Algumas variáveis (clima, geologia, geomorfologia, solo, hidrografia) podem sofrer o efeito da alteração na cobertura vegetal. Ela exerce importante papel na estabilização dos geoambientes, visto que protege o solo dos processos erosivos, facilita a distribuição, infiltração e acúmulo das águas pluviais e influencia nas condições climáticas do ambiente. Quando ocorrem alterações na cobertura vegetal, direta ou indiretamente o ciclo hidrológico é impactado, reduzindo a capacidade de infiltração e a acumulação natural desse recurso nos aquíferos, causando impactos negativos sociais e ambientais (ALMEIDA, 2012).

Com o uso adequado do sensoriamento remoto, e o cruzamento das demais informações, obtém-se uma maior compreensão dos diferentes níveis de conservação e degradação dos ecossistemas objetivados. O resultado obtido com o SAVI leva a selecionar as principais áreas e encontrar um ambiente favorável à conservação biológica (MEDEIROS, 2005).

Ressalta-se que este estudo pretende mostrar de forma mais detalhada a contribuição das geotecnologias na questão ambiental e na sua gestão conforme os resultados obtidos nesta seção (Figura 18), que indica alguns locais com potencial para se tornarem ambientalmente protegidos, na forma de unidades de conservação. Dessa forma, pode desempenhar as funções de reservatórios de reposição da flora e fauna, ajudar a conservar os cursos d'água, contribuir de forma direta e ampla na sustentabilidade ambiental, econômica e social das terras localizadas dentro e fora das unidades de conservação

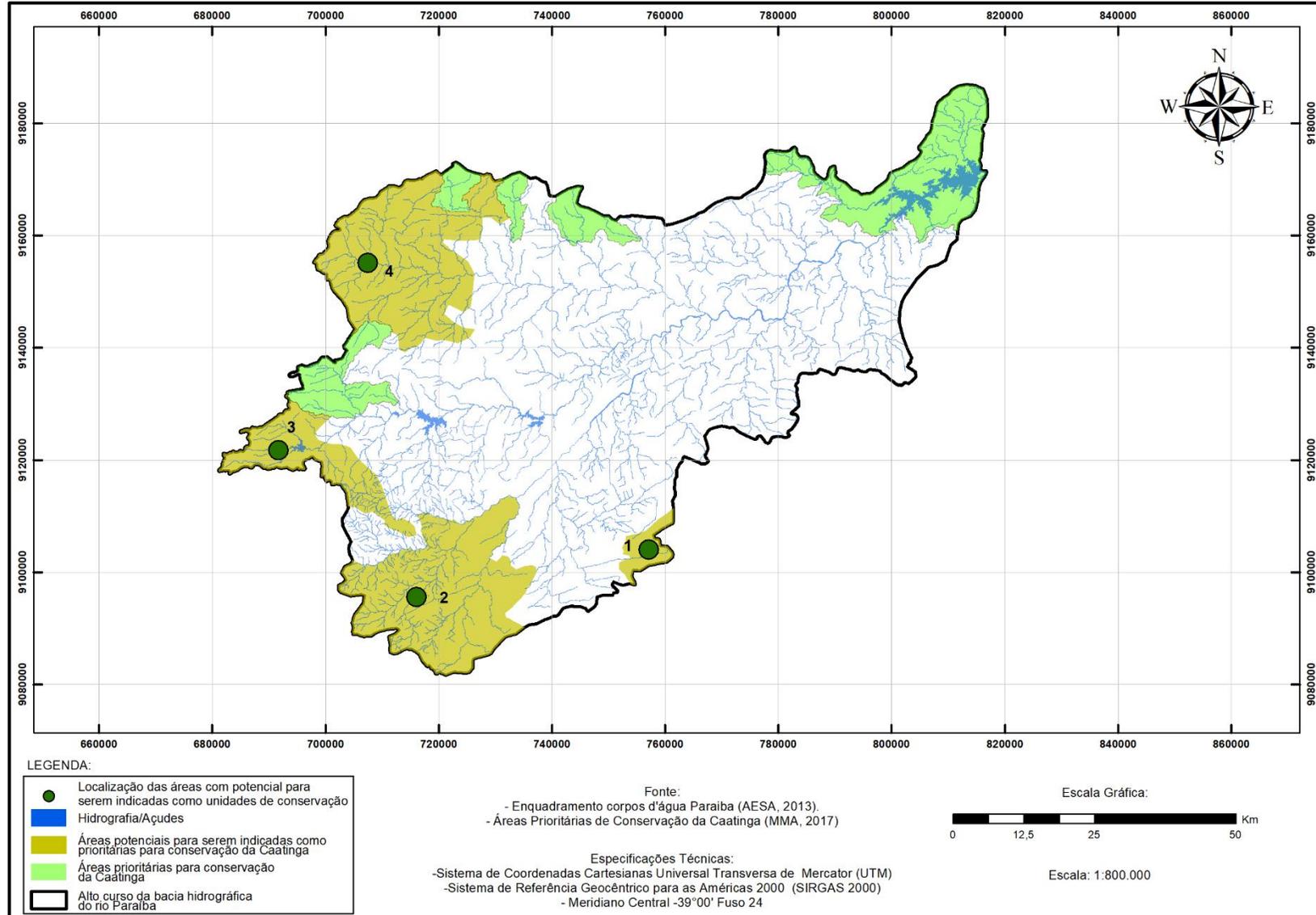


Figura 18: Proposta para criação de unidades de conservação.  
Elaboração: Marcos Santos

Analisando a Figura 18, é observada a indicação de quatro locais que apresentam atributos para serem indicados como áreas propícias a serem transformadas em unidades de conservação. Estão inseridos em áreas propostas como prioritárias para conservação da Caatinga. A escolha desses locais se deve pelos seguintes motivos:

- Área 1 – esta localidade já é decretada como unidade de conservação, porém de uso sustentável. É sugerido uma delimitação mais detalhada dessa UC, com o intuito de classificá-la como de proteção integral, pelo fato dessa região possuir grande diversidade de espécies de flora do bioma Caatinga, assim como do bioma Mata Atlântica, esta última localizada em algumas áreas pontuais nas zonas serranas mais elevadas (LIMA, 2013). Associado à diversidade vegetal, existe também uma importante presença de animais cada vez mais raros, a exemplo da onça parda, felino de grande porte. Além disso, nessa área existem diversos sítios arqueológicos ainda pouco conhecidos pela ciência (VASCONCELOS, 2009);
- Área 2 – neste local destaca-se a grande quantidade de remanescentes de vegetação nativa, que chega a se estender em 78% do município de São Sebastião do Umbuzeiro, além da grande quantidade de corpos hídricos, indicando ser uma região com muitas nascentes, aumentando ainda mais a importância da conservação desta localidade;
- Área 3 – trata-se de uma região com grande percentual de cobertura vegetal, além da presença da serra da Jabitacá, um dos maiores maciços do planalto da Borborema, e que atinge altitudes de aproximadamente 1000 metros, além de ser o limite natural entre os estados da Paraíba e Pernambuco. Neste local se encontra a nascente do rio Paraíba, o mais extenso do estado da Paraíba, com uma bacia hidrográfica que drena uma área de 19.375 km<sup>2</sup>;
- Área 4 – a inclusão de uma UC neste local é justificada por estar localizada em uma região de densa cobertura vegetal, além disso, apoia-se no fato de estar próximo de duas áreas prioritárias para conservação da Caatinga (CA 148 e CA 158) e também pela localização da RPPN Fazenda Almas, o que propicia a criação de corredores ecológicos, ou seja, coloca em prática outra estratégia de conservação, a fim de manter ou restaurar a

conectividade da paisagem e facilitar o fluxo genético entre populações, pois trata-se de uma proposta de gestão do território em escala regional destinada a contribuir para o desenvolvimento sustentável.

Vale salientar que a simples ampliação e/ou criação de unidades de conservação não conduz essas áreas aos objetivos para as quais foram designadas, sem que haja uma administração que cumpra com suas obrigações, problemática existente nas unidades de conservação da Paraíba, principalmente no que diz respeito a ineficiência em vigilância, ausência de planos de manejo e zoneamento. Porém, se o gerenciamento ocorrer de maneira adequada, a criação de novas UC's e o manejo apropriado dessas áreas constituem significativa contribuição para conservação da biodiversidade.

#### 4.5 CONCLUSÃO

O baixo número de pesquisas relacionadas a flora e principalmente a fauna da Caatinga prejudica a busca de um maior aprofundamento nos estudos relacionados a definição das áreas prioritárias para conservação da Caatinga, fato que se agrava ainda mais na Paraíba.

A metodologia apresentada nesta pesquisa buscou através do geoprocessamento indicar áreas com potencial a serem indicadas como prioritárias para a conservação da Caatinga, uma vez que se torna necessário uma visão mais conservacionista nessa região, pois se trata da área mais seca da Paraíba, possuindo a nascente do maior rio do estado, que atualmente recebe as águas da transposição do rio São Francisco. O uso inadequado do solo pode comprometer os recursos naturais necessitando assim de propostas de ordenamento de uso compatíveis com as fragilidades do ambiente natural.

Pode-se constatar que o uso das ferramentas do geoprocessamento, aplicadas ao mapeamento da vegetação da bacia do alto curso do rio Paraíba, a partir do uso da aplicação *Google Earth Engine* por meio do índice de vegetação SAVI, pode ser considerado bem satisfatório no que se refere à análise da vegetação da Caatinga, sendo um importante elemento na indicação dessas áreas. Os resultados alcançados indicaram quatro novas áreas que somam 1.529,61 km<sup>2</sup> e que ao longo das últimas três décadas apresentam bons índices de conservação.

Também foi possível indicar quatro novas áreas potenciais e que apresentam indicadores favoráveis para a criação de novas unidades de conservação na área de estudo ou receber uma classificação mais restritiva, caso da APA das onças.

Ressalta-se que a simples criação de unidades de conservação não garante a efetiva proteção do meio ambiente, tornando essencial o uso de novas estratégias de preservação, além da realização de parceria entre os órgãos que compõem o SISNAMA e o órgão responsável pela UC nos procedimentos de gestão das UC's.

O aprofundamento e prosseguimento desse tema é de grande relevância para a bacia do alto curso do rio Paraíba, em função de toda a problemática ambiental dessa região que acarreta em complicações no meio social. A pesquisa nessa temática pode possibilitar alternativas para o estabelecimento de novas áreas prioritárias para a conservação da Caatinga e de unidades de conservação ou um gerenciamento mais intensivo nas UC's existentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA - AGÊNCIA EXECUTIVA DE ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. **Precipitação na Paraíba**. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>>. Acesso em: 10/01/2018.

ALMEIDA, N. V.; CUNHA, S. B.; NASCIMENTO, F. R. **A cobertura vegetal e sua importância na análise morfodinâmica da bacia hidrográfica do rio Taperoá – nordeste do Brasil/Paraíba**. Revista Geonorte, Edição Especial, V.3, N.4, 2012.

ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V. **Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2005.

BRASIL. MMA. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca: PAN Brasil**. Brasília: MMA/SRH, 2004.

BRASIL. **Decreto nº 5.092, de 21 de maio de 2004**. Define regras para identificação de áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade, no âmbito das atribuições do Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d5092.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5092.htm)>. Acesso em: 12/12/17.

BRASIL. **Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>>. Acesso em: 01/11/2017.

CAMARGOS, R. M. F. **Unidades de Conservação em Minas Gerais: levantamento e discussão.** Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, 2001.

CLIMANÁLISE. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática.** Vol.8, 1993.

CPTEC - **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.**

DIEGUES, A. C. S. **O mito da natureza intocada.** São Paulo: Hucitec, 2000.

DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. A.; NINIS, A. B. **O estado das áreas protegidas no Brasil.** Brasília, 2006.

FERNANDES, A. C. G.; COUTINHO, M. A. N.; SANTOS, V. G.; NASCIMENTO, C. R. **Utilização de intervalos de índices de vegetação e temperatura da superfície para detecção de queimadas.** Caderno de Ciências Agrárias, v. 8, n. 2, p. 30-40, 2016.

FIGUEIREDO, F. C. F.; LACERDA, V. A.; ROCHA, J. G. **Diagnóstico da cobertura vegetal para cumprimento de reserva legal em São Sebastião do Umbuzeiro-PB.** Anais I Congresso Internacional da Diversidade Do Semiárido, Campina Grande, Brasil, 2016.

FREITAS, I. F. **Unidades de Conservação no Brasil: O Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas e a viabilização da zona de amortecimento.** Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP, Campinas, 2008. 120p. Dissertação (Mestrado).

GHAZARYAN, G. **Analysis of temporal and spatial variation of forest: A case of study in northeastern Armenia.** Dissertação, *Science in Geospatial Technologies*, 2015.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. **Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone.** Remote Sensing of Environment, Volume 202, 2017.

HANSEN, M. C.; POTAPOV P. V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S. A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND, T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A. CHINI, L.; JUSTICE, O.; TOWNSHEND, J. R. G. **High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change.** 2013.

HAUFF, S. N. **PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, PROJETO BRA/00/021: Sustentabilidade e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade. Representatividade do Sistema Nacional de Unidades de Conservação na Caatinga.** Brasília, 2010.

HOROWITZ, C. **A sustentabilidade da biodiversidade em Unidades de Conservação de proteção integral: Parque Nacional de Brasília.** Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília, 2003.

HUETE, A. R.; JACKSON, R. D. **The suitability of spectral indices for evaluating vegetation characteristics on arid rangeland.** Remote Sens. Environ, 1987.

HUETE, A.R. **A soil-adjusted vegetation index (SAVI).** Remote Sensing of Environment, 25, 1988.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 1970, 1980, 1990 e 2006.**

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Atlas do Corredor Ecológico da Região do Jalapão.** 2011.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Unidades de Conservação Federais.** 2017.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres.** 2 Ed. Parentese Editora. São José dos Campos - SP, 2009. 598p.

LINO, C.F. **SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.** Caderno n. 18, 2000.

MARGULES, C. R. & R. L. PRESSEY. **Systematic conservation planning.** Nature, 2000.

MEDEIROS, J. D.; SAVI, M.; BRITO, B. F. A. **Seleção de áreas para criação de Unidades de Conservação na Floresta Ombrófila Mista.** Biotemas, v. 18, n. 2, 2005.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **5º relatório nacional para a Convenção Sobre Diversidade Biológica.** Série Biodiversidade, v. 50. MMA, Brasília, 2016.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Corredores ecológicos: iniciativa brasileira no contexto continental.** Brasília, 2016.

OLIVEIRA L. G. L.; PEREIRA L. M.; PEREIRA G.; MORAES E. C.; MAEDA, E. E.; **Estudo da variabilidade de índices de vegetação através de imagens do ETM+/LANDSAT 7.** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p.5995-6002.

PÁDUA, M. T. J. **Situação atual do sistema de parques nacionais e reservas biológicas.** FBCN (Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza), Rio de Janeiro, 1981.

PARAÍBA. **Decreto Estadual nº 22.880 de 25 de março de 2002.** Cria a Unidade de Conservação de Uso Sustentável APA das Onças, de jurisdição estadual, gerenciada pela Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA).

PONZONI, F.J. **Comportamento espectral da vegetação.** Editora Universidade de Brasília, Embrapa Cerrados. Brasília, DF, 2001.

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

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. São José dos Campos, SP: Oficina de Textos, 2012. 160 p.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. EDUFU, Uberlândia, 2007.

RPPN FAZENDA ALMAS. **Plano de manejo RPPN Fazenda Almas**. 2015.

SILVA, N. M.; PEREIRA NETO, M. C. **Relevos residuais (maciços, inselbergues e cristas) como refúgios da biodiversidade no seridó potiguar**. Revista Geonorte, Edição Especial, V.1, N.4, 2012.

SILVA, S. T. A. **Mapeamento da evapotranspiração na Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe usando técnicas de sensoriamento remoto**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

SOUZA, C. O.; VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M. R. **Uso do Sistema de Informação Geográfica para a Implementação de um Banco de Dados da Cafeicultura Mineira e sua Divulgação via WEB**. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/228424434\\_Uso\\_do\\_Sistema\\_de\\_Informacao\\_Geografica\\_para\\_a\\_Implementacao\\_de\\_um\\_Banco\\_de\\_Dados\\_da\\_Cafeicultura\\_Mineira\\_e\\_sua\\_Divulgacao\\_via\\_WEB](https://www.researchgate.net/publication/228424434_Uso_do_Sistema_de_Informacao_Geografica_para_a_Implementacao_de_um_Banco_de_Dados_da_Cafeicultura_Mineira_e_sua_Divulgacao_via_WEB)>. Acesso em: 10/01/2018.

SUDEMA - SUPERINTENDÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. **Unidades de Conservação da Paraíba**, 2017.

TABARELLI, M.; MARINS, J.F.; SILVA, J.M.C. **La biodiversidad brasileña amenazada**. Investigación y Ciencia 308, 2002.

VASCONCELOS, M. C. V.; QUEIROZ, A. B.; SOUZA, B. I.; QUIRINO, Z. G. M. **Levantamento florístico e estrutura fitossociológica de encosta na Área de Proteção Ambiental (APA) das Onças, no município de São João do Tigre, PB, Brasil**. In: X Congresso de Ecologia do Brasil. São Lourenço (MG): Sociedade de Ecologia do Brasil, 2009.

## ANEXO 1

```

var region = ee.FeatureCollection('users/marcosleotecnogeo/Bacia_AltoCursoRioPB');
// Get the geometry var region = region.geometry();
Map.centerObject(region, 8); //long, lat, zoom

var STD_NAMES = ['blue', 'green', 'red', 'nir', 'swir1', 'temp', 'swir2']; //Para Renomear bandas

var cloud_thresh = 10; //Máscarar nuvens
var shadowSumBands = ['nir', 'swir1', 'swir2'];
var cloud_filter = function(image) {
  image = ee.Algorithms.Landsat.simpleCloudScore(image);
  var quality = image.select('cloud').gt(cloud_thresh);

  var maskedImage = image.mask().and(quality.not());
  image = image.mask(maskedImage);
  return image;
};

var maskIncomplete = function(image)
{
  var incompleteThreshold = -0.001;
  var imageWhere = image.where(
    image.select([0]).gte(incompleteThreshold)
    .and(image.select([1]).gte(incompleteThreshold))
    .and(image.select([2]).gte(incompleteThreshold))
    .and(image.select([3]).gte(incompleteThreshold))
    .and(image.select([4]).gte(incompleteThreshold))
    .and(image.select([5]).gte(incompleteThreshold))
    .and(image.select([6]).gte(incompleteThreshold)), 10);

  return image.mask(image.mask().and(imageWhere.select([1]).eq(10)));
};

//Formulas para calcular Índices Espectrais (NDWI, TGSI E SAVI)

var addIndices = function(in_image){

  in_image = in_image.select([0,1,2,3,4,5,6],STD_NAMES);

```

```

    in_image          =          in_image.addBands(in_image.normalizedDifference(['nir',
'red']).select([0],['ndvi']).toFloat());
    return in_image;
};

var addSAVI = function(image) {
    var savi = image.expression(
        '((1+0.1)*(b("nir") - b("red")))/ (b("nir") + b("red") + 0.1)').rename('savi');
    return image.addBands(savi);
};

var MSEC_PER_TIMESTEP = 60*365*2*60*24*1000;
var addDateBand = function(inImg){
    var i =inImg.metadata('system:time_start').divide(MSEC_PER_TIMESTEP).toFloat();
    return inImg.addBands(ee.Image(i).select([0], ['Date']));
};

var shadowSumThresh = 0.3;
// Get image collection
var ImageCollectionL5 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LT5_L1T_TOA')
.filterBounds(region).sort('system:time_start')
.filterBounds(region)
    .map(function(img){
        var filtered = cloud_filter(img).select([0,1,2,3,4,5,6],STD_NAMES);
        filtered = maskIncomplete(filtered);
        var sum = filtered.select(shadowSumBands).reduce(ee.Reducer.sum());
        filtered = filtered.mask(filtered.mask().and(sum.gt(shadowSumThresh)));
        return filtered;
    });
var ImageCollectionL8 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC8_L1T_TOA')
.filterBounds(region).sort('system:time_start')
.filterBounds(region)
    .map(function(img){
        var filtered = cloud_filter(img).select([1,2,3,4,5,10,6],STD_NAMES);
        filtered = maskIncomplete(filtered);
        var sum = filtered.select(shadowSumBands).reduce(ee.Reducer.sum());
        filtered = filtered.mask(filtered.mask().and(sum.gt(shadowSumThresh)));
        return filtered;
    });

```

```

var ImageCollection = ee.ImageCollection(ImageCollectionL5.merge(ImageCollectionL8))

// Define years of interest
var startYear = 1988
var endYear = 2017

var VIs = (
  ImageCollection
  .filterBounds(region)
  .filterDate(ee.Date.fromYMD(startYear, 1, 1), ee.Date.fromYMD(endYear, 1, 1).advance(1, 'year'))
  .filter(ee.Filter.dayOfYear(1,365))
  .map(addDateBand).map(addIndices).map(addSAVI)
)

var savi_1988 = VIs.select(['savi'])
  .filterDate('1988-01-01', '1988-06-30')
  .mean()
  .clip(region);

var savi_1999 = VIs.select(['savi'])
  .filterDate('1999-01-01', '1999-06-30')
  .mean()
  .clip(region);

var savi_2017 = VIs.select(['savi'])
  .filterDate('2017-01-01', '2017-06-30')
  .mean()
  .clip(region);

Export.image.toDrive({
  image: savi_2017, //substituir pela imagem desejada
  description: 'savi2017', //renomear como desejado
  folder: '/gee_files',
  scale: 30,
  region: region.geometry(),
  maxPixels: 1e13,
});

```

## ANEXO 2

<b>N°</b>	<b>ID DA IMAGEM</b>	<b>ANO</b>	<b>DATA DE PASSAGEM</b>
1	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150651988004CUB00	1988	04/01/1988
2	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150661988004CUB00	1988	04/01/1988
3	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150661988036CUB01	1988	05/02/1988
4	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150651988036CUB01	1988	05/02/1988
5	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150651988052CUB00	1988	21/02/1988
6	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150661988052CUB00	1988	21/02/1988
7	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150651988068CUB01	1988	08/03/1988
8	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150661988068CUB01	1988	08/03/1988
9	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150651988100CUB01	1988	09/04/1988
10	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150661988100CUB01	1988	09/04/1988
11	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52140651988141CUB00	1988	20/05/1988
12	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52140661988141CUB00	1988	20/05/1988
13	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52140661999043CUB00	1999	12/02/1999
14	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150651999050CUB00	1999	19/02/1999
15	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150661999050CUB00	1999	19/02/1999
16	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52140651999059CUB00	1999	28/02/1999
17	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52140661999059CUB00	1999	28/02/1999
18	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150661999082CUB00	1999	23/03/1999
19	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150651999082CUB00	1999	23/03/1999
20	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150651999098CUB00	1999	08/04/1999
21	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150661999098CUB00	1999	08/04/1999
22	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52140651999107CUB00	1999	17/04/1999
23	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52140661999107CUB00	1999	17/04/1999
24	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150651999114CUB00	1999	24/04/1999
25	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150661999114CUB00	1999	24/04/1999
26	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52140651999123CUB00	1999	03/05/1999
27	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52140661999123CUB00	1999	03/05/1999
28	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150661999130CUB00	1999	10/05/1999
29	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150651999130CUB00	1999	10/05/1999
30	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52140651999139CUB00	1999	19/05/1999
31	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52140661999139CUB00	1999	19/05/1999
32	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150651999146CUB00	1999	26/05/1999
33	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150661999146CUB00	1999	26/05/1999
34	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52140651999155XXX01	1999	04/06/1999
35	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150661999178CUB00	1999	27/06/1999
36	LANDSAT/LT5_L1T_TOA/LT52150651999178CUB00	1999	27/06/1999
37	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82140652017012LGN00	2017	12/01/2017
38	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82140652017028LGN00	2017	28/01/2017
39	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82140652017044LGN00	2017	13/02/2017
40	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82140652017060LGN00	2017	01/03/2017

41	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82140652017076LGN00	2017	17/03/2017
42	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82140652017108LGN00	2017	18/04/2017
43	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82150652017003LGN00	2017	03/01/2017
44	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82150652017019LGN00	2017	19/01/2017
45	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82150652017035LGN00	2017	04/02/2017
46	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82150652017051LGN00	2017	20/02/2017
47	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82150652017067LGN00	2017	08/03/2017
48	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82150652017083LGN00	2017	24/03/2017
49	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82150652017099LGN00	2017	09/04/2017
50	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82150652017115LGN00	2017	25/04/2017
51	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82150662017003LGN00	2017	03/01/2017
52	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82150662017019LGN00	2017	19/01/2017
53	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82150662017035LGN00	2017	04/02/2017
54	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82150662017051LGN00	2017	20/02/2017
55	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82150662017067LGN00	2017	08/03/2017
56	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82150662017083LGN00	2017	24/03/2017
57	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82150662017099LGN00	2017	09/04/2017
58	LANDSAT/LC8_L1T_TOA_FMASK/LC82150662017115LGN00	2017	25/04/2017

## 5 CAPÍTULO II – ESTUDO E IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PROPÍCIAS PARA CRIAÇÃO DE CORREDORES ECOLÓGICOS NO ALTO CURSO DO RIO PARAÍBA

### 5.1 INTRODUÇÃO

O patrimônio natural brasileiro é reconhecido como o mais significativo do planeta, apresentando uma riqueza natural que é expressa pela extensão continental, pela diversidade e endemismo das espécies biológicas e seu patrimônio genético. Essas características se evidenciaram desde que o Brasil se tornou signatário da Convenção sobre a Diversidade Biológica, durante a Rio 92. Porém, mais de duas décadas pós-conferência, os problemas ambientais persistem (ARRUDA, 2003).

Dentre os principais processos responsáveis pela contínua perda da conservação da biodiversidade, destaca-se a fragmentação das paisagens naturais, processo que existe naturalmente, mas tem sido intensificado pela ação humana. A redução da área original, por diferentes razões (desmatamento, áreas de cultivo, expansão urbana, entre outros fatores) pode isolar ecossistemas e afetar diretamente a vida de diferentes espécies animais e vegetais, resultando em um grande número de problemas ambientais (MMA, 2015).

O processo global de fragmentação de ecossistemas naturais é, possivelmente, a mais profunda alteração causada pelo homem ao meio ambiente, pois os habitats que eram quase contínuos foram divididos em fragmentos, que posteriormente são afetados por problemas direta e indiretamente relacionados à fragmentação, tal como o efeito da distância entre eles, ou o grau de isolamento; o tamanho e a forma dessas áreas; o tipo de matriz circundante e o efeito de borda (CERQUEIRA, *et al.*, 2003).

A crescente urbanização e expansão agrícola, vêm causando constantes aumentos das taxas de perdas de habitats naturais. As metodologias aplicadas para a conservação das áreas naturais protegidas já não cumprem com o seu papel de proteger a biodiversidade, e o fenômeno de fragmentação se instala rapidamente (GALINKIN, 2003).

As estratégias tradicionais para conservação da biodiversidade têm-se enfatizado na criação de áreas protegidas intactas, livres das intervenções humanas, que até há pouco tempo eram os principais instrumentos para proporcionar a conservação da diversidade biológica *in situ*. Embora a maioria das unidades de

conservação brasileiras contribuam para a preservação de uma parte significativa dos fragmentos florestais existentes, o conhecimento científico acumulado através dos anos no campo da biologia da conservação tem indicado que são necessárias áreas protegidas bastante extensas, de forma a se manter os processos ecológicos e evolutivos viáveis a longo prazo.

Da forma que são apresentadas e geridas, as UC's existentes não são suficientes para o objetivo de preservar a diversidade biológica brasileira. Pois, uma das maiores dificuldades enfrentadas pelas áreas protegidas do Brasil é o seu crescente isolamento de outras áreas naturais. Por este motivo, e como a conservação da biodiversidade requer não somente a preservação em nível de espécies, mas também a diversidade genética contida em diferentes populações, é essencial proteger múltiplas populações de uma mesma espécie (AYRES, *et al.*, 2005).

Para Valeri (2004), o conceito de corredores ecológicos é relativamente novo, pois começaram a ser usados como estratégia conservacionista no início do século XX. As pesquisas que envolvem a criação de corredores ecológicos favorecem a ampliação da base de dados e informações sobre o tema, bem como a sua atualização e o envolvimento social com as questões ambientais, ações que podem resultar em políticas públicas afinadas com as novas realidades globais, que cada vez mais exigem a sinergia e a cooperação em diversos níveis.

Grande parte da experiência dos corredores ecológicos no Brasil foi desenvolvida nos biomas Amazônia e Mata Atlântica. No entanto, com a crescente fragmentação da Caatinga, é cada vez mais evidente a necessidade de estabelecer ações com o objetivo de evitar a perda da biodiversidade e o isolamento das unidades de conservação nesse bioma (ICMBio, 2011).

A ideia de corredores ecológicos se caracteriza, assim, como elemento de desenvolvimento territorial sustentável, uma iniciativa que promove a conservação de áreas protegidas, sejam elas, unidades de conservação, áreas de preservação permanente ou reservas legais, qualificando e valorizando a relação dessas áreas com outras áreas contíguas, que contêm ou prevêm o papel de setores produtivos como agropecuária, transporte, energia, indústria, entre outros (THOMAS, 1991).

Desta forma, os corredores ecológicos em termos de ecologia e conservação das populações apontam para a necessidade de sua preservação e restauração, reconectando diferentes ambientes e fragmentos florestais, minimizando o isolamento

causado pela fragmentação, aumentando a cobertura vegetal e garantindo a conservação dos recursos naturais e da biodiversidade de ecossistemas considerados prioritários (LOUZADA, *et al.*, 2010).

Assim, este capítulo, tem como objetivo principal propor uma rede de corredores ecológicos entre as unidades de conservação estaduais APA do Cariri, APA das Onças e RPPN Fazenda Almas, que estão presentes na bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba.

Os objetivos específicos são o mapeamento das áreas de preservação permanente e reservas legais, e por meio destes indicar as áreas prioritárias para recuperação para que possam ser indicados os locais que apresentam bom estado de conservação e aqueles que necessitam de ações de recuperação.

## 5.2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 5.2.1 FRAGMENTAÇÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA

A intensificação das práticas de exploração dos recursos vem causando os mais variados danos ambientais. Esse processo de modificação da paisagem contribuiu para descaracterização do bioma natural, surgindo fragmentos de remanescente de vegetação nativa ilhados pelos demais usos do solo (REIS, 2016).

Desde o período de colonização do Brasil, as atividades socioeconômicas têm como alicerce a ocupação de áreas de florestas, sendo iniciado o processo de degradação florestal com a extração de madeiras para o comércio ou para uso na estruturação das vilas e ocupação da então colônia. Posteriormente, a produção de cana-de-açúcar, a busca por ouro, o cultivo do café e as atividades pecuárias contribuíram para a fragmentação florestal do país (RAMBALDI, 2003).

Viana (1990) define fragmento florestal como uma área de vegetação natural contínua dividida em partes, em razão da presença de barreiras antrópicas (cidades, estradas, campos agrícolas, etc.) ou naturais (montanhas, lagos, etc.).

A fragmentação é a separação artificial do hábitat em fragmentos espacialmente isolados e envolvidos por uma matriz altamente modificada ou degradada, que pode ser constituída por diferentes tipos de uso do solo de origem antrópica, ou seja, resultado de um histórico de perturbação, nas quais interagiram, ao longo do tempo, inúmeros fatores (ARAGAKI, 1997 e ISHIHATA, 1999).

A fragmentação florestal causada pelas ações antrópicas caracteriza-se por ocorrer em grandes áreas em uma pequena escala de tempo, fragilizando a estabilidade dos ecossistemas com a conversão de florestas motivada pela expansão acelerada da urbanização e da fronteira agropecuária (RAMBALDI, 2003).

Os habitats fragmentados não foram produzidos apenas pela ação humana, deve-se ressaltar a existência de fragmentos produzidos por vários processos naturais, como as flutuações climáticas, que podem causar expansão ou retração de determinados tipos de vegetação; a heterogeneidade de solos, com certos tipos de vegetação restritos a tipos específicos de solos como, por exemplo, as matas calcárias; a topografia, que pode formar ilhas de tipos específicos de vegetação em locais elevados, como os brejos de altitude no nordeste do Brasil; os processos de sedimentação e hidrodinâmica em rios e no mar; e os processos hidrogeológicos que produzem áreas temporariamente ou permanentemente alagadas, onde ocorrem tipos particulares de vegetação (RAMBALDI, 2003).

A paisagem fragmentada contribui para a destruição de habitats naturais, ameaçando a sobrevivência das espécies e o equilíbrio ecológico. Outra consequência é a redução da resiliência desses ambientes às mudanças climáticas globais, que já mostram seus efeitos sobre a disponibilidade hídrica.

Segundo Ricklefs (1996) e Collinge (1998), os fragmentos florestais menores e mais isolados sofrem mais com as consequências da fragmentação, tais como efeito de borda, invasão de espécies exóticas, caça, queimada, homogeneidade de habitat, aumento de interferência antrópica, e mudança de efeitos estruturais como aumento da temperatura, da claridade e da velocidade do vento e diminuição da umidade. Por todos esses fatores, eles tendem a ser pobres em diversidade, fato que contribui para a extinção das populações de fauna e flora, uma vez que, quanto maior o fragmento, a riqueza de espécies e a complexidade das relações inter e intra específicas aumentam.

Para Forman (1995) os grandes fragmentos têm enorme importância na preservação da biodiversidade e dos processos ecológicos em larga escala. Não diferente disso, os remanescentes menores cumprem funções extremamente relevantes ao longo da paisagem, como o seu papel de elemento de ligação entre grandes áreas, de auxiliar no aumento do nível de heterogeneidade da matriz de habitat e de refúgio para espécies que requerem ambientes particulares.

As pesquisas referentes a fragmentação e suas consequências, demonstram que as áreas protegidas isoladas tendem a perder espécies e os serviços ecológicos reduziram-se em quantidade e qualidade, afetando o regime hidrológico, a polinização e a dispersão de sementes das árvores. Além disso, vale ressaltar que populações isoladas são mais vulneráveis a eventos demográficos e ambientais aleatórios, tornando-as mais susceptíveis à extinção local, regional ou mesmo à extinção completa (MEFFE, 1997).

A alteração da paisagem tem relação direta com o desmatamento da vegetação nativa e suas consequências, dentre essas, a fragmentação de habitats, que se caracteriza pela ruptura de uma unidade contínua, é a ameaça mais séria à diversidade biológica, sendo responsável pelo desaparecimento de diversas espécies, uma vez que causa danos irreversíveis, como a diminuição do fluxo gênico, causada pelo impedimento da dispersão de pólen, esporos, sementes e de animais, além da redução da escala de recursos disponíveis (TABARELLI *et al.*, 1998).

A ausência de zonas de contato físico entre fragmentos não significa que determinado conjunto de remanescentes seja intangível a determinadas transferências de serviços ecossistêmicos. A distância e o isolamento entre os fragmentos, são responsáveis pelo grau de conectividade entre os fragmentos e o habitat contínuo. Um conjunto de pequenos fragmentos isolados, porém próximos, pode efetivamente proporcionar vias de acesso (AYRES, 2005).

As atividades realizadas de forma insustentável estão fragilizando os ecossistemas de todos os biomas brasileiros por meio da fragmentação da vegetação, que é uma das mais importantes e difundidas consequências da atual dinâmica de uso e ocupação do solo. Perdas significativas vêm ocorrendo, pois a fauna e flora presentes em fragmentos pequenos e isolados, têm menores taxas de migração e dispersão, e com o tempo sofrem problemas de troca gênica e declínio populacional (SILVA, 2014).

Na Caatinga esta problemática vem ocorrendo em razão do modo de consumo extensivo dos recursos naturais e do desenvolvimento em que se encontra a região semiárida nordestina, com o surgimento de grandes obras, como a Transposição do rio São Francisco e a ferrovia Transnordestina. Fatores que contribuem ainda mais para o aumento da fragmentação e do desmatamento. Segundo o MMA (2010), a Caatinga até então já havia perdido 45,39% de sua

cobertura vegetal original, ou seja, 375.116 km<sup>2</sup>, favorecendo outros processos de degradação do bioma, como a desertificação e o déficit hídrico.

### 5.2.2 EFEITO DE BORDA

Efeito de borda é definido como uma alteração na composição e na abundância de espécies na parte marginal de um fragmento florestal. É uma das consequências causadas pela fragmentação, podendo acarretar uma série de distúrbios ecológicos, como aumento da temperatura e diminuição da umidade. Tal como o efeito da distância entre os fragmentos, ou o grau de isolamento; o tamanho e a forma do fragmento; e o tipo de matriz circundante, todos causam problemas que afetam direta e indiretamente os fragmentos (FORMAN e GODRON, 1986).

As bordas de um fragmento florestal normalmente se apresentam como uma zona empobrecida ecologicamente, tornando-a mais vulnerável à destruição, pois sofrem naturalmente efeitos de borda causados pelo excesso de luz solar e pela ação do vento na sua faixa externa. Porém, as principais perturbações são geradas pelos diversos usos da terra, cenário esse que o homem atua como espécie importante e agravante desse fenômeno, pois normalmente apresenta métodos insustentáveis, sendo responsáveis pela intensificação dos efeitos de borda, tornando as unidades vulneráveis e cada vez mais isoladas, sem integração com o entorno (SANTOS, 2007).

O efeito de borda é um agente causador de impacto nos fragmentos florestais, por causar modificações nos parâmetros físicos, químicos e biológicos observados na área de contato do fragmento com a matriz circundante. A vegetação da borda usualmente apresenta menor diversidade, menor porte, menor permeabilidade, menor diâmetro médio das espécies arbóreas, maior espaçamento entre os indivíduos de maior diâmetro, além de se tornarem mais frequentes as espécies heliófitas (ZAÚ, 1998). A produção de serrapilheira, reflexo da produção de biomassa, também é menor na borda do que no interior dos fragmentos (VIDAL *et al.* 2007).

Entre outras consequências dos efeitos de borda nas florestas tropicais, ocorre o aumento de espécies vegetais generalistas, uma vez que essas espécies possuem excelente habilidade de dispersão e são capazes de invadir e colonizar habitats em distúrbio, sendo atraídas para a borda e podendo até penetrar no núcleo dos fragmentos (LAURENCE, 1991).

Segundo Forman (2006) o efeito de borda nos fragmentos de cobertura vegetal em contato com a agricultura são áreas fronteiriças para as pragas e produtos agrícolas. Os processos de erosão também são mais ativos, a entrada de luz nas bordas dos fragmentos altera a composição florística e faunística deste habitat, etc.

Em outro estudo, Kapos (1989) afirma que os efeitos de borda aumentam a temperatura do ar e o déficit da pressão do vapor estende-se a cerca de 60 metros dentro de fragmentos de 100 hectares. Já Lovejoy *et al.* (1997) observaram que alguns pássaros permanecem pelo menos 50 metros longe das bordas dos fragmentos florestais na Amazônia.

### 5.2.3 CORREDORES ECOLÓGICOS

As áreas protegidas e, especialmente as UC's, quando isoladas, planejadas em si mesmo, ficam vulneráveis às pressões exercidas pelas atividades presentes em seu entorno, especialmente aquelas insustentáveis. Vislumbrando a possibilidade de conexão entre fragmentos, devem ser observados aspectos como, efeitos de borda, dinâmica de populações florísticas e faunísticas, insularidade e, ainda, tamanho e desenho do local (FREITAS, 2009).

A conectividade entre fragmentos de vegetação nativa é a capacidade da paisagem de estimular ou inibir o movimento dos organismos entre manchas, é a chave para efetivar as ações de conservação, pois visa a manutenção e a ampliação dessas áreas, uma vez que ela é absolutamente crucial, especialmente quando fala-se a respeito de espécies que não possuem espaços suficientes para manter a população viável (TAYLOR *et al.*, 1993).

A conectividade é o principal atributo e estratégia na construção de corredores entre remanescentes de vegetação e áreas protegidas, bem como a conservação de fragmentos, pois focaliza no uso e ocupação do solo dos espaços entre as áreas protegidas, visando em síntese, a manutenção da cobertura florestal natural. Sendo, portanto, uma propriedade vital para a sobrevivência das comunidades em um ambiente fragmentado (METZGER, 2001).

Para amenizar os problemas acarretados pelo fracionamento dos remanescentes de vegetação nativa, a construção de corredores ecológicos tem como meta propiciar uma proteção efetiva da natureza, reduzindo ou prevenindo a fragmentação das florestas existentes por meio da interligação entre diferentes

modalidades de áreas protegidas e outros espaços com diferentes usos do solo, proporcionando vias de intercâmbio e facilitando os fluxos biológicos de movimento dos indivíduos pertencentes a populações isoladas (RICARDO E LIMA, 2007).

Na construção de corredores ecológicos, a criação de áreas protegidas públicas em áreas-chave na região do corredor, na implementação das áreas protegidas já existentes e no manejo de áreas localizadas entre as áreas protegidas, qualifica e valoriza a relação dessas áreas com outras áreas contíguas que contêm ou preveem o papel de setores produtivos como agropecuária, transportes, energia, indústria, entre outros, fazendo parte das estratégias utilizadas para a formação desses corredores da biodiversidade, que se tornam elemento de desenvolvimento territorial sustentável (LEDERMAN, 2007).

Para Ayres (1997), corredores ecológicos são entendidos como unidades de planejamento, que compreendem uma rede de parques, reservas e outras áreas de uso menos intensivo, que são gerenciadas de maneira integrada para garantir a sobrevivência do maior número possível de espécies de uma região, permitindo que as necessidades da biodiversidade sejam examinadas em maior escala e que sejam desenvolvidas estratégias conjuntas para as áreas protegidas e as não protegidas.

"Um corredor ecológico é um conjunto de ecossistemas que compõe uma eco/biorregião, conectando populações biológicas e áreas protegidas, interpretado como unidade de planejamento" (IBAMA, 1998).

A Lei n. 9.985/00 (SNUC) entende que os corredores ecológicos interligam as UC's e ajudam no processo de preservação da biodiversidade e define-os assim:

São porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam, para sua sobrevivência, áreas com extensão maior do que aquelas das unidades individuais.

No Art. 25 da lei 9.985/2000, todas as UC's, exceto APA e RPPN, devem possuir uma zona de amortecimento e, quando conveniente, corredores ecológicos, com ambos possuindo o mesmo tratamento.

A CONAMA 09/96 define corredores ecológicos como sendo "faixa de cobertura vegetal existente entre remanescentes de vegetação primária em estágio

médio e avançado de regeneração, capaz de propiciar habitat ou servir de área de trânsito para a fauna residente nos remanescentes.”

Lederman (2007) listou os principais benefícios da formação de corredores ecológicos, como a contribuição na efetiva conservação da diversidade biológica; redução da fragmentação e manutenção da cobertura vegetal para a conectividade da paisagem; introdução de estratégias mais adequadas de uso da terra; conservação ambiental por meio de planejamento e ação participativa e descentralizada; promoção de mudança de comportamento dos atores sociais implicados; criação de oportunidades de negócios e de incentivo a atividades que promovem a conservação dos atributos naturais.

Os corredores são ambientes conectados, tanto de forma natural ou por planejamento, a duas ou mais manchas de paisagem de habitat similar. Sua gestão visa conservar a biodiversidade, promover o uso sustentável dos recursos naturais e a distribuição equitativa das riquezas, sendo uma das principais estratégias utilizadas para evitar os prejuízos ecológicos proporcionados pela degradação ambiental e pelo processo de isolamento das unidades de conservação em meio à expansão das áreas rurais e urbanas.

Em estudo realizado pelo ICMBio (2011), no Projeto Corredor Ecológico Região do Jalapão, foram observadas algumas estratégias a serem adotadas para que se obtenham resultados positivos após implementação de um instrumento de tamanha importância, conforme observa-se a seguir:

- Elaboração de plano estratégico pactuado entre a União, Estados e Municípios para permitir que os órgãos governamentais responsáveis pela preservação do meio ambiente e outras instituições parceiras possam atuar em conjunto;
- Elaborar estudos, prestar suporte aos proprietários rurais e aos representantes de comunidades quanto ao planejamento e o melhor uso do solo e dos recursos naturais;
- Auxiliar no processo de averbação e ordenamento das reservas legais;
- Apoiar a recuperação das áreas de preservação permanente;
- Criação de novas unidades de conservação, entre outros.

### 5.2.3.1 Experiências internacionais com corredores ecológicos

O valor dos corredores ecológicos pode ser avaliado pelas funções que estes apresentam na paisagem, tendo como um de seus objetivos a geração de cenários alternativos para a manutenção ou o incremento do grau de conectividade. São planejados em escala regional, podendo se estender por centenas de quilômetros para incluir áreas protegidas, habitats naturais remanescentes e suas comunidades ecológicas. Essas características são comuns nos estudos realizados em vários países, como por exemplo a Nova Zelândia, que já no início da década de 1990 publicava as suas avaliações sobre os resultados e a relevância dessas iniciativas em seu território.

Segundo a *Agence Panafricaine de la Grande Muraille Verte* (APGMV, 2010), no continente africano se destaca a iniciativa denominada de Grande Muralha Verde (Figura 19), que objetiva buscar a regeneração dos recursos naturais, dos recursos hídricos, apoiar a gestão sustentável e reabilitação de florestas e pastagens em zonas áridas, além da criação de empregos e novas oportunidades econômicas, especialmente para mulheres e jovens nas áreas rurais. A implementação deste corredor pode desempenhar um papel fundamental no futuro do continente africano, já que está localizado em um dos lugares mais secos e mais vulneráveis do planeta, onde alimentos, água e oportunidades econômicas são muitas vezes escassos.



Figura 19: Grande Muralha Verde da África.

Fonte: *Agence Panafricaine de la Grande Muraille Verte* (2010)

A Grande Muralha Verde é, assim, constituída por um mosaico de projetos implementados pelos países da região. Mais do que uma iniciativa de recuperação de terrenos degradados, é também um poderoso veículo para a criação de empregos e oportunidades econômicas para a população local para preservar seu modo de vida a longo prazo e chamar a ambos os benefícios ambientais e econômicos (FAO, 2015).

Cobre uma área de 7.775 km de comprimento e 15 km de largura, entre o Senegal e Djibouti, totalizando 14 países participantes (Argélia, Egito, Líbia, Tunísia, Burkina Faso, Djibuti, Egito, Etiópia, Mali, Mauritânia, Níger, Nigéria, Senegal, Sudão e Chade).

Outro modelo desenvolvido trata-se do Corredor Biológico Mesoamericano, apontado pelos estudiosos do assunto como a “ponte” que permite a conexão da vida selvagem entre as porções Norte e Sul do continente americano. Ainda não se desenvolveu por completo, pois ainda não conseguiu a integração de todas as áreas protegidas necessárias. Inicialmente batizado de *Paseo Pantera*, esse corredor foi criado com o objetivo de restabelecer a conectividade entre as áreas protegidas na América Central. A versão atual deste corredor inicia nos estados mais ao sul do México até a ligação com a América do Sul, já no Panamá (Figura 20).



Figura 20: Corredor Ecológico Mesoamericano.  
Fonte: Instituto de Estudos Avançados - USP (2010)

A questão da conectividade entre ambientes naturais é tão importante que outros estudos e iniciativas surgiram no continente americano, paralelos ao Corredor Mesoamericano, dentre esses projetos está o *Jaguar Corridor Initiative*, que busca a

preservação da integridade genética dos felinos selvagens no território compreendido entre o México e a Argentina (ZELLER, 2013).

Especialmente na América do Sul, outros dois exemplos merecem destaque, sendo um na Colômbia, onde se desenvolve um estudo sobre o corredor ecológico e cultural conhecido como “*Camiño de las Anacondas*”, o outro está na região fronteira entre Brasil e Argentina, denominado de Corredor Binacional do Parque Nacional do Iguaçu e Parque Nacional do Iguazu, que planeja a conectividade entre essas duas áreas protegidas, que também são reconhecidas pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) e chanceladas como Reservas da Biosfera (MMA, 2016).

Outro projeto de dimensões continentais está em andamento na Europa, a iniciativa *Pan-European Green Corridor Network* (PEGnet) visa criar um vasto corredor ecológico ininterrupto que conecta paisagens naturais da costa do Atlântico ao Mar Negro e do Círculo Polar Ártico ao Mediterrâneo. Essa iniciativa será implementada em várias fases, como a ligação das montanhas de Portugal, das montanhas da Cantábria, dos Pirinéus e do Maciço Central aos Alpes e, eventualmente, aos Cárpatos e aos Balcãs, onde são permitidos processos ecológicos naturais na criação de uma paisagem rica em biodiversidade em benefício da natureza e da humanidade (EUROPEAN WILDERNESS SOCIETY, 2014).

Segundo Liqueste (2015), a conectividade prevista para todo o continente almeja alcançar os seguintes objetivos: a ligação entre os ambientes montanhosos; restaurações de habitat com base na localização de lacunas na atual rede de áreas protegidas; a criação de corredores em ambientes ripários; a proteção de espécies singulares, em especial os grandes carnívoros; e por fim, comunicar os benefícios socioeconômicos do corredor verde, com especial atenção na preservação da natureza para as gerações futuras.

### 5.2.3.2 Corredores ecológicos no Brasil

A necessidade de proteção ou recuperação da conectividade das florestas tropicais brasileiras impulsionou por parte do MMA a criação da primeira versão da proposta para o Projeto Corredores Ecológicos (PCE) em 1997. O Brasil apresenta alguns projetos de implementação de corredores prioritários para a conservação de parques e reservas, com alguns aspectos essenciais comuns, como a interpretação

com base na ecologia de paisagem, o emprego do planejamento biorregional, e a gestão interinstitucional e participativa.

Não diferente de outras ações preservacionistas do poder público, inicialmente o Projeto dos Corredores Ecológicos incluía apenas o bioma Amazônia e mais tarde incorporou a Mata Atlântica de forma a buscar a proteção das florestas tropicais brasileiras. Na Tabela 7 são apresentados alguns dos projetos que foram ou estão sendo desenvolvidos no Brasil.

Tabela 7: Corredores Ecológicos no Brasil.

	<b>Nome do Corredor Ecológico</b>	<b>Bioma</b>	<b>Estado (s)/País (es)</b>	<b>Área (ha)</b>
1	Araguaia/Bananal	Amazônia/Cerrado	GO/TO/PA/MT	9.000.000
2	Central da Amazônia	Amazônia	AM/RR/PA	49.148.900
3	Ecótonos Sul-Amazônicos	Amazônia	RO/MT/PA/TO	46.258.700
4	Guaporé/Itenez-Mamoré	Amazônia	Brasil (RO)/Bolívia	23.821.800
5	Norte da Amazônia	Amazônia	AM/RR	21.000.000
6	Oeste da Amazônia	Amazônia	AC/AM/RO	27.242.700
7	Sul da Amazônia	Amazônia	AM/PA/TO/MA	31.646.600
8	Capivara-Confusões	Caatinga	PI	414.565
9	Caatinga	Caatinga	PE/BA/AL/SE/PI	-
10	Cerrado-Pantanal	Cerrado/Pantanal	GO/MS/MT	21.858.800
11	Jalapão	Cerrado	TO/MA/PI/BA	9.275.000
12	Paraná-Pireneus	Cerrado	GO/TO/DF	10.000.000
13	Paraná-Tocantins	Cerrado	GO/TO	5.000.000
14	Atlântico de Zimbros	Mata Atlântica	SC	77.400
15	Biodiversidade do Rio Paraná	Mata Atlântica	PR/MS/SP	2.548.000
16	Central da Mata Atlântica	Mata Atlântica	BA/ES	9.409.000
17	Chapecó	Mata Atlântica	SC	500.000
18	Costa Esmeralda	Mata Atlântica	SC	77.400
19	Quarta Colônia	Mata Atlântica	RS	-
20	Santa Maria	Mata Atlântica	PR	-
21	Serra do Mar	Mata Atlântica	MG/SP/RJ	6.924.100
22	Timbó	Mata Atlântica	SC	490.000

Fonte: MMA (2017).

Dos 22 corredores ecológicos registrados no território nacional, é observado a predominância dos mesmos nos biomas Amazônia e Mata Atlântica, com sete e

nove corredores, respectivamente. Os demais estão divididos entre os biomas Cerrado, Pantanal e Caatinga.

Dentro dessa perspectiva, corredores ecológicos não são unidades políticas ou administrativas, mas sim extensas áreas geográficas definidas a partir de critérios biológicos para fins de planejamento e conservação, onde se destacam ações coordenadas, com o objetivo de proteger a diversidade biológica na escala de biomas. São implementados com a função de mudar fundamentalmente o papel ecológico das áreas protegidas e ajudando na conexão entre elas dentro do corredor e na redução da pressão sobre o entorno das mesmas (AGUIAR *et al.*, 2005).

#### 5.2.4 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

As áreas de preservação permanente são uma das cinco categorias de áreas protegidas no Brasil e que segundo a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, Art. 3º, inciso III, têm o objetivo de conservar a biodiversidade, abrigar e proteger a fauna silvestre e a flora nativa, buscando assegurar o bem-estar das populações humanas.

Pelo Código Florestal de 1934, Art. 4º, o que são hoje as atuais APP's, eram consideradas como "florestas protetoras" e de acordo com a sua localização, serviam para conservar o regime das águas, evitar erosão, garantir a salubridade pública, dentre outras (BRASIL, 1934). O Código Florestal de 1965 estabeleceu novos limites para uso das "florestas protetoras" e as definiu como Áreas de Preservação Permanente, nas margens de rios, encostas, topos de morros, mangues e restingas.

A Lei 12.651/2012 classifica onze tipos de APP's, elas ocorrem ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água; ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água; nas nascentes e olhos d'água; no topo de morros, montes, montanhas e serras; nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive; nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues; os manguezais, em toda a sua extensão; nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100m em projeções horizontais; em altitude superior a 1800m, qualquer que seja a vegetação; e em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

As APP's estão submetidas a grandes extensões de degradação devido a intensificação da pressão antrópica, assim, observa-se um processo de substituição

das paisagens naturais por outros tipos de uso e ocupação do solo, além da conversão das áreas com cobertura florestal em fragmentos florestais, causando problemas ambientais e em muitos casos, afetando a disponibilidade de recursos naturais (ARES, 2006).

A restrição hídrica no ambiente, com escassez periódica de água, torna essencial a proteção de áreas naturais, principalmente daquelas localizadas em APP's que incluem matas ciliares, topos de morro e encostas de serras e áreas de nascentes nas quais a manutenção da cobertura florestal e dos serviços ambientais associados representam importante fator na manutenção do ciclo hidrológico e da qualidade de vida das populações humanas e de fauna e flora (ARAÚJO *et al.*, 2005).

As áreas de preservação permanente são tratadas no planejamento da paisagem e no âmbito da abordagem ecossistêmica, com uma função estratégica de conectividade entre fragmentos naturais e as próprias áreas protegidas, pois elas estão ligadas diretamente às funções ambientais, por meio do fornecimento de bens e serviços fundamentais como a regularização da vazão, retenção de sedimentos, conservação do solo, recarga do lençol freático, ecoturismo, biodiversidade, dentre outros (BORGES *et al.*, 2011).

As APP's, além de preservar a vegetação e a biodiversidade, possui uma função ambiental muito mais abrangente, voltada em última instância a proteger espaços de relevante importância para a conservação da qualidade ambiental como a estabilidade geológica e a proteção do solo. É de fundamental importância na gestão de bacias hidrográficas, pois contribuem para a estabilidade dos ciclos hidrológicos e biogeoquímicos visando a dar condições de sustentabilidade à agricultura e assim assegurar o bem-estar das populações humanas (SILVA, 2011).

O Código Florestal prevê faixas e parâmetros diferenciados para as distintas tipologias de APP's, de acordo com a característica de cada área a ser protegida. Quando ocorrem intervenções na APP para abertura de novas áreas agrícolas, no futuro, a reposição de água nos aquíferos, a qualidade de água superficial e subterrânea e a produção de alimentos serão comprometidas, ocorrerá perda de solo, ameaças à saúde humana e degradação dos mananciais (TUNDISI & TUNDISI, 2010).

As APP's, juntamente com outras áreas protegidas, através de sua cobertura vegetal exercem um efeito tampão reduzindo a drenagem e carreamento de substâncias e elementos para os corpos d'água. Garantem harmonia e equilíbrio à

paisagem, permitindo a formação de corredores de vegetação entre remanescentes de vegetação nativa (Art. 2º e 26 da Lei Federal no 9.985/2000).

#### 5.2.5 RESERVA LEGAL

Embora o novo Código Florestal Brasileiro flexibilize diversos dispositivos, as APP's e a reserva legal continuam sendo os principais instrumentos para a conservação de atributos ambientais no país, mantendo corredores florestais e protegendo os cursos de água, mas não são valorizadas por muitos como importantes na conservação da biodiversidade (MARQUES E RANIERI, 2012).

A reserva legal está inserida no interior da propriedade rural, apesar da importância no uso sustentável dos recursos naturais, na conservação e reabilitação dos processos ecológicos, na conservação da biodiversidade e no abrigo e proteção de fauna e flora nativas, a maioria das propriedades rurais brasileiras acumulam um grande passivo em relação às florestas nativas, caracterizando um amplo desrespeito as normas ambientais do país (BACHA, 2005).

O Código Florestal Brasileiro, lei nº 12.651/2012, define reserva legal em seu Art. 3º da seguinte maneira:

Área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do Art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa.

As áreas de reserva legal, espaços ambientais também instituídos pelo Código Florestal, constituem percentuais de qualquer propriedade rural, pública ou privada, cuja localização deve ser aprovada pelo órgão ambiental, obedecendo os seguintes estudos e critérios: o plano de bacia hidrográfica; o zoneamento ecológico-econômico; a formação de corredores ecológicos com outra reserva legal, com APP, UC ou com outra área legalmente protegida; as áreas de maior importância para a conservação da biodiversidade; e as áreas de maior fragilidade ambiental.

Apesar da utilização do termo “uso sustentável” e mesmo existindo a possibilidade da prática de atividades agrossilvopastoris em áreas de reserva legal, nota-se que a principal função desse instrumento está relacionado diretamente com a

conservação dos ecossistemas naturais, mesmo não sendo aplicadas as restrições impostas às APP's e nem tampouco às unidades de conservação de proteção integral (RANIERI, 2004).

As Reservas Legais possuem o objetivo de proteger a vegetação existente vedando a sua supressão, podendo ser utilizada apenas sob regime de manejo florestal sustentável. Juntamente com as áreas de preservação permanente e as unidades de conservação, são as áreas protegidas de maior importância. A fiscalização sobre elas é indispensável, pois em muitos casos esses locais representam os últimos refúgios para a fauna. Um certo nível de proteção é necessário para que tais áreas cumpram o objetivo a que se destinam.

### 5.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 5.3.1 PROPOSTA DE CRIAÇÃO DE CORREDORES ECOLÓGICOS

As metodologias para a construção de corredores ecológicos no Brasil, priorizam a economia, ou seja, a viabilidade do uso da terra frente aos interesses econômicos, ao invés de considerar como essencial a necessidade de proteção da biodiversidade (REIS, 2016). Os procedimentos metodológicos utilizados nesse capítulo têm como objetivo modelar corredores que tenham prioridade para a conservação da biodiversidade da área de estudo.

Segundo o SNUC, corredor ecológico é um instrumento de planejamento para o ordenamento territorial, legalmente definido com o objetivo de garantir a manutenção dos processos ecológicos nas áreas de conexão entre as unidades de conservação, sejam elas federais, estaduais ou municipais, sendo gerenciadas de forma integrada com terras indígenas e áreas de interstício.

Para que um corredor ecológico seja delimitado, são realizados estudos científicos de representatividade dos biomas e ecossistemas em relação às unidades de conservação e aos tipos de vegetação existentes. O corredor pode sofrer nova delimitação, através da avaliação de sua função e importância, a partir de novos estudos científicos (GALINKIN, 2003).

A presente metodologia tem como alicerce o geoprocessamento e o uso de suas ferramentas, que já se mostraram eficientes em outros estudos, como na modelação de corredores ecológicos para lobos no Norte de Portugal através do uso

do QGIS e GRASS (ALMEIDA, 2012); ou no estudo realizado por Martins *et al.* (1998), que delimitou corredores ecológicos por meio do uso de SIG, utilizando como atributos, declividade, altitude, uso da terra e hidrografia. Por fim, Louzada *et al.* (2010), elaboraram o livro *Delimitação de Corredores Ecológicos no ArcGis 9.3*, no qual os Parques Estaduais Pedra Azul e Forno Grande, ambos localizados no Espírito Santo, foram utilizados para ser realizada a construção de um corredor da biodiversidade, com uma metodologia que fez apenas uso do supracitado software.

Os corredores ecológicos que serão delimitados na área de estudo, irão interligar as três UC's presentes na região (APA do Cariri, APA das Onças e RPPN Fazenda Almas) compondo assim os resultados deste capítulo. Os corredores irão priorizar as áreas que já possuem fragmentos de remanescentes de vegetação nativa conservados, e também dará ênfase para as áreas protegidas que se encontram degradadas, para que a sugestão de corredor possa contribuir em um processo de recuperação ambiental. Essas áreas são denominadas de prioritárias para recuperação florestal e englobam as áreas protegidas que sofreram algum tipo de interferência antrópica. Na presente pesquisa as áreas prioritárias para recuperação serão representadas pelas APP's de rios e de topo de morro e pelas RL's que tenham ausência de vegetação nativa.

Os atributos utilizados na construção dos corredores envolvem dados referentes a hidrografia e suas APP's, remanescentes de vegetação nativa, APP de topo de morro, RL's e as áreas prioritárias para conservação da Caatinga. As áreas de preservação permanente devem estar em contiguidade com as reservas legais, para facilitar a implementação dos corredores. Esses dois atributos são observados com maior atenção no MMA e no Serviço Florestal Brasileiro através do Cadastro Ambiental Rural.

Para se chegar aos resultados deste capítulo, foi utilizado unicamente o software ArcGis, em sua versão 10.5, com o auxílio da extensão *Corridor Design*, que ajuda na identificação de áreas propícias e na construção dos corredores ecológicos.

### 5.3.2 CORRIDOR DESIGN

O *Corridor Designer* inclui procedimentos que permitem desenvolver uma ligação que proporcionará conectividade da vida selvagem entre fragmentos. As ferramentas de avaliação permitem que desenvolvedores, grupos de conservação e

agências de planejamento criem um corredor alternativo, selecionando pacotes de interesse ou apontando para qualquer polígono.

Através dessa ferramenta pode-se obter uma lista das distâncias entre fragmentos; gráficos representando a estreiteza e o comprimento dos gargalos em cada corredor; estatísticas descritivas para qualquer atributo raster ou vetor de um corredor (BEIER *et al.*, 2007).

*Corridor Designer* é uma extensão de grande potencial que pode ser incorporada ao ArcGIS, permitindo gerar um modelo de aptidão territorial através de arquivos raster de variáveis ambientais.

No uso dessa extensão, deve-se introduzir os dados cartográficos disponíveis na ferramenta “*Create habitat suitability model*” para realizar a análise (Figura 21), certificando-se de que estão sendo usados intervalos de aptidão coerentes e pesos de variáveis apropriadas de acordo com a importância de cada uma delas.

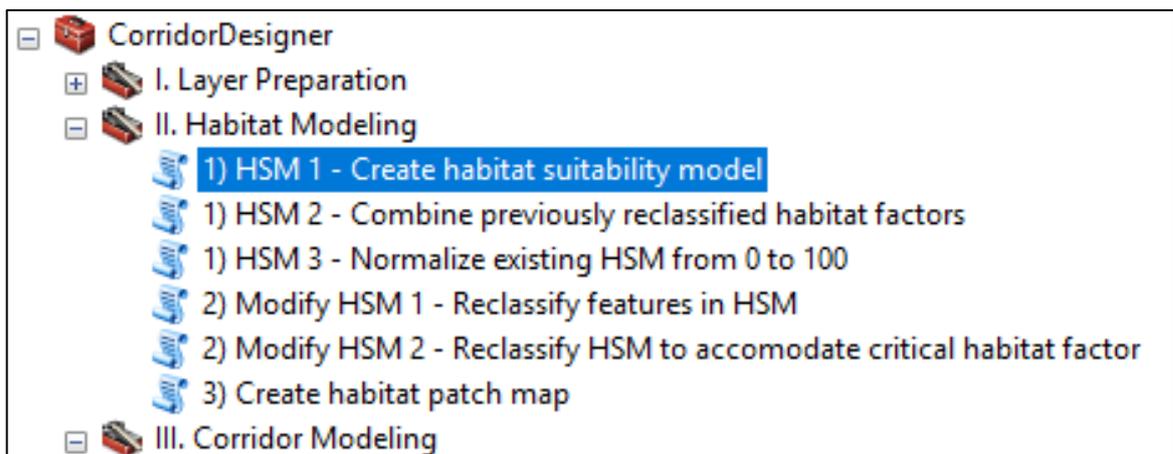


Figura 21: Ferramenta *Create habitat suitability model*.

Para a construção dos corredores as variáveis ambientais usadas serão a rede hidrográfica, os fragmentos de vegetação, as APP's de topo de morro e as reservas legal. Ressalta-se que nessa etapa da pesquisa foi necessário considerar os parâmetros dispostos na Lei Federal nº 12.651/2012, no que se refere a delimitação das APPs em topos de morro, ou seja, a altura da elevação (topo) em relação à base (definida pelo ponto de cela) e a declividade média do morro, onde a altura deve ser superior a 100,0 metros e a declividade média deve ser superior a 25° (graus). Para essa delimitação foi utilizada a metodologia desenvolvida por Oliveira e Fernandes Filho (2013). O dado topográfico utilizado na implantação da metodologia científica, advém do Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto Topodata (30 metros)

As variáveis ambientais são incluídas na ferramenta *Create habitat suitability model* em formato raster e recebem um fator de importância de acordo com sua relevância na construção do corredor. Observa-se na Figura 22 que as variáveis hidrografia, vegetação, topo de morro e reserva legal recebem respectivamente os pesos 40, 30, 15 e 15. Além disso são inseridos intervalos de valores das variáveis (arquivos TXT), fundamentais na modelagem do corredor. Os intervalos de valores usados para a hidrografia, vegetação, topo de morro e reserva legal, foram referentes a largura do rio, tamanho do fragmento, altitude e área, respectivamente.

Input habitat factor	Factor #1 reclass table	Factor #1 weight
C:\Users\MLFS01\Desktop\Dissertação\Geodados\CorredoresEcológicos\Corredor Conservação\Corredor_Consevacao.gdb\Hidrografia	C:\Users\MLFS01\Desktop\Dissertação\Geodados\CorredoresEcológicos\Corredor Conservação\Hidrografia.txt	40
C:\Users\MLFS01\Desktop\Dissertação\Geodados\CorredoresEcológicos\Corredor Conservação\Corredor_Consevacao.gdb\Vegetacao	C:\Users\MLFS01\Desktop\Dissertação\Geodados\CorredoresEcológicos\Corredor Conservação\Vegetacao.txt	30
C:\Users\MLFS01\Desktop\Dissertação\Geodados\CorredoresEcológicos\Corredor Conservação\Corredor_Consevacao.gdb\TopoMorro	C:\Users\MLFS01\Desktop\Dissertação\Geodados\CorredoresEcológicos\Corredor Conservação\Topomorro.txt	15
C:\Users\MLFS01\Desktop\Dissertação\Geodados\CorredoresEcológicos\Corredor Conservação\Corredor_Consevacao.gdb\ReservaLegal	C:\Users\MLFS01\Desktop\Dissertação\Geodados\CorredoresEcológicos\Corredor Conservação\ReservaLegal.txt	15

Figura 22: Atributos utilizados na ferramenta *Create habitat suitability model*.

Após esses procedimentos será gerado o mapa de aptidão territorial e o passo seguinte é realizar a conexão entre os espaços naturais escolhidos, essas duas informações são essenciais para o uso da ferramenta “*Create corridor model*” (Figuras 23 e 24), para que assim seja produzido o corredor ecológico proposto.

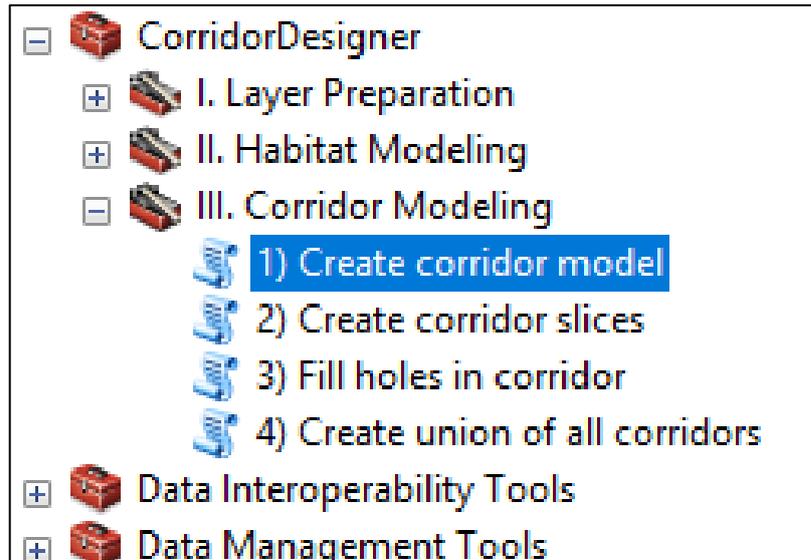


Figura 23: Ferramenta *Create corridor model*.

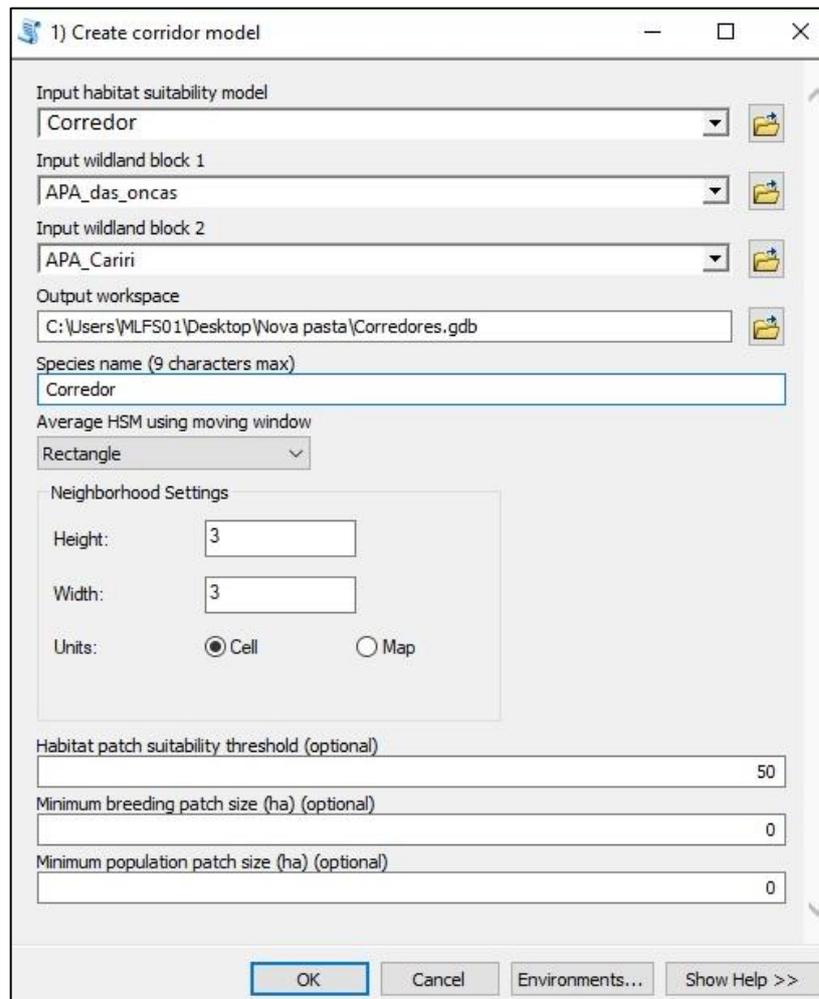


Figura 24: Execução da ferramenta *Create corridor model*.

## 5.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As pesquisas relacionadas à integração de áreas protegidas considerando os ambientes que as circundam são absolutamente cruciais, especialmente quando fala-se a respeito de espécies que não possuem espaços suficientes para manter a população viável. Essa integração é uma das principais estratégias para restabelecer fluxos genéticos que garantem a variabilidade e a sobrevivência de várias espécies hoje altamente ameaçadas (PLUMMER & MANN, 1995).

Para desenhar uma paisagem de corredores, é essencial ter em mente os elementos que serão utilizados na conectividade para interligar as UC's. Muitos são os elementos que podem servir como corredor e não são explícitos (cercas vivas, vegetação ao lado das rodovias, estradas, entre outros).

Como já frisado na seção 5.3.2, as variáveis ambientais usadas para atingir os objetivos desse capítulo são a rede hidrográfica, os fragmentos de vegetação nativa, reserva legal e APP de topo de morro. Na Figura 25 é apresentado o mapeamento desses elementos (exceto os fragmentos de vegetação nativa), com destaque para a hidrografia e suas matas ciliares, que além de serem áreas protegidas, possuem uma boa conectividade com diferentes locais não somente para os animais aquáticos, como também para os que buscam abrigos ou comida nesses habitats, tais como borboletas, pássaros, pequenos mamíferos e etc.

Para a construção desse mapa foram registrados 1.163 corpos hídricos e conseqüentemente suas APP's, que atingiram 458,74 km<sup>2</sup> (53,85 km<sup>2</sup> de leito dos rios e 404,89 km<sup>2</sup> de APP's). Já os dados de APP de topo de morro ocupam 2,01 km<sup>2</sup>, espalhados em 21 locais diferentes, como a serra da Engabelada e do Paulo nos municípios de Congo e São João do Tigre, respectivamente. Vale salientar que os topos de morros quando preservados ou recuperados, exercem o papel de retenção de água, com a conseqüente redução de escoamento laminar das águas da chuva, proteção contra a erosão pluvial e abrigo para as nascentes.

Os dados de reserva legal foram coletados em fevereiro de 2018 no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural, uma vez que os mesmos estão disponíveis para consulta pública. Na área de estudo foram registrados até a data citada 6.961 áreas de RL, que somam uma área total de 635,87 km<sup>2</sup>, cerca de 9,44% da bacia do alto curso.

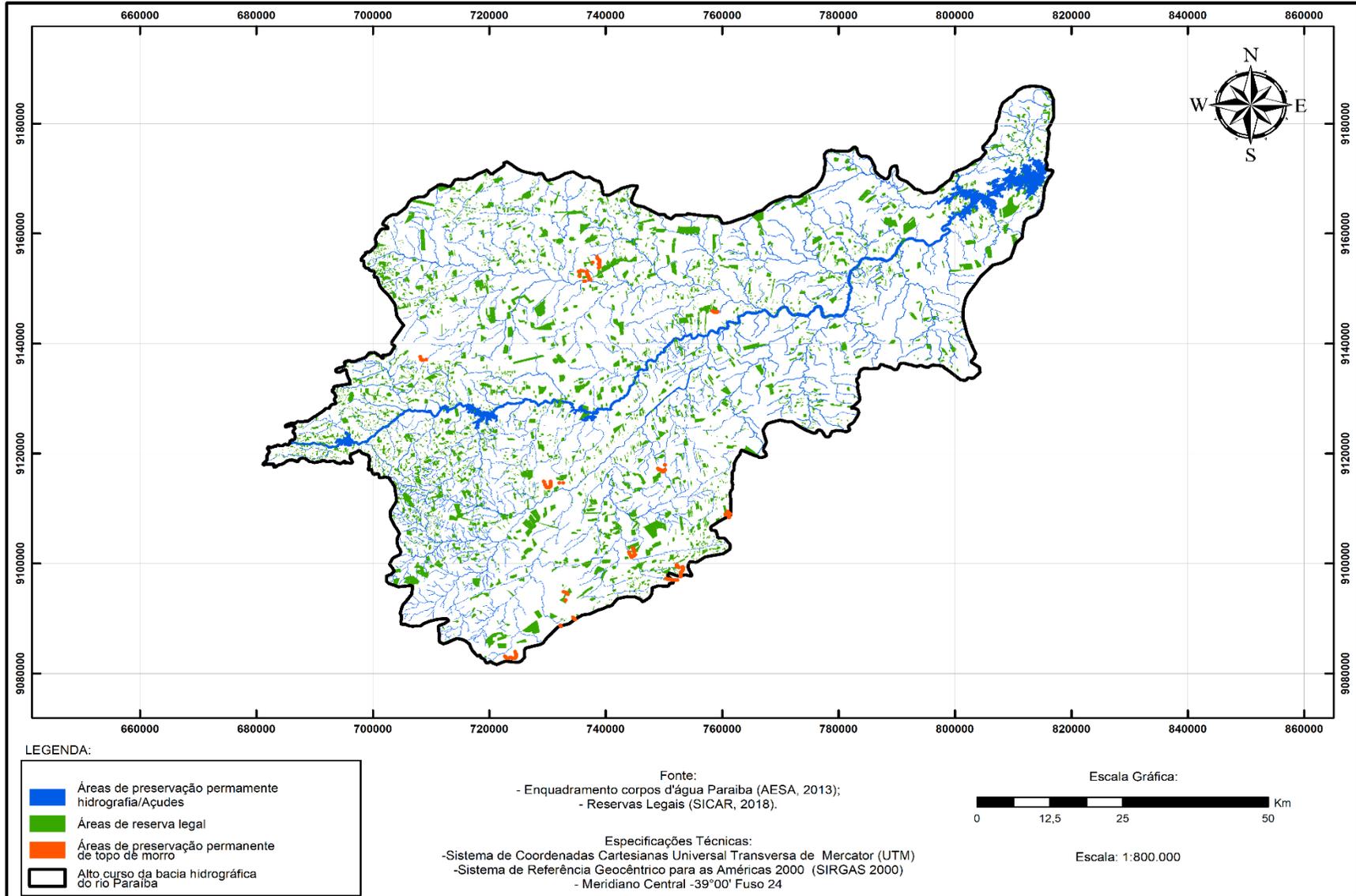


Figura 25: Mapeamento de APP de hidrografia, de topo de morro e reservas legais.  
Elaboração: Marcos Santos

As APP's de hidrografia, de topo de morro e as RL's, elementos explorados nessa pesquisa, são de extrema importância na região do alto curso do rio Paraíba, pois a vegetação nativa presente nessas áreas possui a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade e o fluxo gênico de flora e fauna. Na Figura 26 é apresentada a situação de duas RL's, localizadas nos municípios de Sumé e São João do Tigre, respectivamente.



Figura 26: Reserva legal em Sumé (09/09/2016) e Reserva Legal em São João do Tigre (01/08/2016).

A realidade nessa região não condiz exatamente com as determinações previstas nas legislações ambientais. O alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba possui um histórico de déficit hídrico e de longos períodos de estiagem, que aliados a ações antrópicas expõe a região a processos predatórios. No bioma Caatinga o retorno ao estado anterior, através da sucessão vegetal, pode não ocorrer ou ser extremamente lento, persistindo assim as condições propícias à degradação ambiental.

Para avaliar o nível de conservação e degradação das áreas de preservação permanente dos corpos hídricos, dos topos de morro e das reservas legais, foi realizado um cruzamento com o mapeamento do uso do solo apresentado na Figura 12 (seção 4.4.1), na qual foi utilizado o índice de vegetação SAVI para o ano de 2017, que constatou que apenas 29,64% da área de estudo possui cobertura de remanescente de vegetação nativa. O estudo realizado por Souza, Suertegaray e Lima (2011) afirma que nos anos de 2005 e 2006, 77,4% do Cariri paraibano sofria com algum nível de desertificação. Através dessas informações e dos dados gerados nesta pesquisa, na Figura 27 observa-se o mapeamento das áreas prioritárias para recuperação na área de estudo.

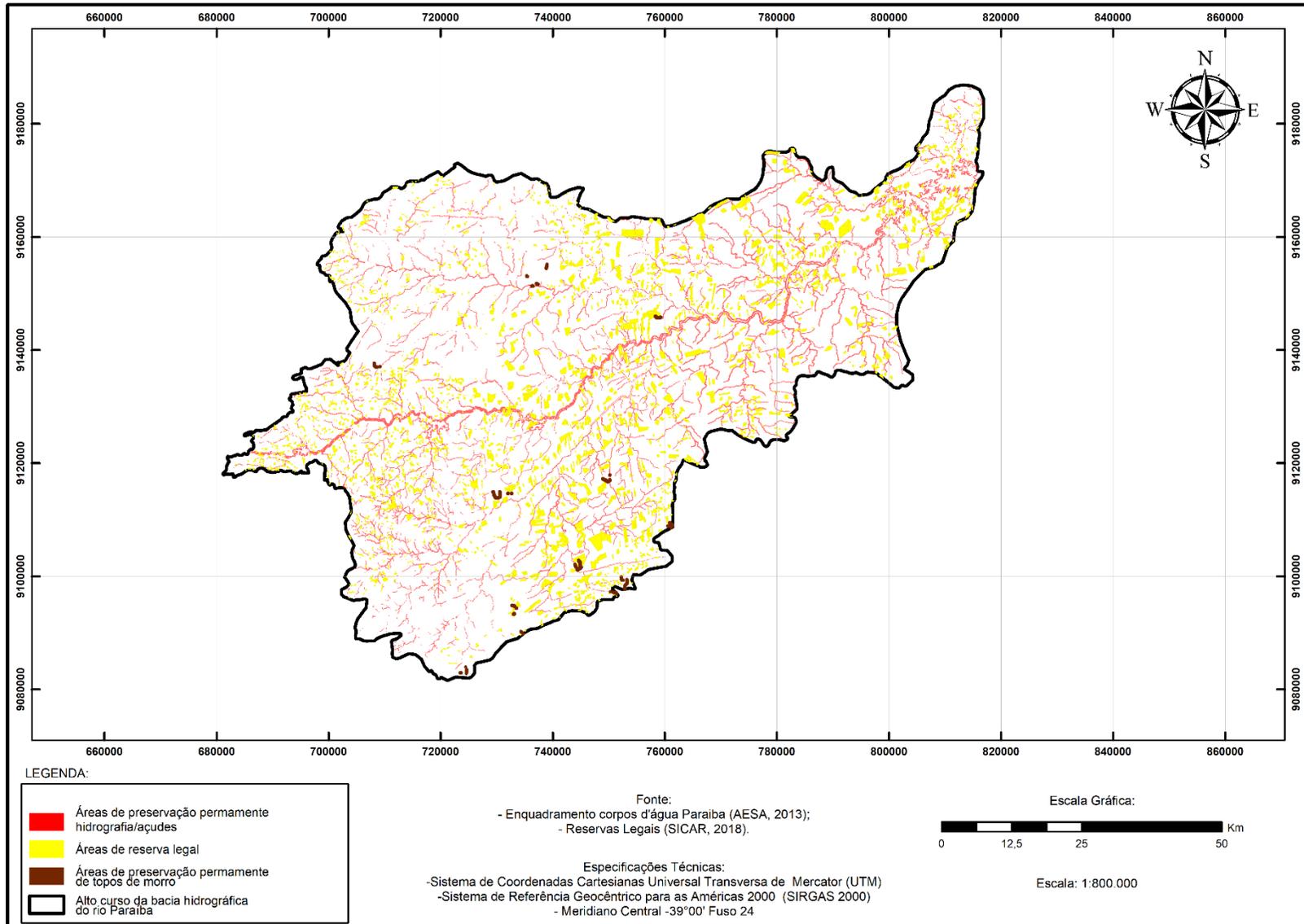


Figura 27: Áreas prioritárias para recuperação (APP's de hidrografia, de topo de morro e reservas legais degradadas).  
 Elaboração: Marcos Santos

Diante dessas informações e da ilustração na Figura 27, a Tabela 8 informa a situação da cobertura florestal no ano de 2017 nas variáveis utilizadas que contribuíram na construção dos corredores ecológicos.

Tabela 8: Situação das variáveis utilizadas

<b>Variáveis</b>	<b>Área preservada km<sup>2</sup> / %</b>	<b>Área degradada km<sup>2</sup> / %</b>
APP Hidrografia	100,13 / 24,74	304,76 / 75,26
Reserva Legal	296,26 / 46,59	339,61 / 53,41
APP Topo de Morro	0,96 / 47,76	1,05 / 52,24

#### 5.4.1 CORREDORES ECOLÓGICOS

A delimitação de corredores no Brasil tem sido definida por estudos científicos, sendo frequentemente reavaliada sua função e importância a partir de novos estudos. As diretrizes que definem os corredores estão embasadas em critérios científicos, ecológicos, sociais e culturais (MMA, 2016). Porém, a baixa demanda de pesquisas sobre fauna e flora no bioma Caatinga, especialmente na área de estudo dessa pesquisa, prioriza as ferramentas de geoprocessamento como principal instrumento de coleta de dados para a construção de corredores ecológicos.

Esta seção apresenta como resultado uma rede de corredores ecológicos tomando como atributos de conectividade o cruzamento de fragmentos de vegetação nativa, APP's de hidrografia e de topos de morro, além das áreas de reserva legal, que irão interligar três áreas ambientalmente protegidas (APA da Onças, APA do Cariri e RPPN Fazenda Almas), possibilitando o fluxo de indivíduos das diferentes espécies que compõem as comunidades florísticas e faunísticas, e diminuindo o impacto existente pelo contínuo e persistente processo de avanço da fronteira agrícola.

Dentre as normas para delimitação de corredores ecológicos, a largura do corredor é definida no Artigo 3º da Resolução CONAMA 09 de 1996, que estabeleceu que deverá ser de 10% do seu comprimento total, sendo que a largura mínima será de 100 metros. Para este trabalho a largura dos corredores será de 2% da extensão total do corredor.

A Figura 28 apresenta a rede de corredores formada entre as três unidades de conservação, enquanto as Figuras 29, 30 e 31, mostram individualmente cada segmento construído.

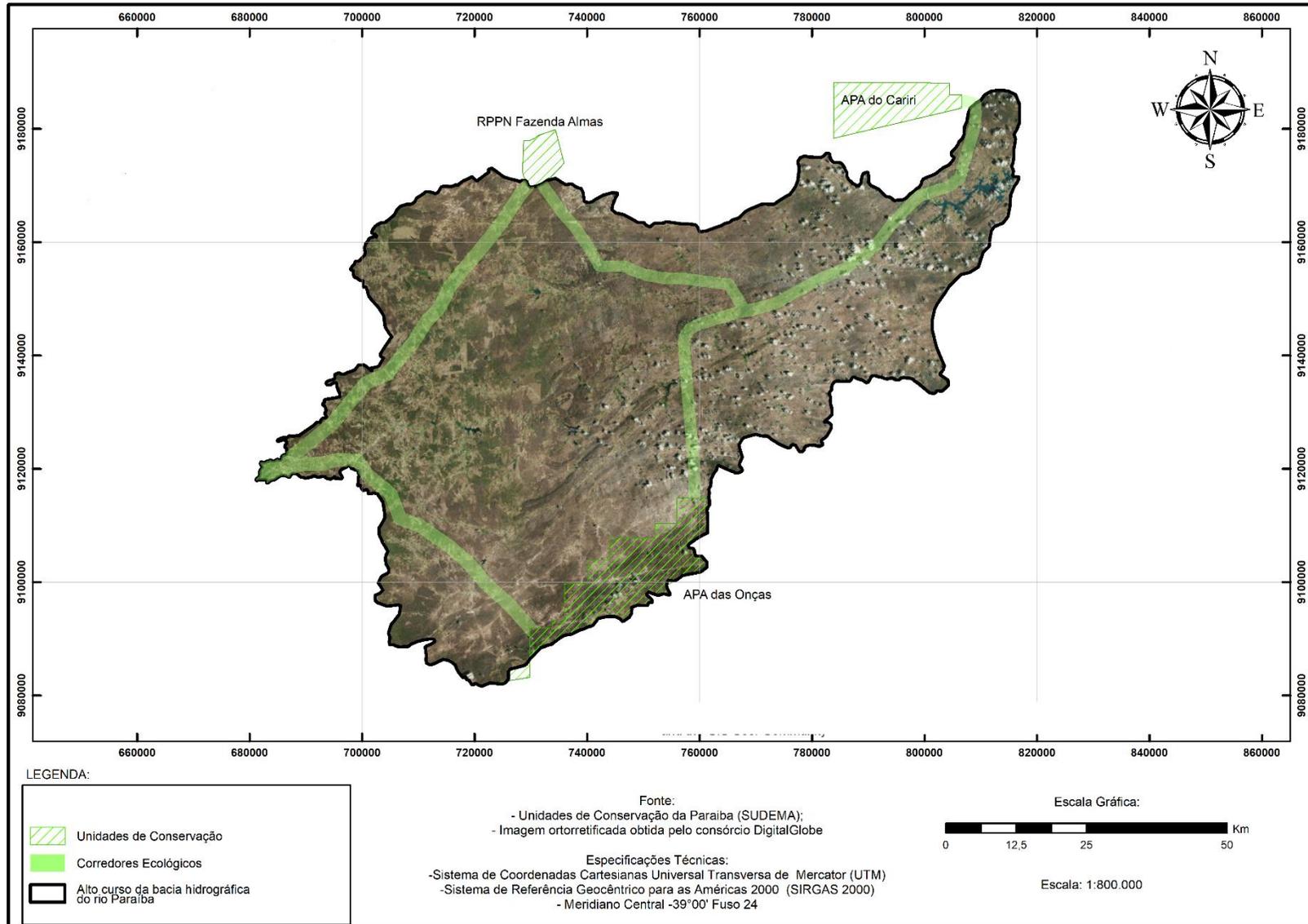


Figura 28: Rede de corredores ecológicos.  
Elaboração: Marcos Santos

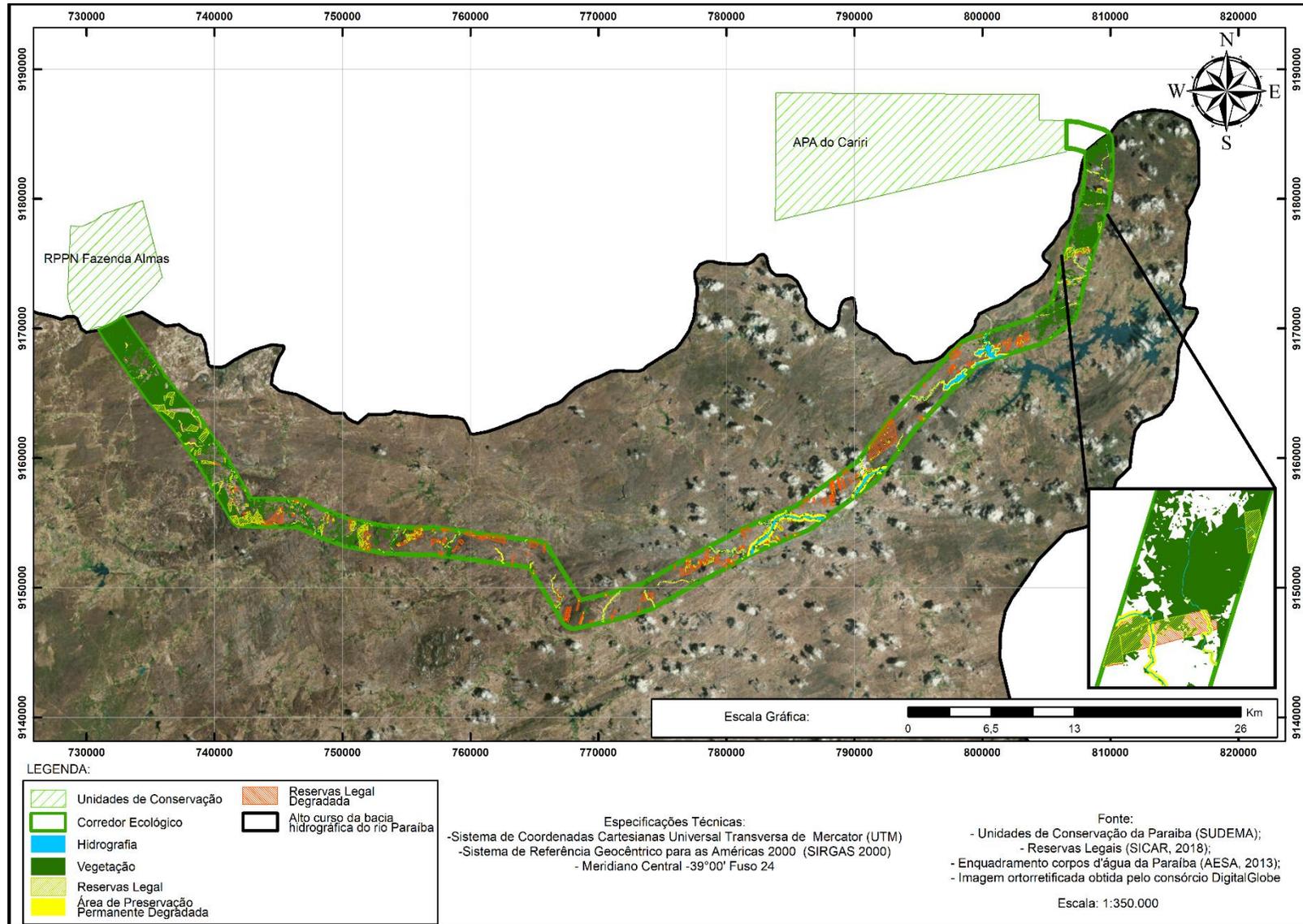


Figura 29: Corredor ecológico 1, APA do Cariri e RPPN Fazenda Almas.  
 Elaboração: Marcos Santos

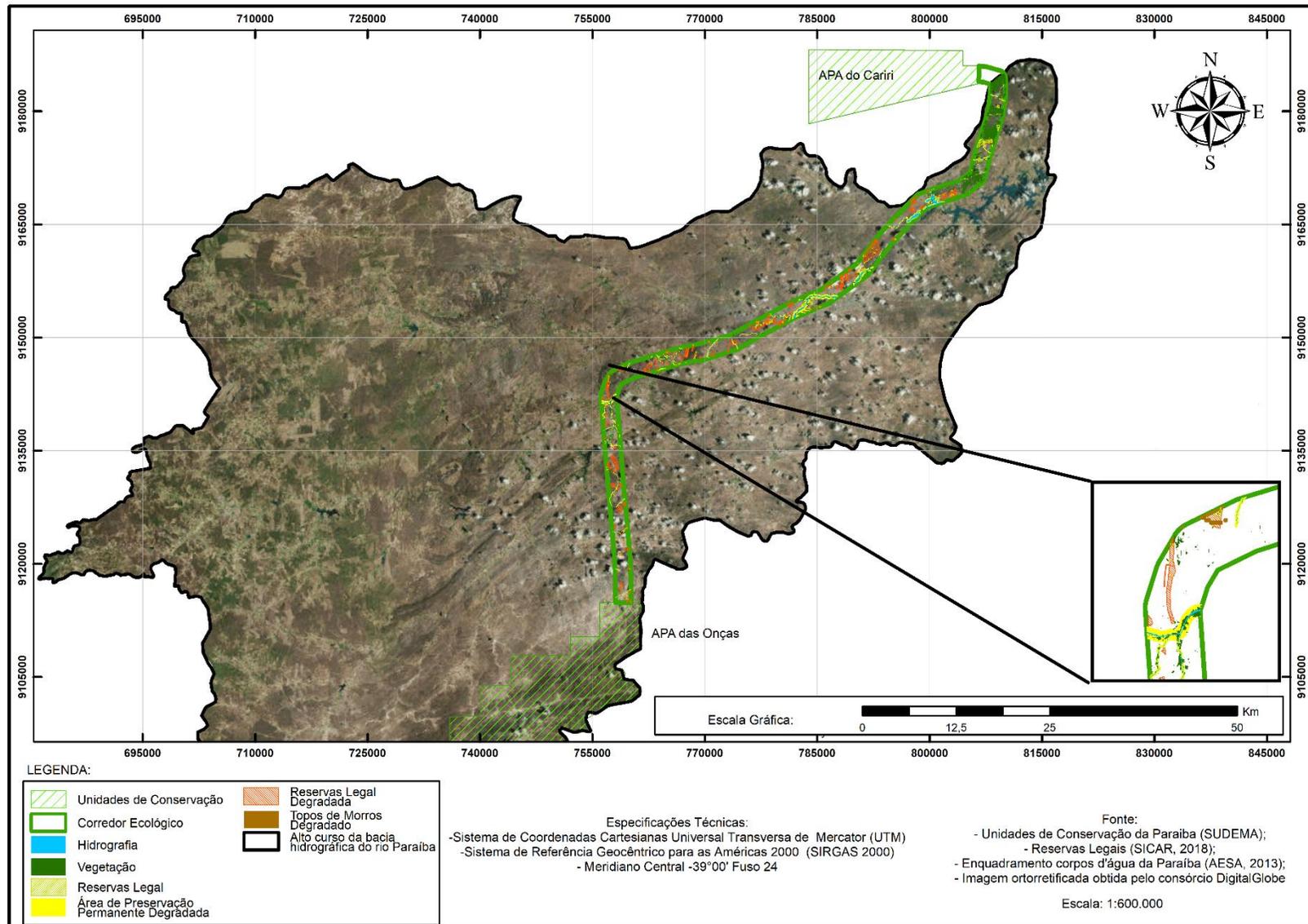


Figura 30: Corredor ecológico 2, APA do Cariri e APA das Onças.  
 Elaboração: Marcos Santos

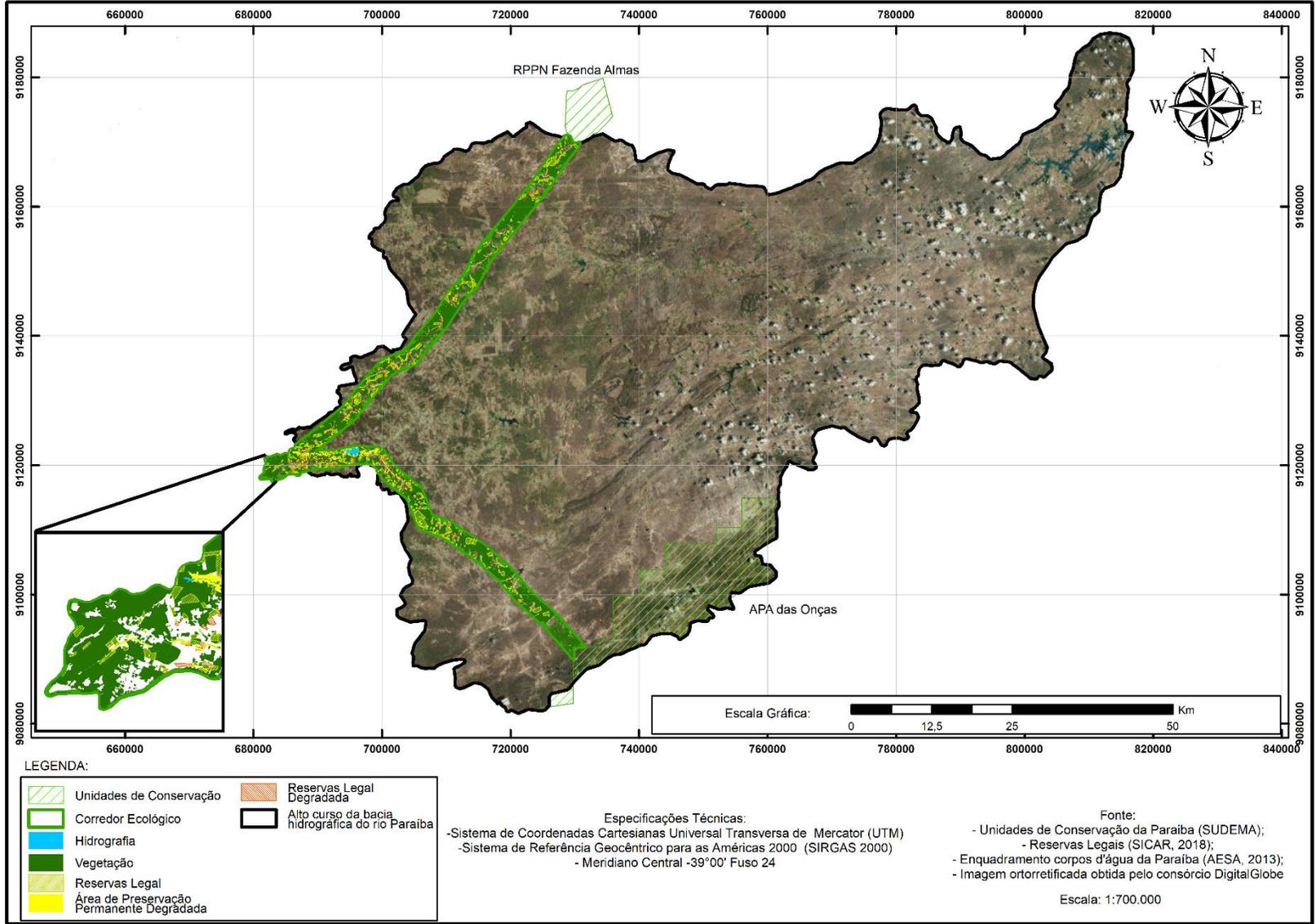


Figura 31: Corredor ecológico 3, RPPN Fazenda Almas e APA das Onças.  
Elaboração: Marcos Santos

Os corredores projetados totalizam uma extensão de aproximadamente 275 km e uma área de 1.245,64 km<sup>2</sup>, o que equivale a 18,50% da área total da bacia, na qual importantes localidades são contempladas, como o açude Boqueirão, rio Paraíba, as serras da Engabelada e da Jabitacá, além das UC's já mencionadas.

Na Figura 29 a APA do Cariri e a RPPN Fazenda Almas são interligadas por um corredor, denominado de Corredor Ecológico 1, com área de 225,69 km<sup>2</sup> e extensão de 104,48 km, sua largura atinge uma distância de 2,08 km. Corta os municípios de Cabaceiras, Boqueirão, Barra de São Miguel, São Domingos do Cariri, São João do Cariri, Caraúbas, Coxixola, Serra Branca e Sumé.

Cerca de 23,96% (54,09 km<sup>2</sup>) do corredor é ocupado por vegetação nativa. Esse baixo valor se deve ao fato do corredor abranger áreas historicamente degradadas em razão da grande atividade antrópica, o que explica esse déficit de cobertura vegetal. O corredor possui 402 áreas de reserva legal, na qual 216 possuem déficit de vegetação. A presença do Açude Epitácio Pessoa (açude Boqueirão) no município de Boqueirão também tem influência nesses números, pois as suas margens, que são áreas protegidas, possuem alto índice de ocupação por atividades agropecuárias. A vegetação se faz presente com mais frequência entres os municípios de Sumé e Serra Branca, onde está presente área prioritária para conservação da Caatinga CA148, local que se insere a RPPN Fazenda Almas. As Figuras 32 e 33 mostram dois locais visitados no corredor 1.



Figura 32: Corredor 1, Serra Branca (09/09/2016).



Figura 33: Corredor 1, São Domingos do Cariri (11/10/2016).

O Corredor Ecológico 2, apresentado na Figura 30, liga as unidades de conservação APA do Cariri e APA das Onças, e seus 105,07 km de extensão cortam oito municípios (Boqueirão, Cabaceiras, São Domingos do Cariri, Coxixola, Caraúbas, Congo, Camalaú e São João do Tigre) ocupando uma área de 214,36 km<sup>2</sup>.

Esse corredor cruza locais do Cariri Paraibano que possuem altos índices de aridez e elevada taxa de áreas que sofrem processo de desertificação, presentes principalmente em Camalaú, Congo, Coxixola e Caraúbas. Esses fatores explicam a baixíssima taxa de ocupação do solo com cobertura florestal, apenas 20,13% ou 21,16 km<sup>2</sup>, concentrados no extremo norte do corredor, entre a APA do Cariri e o açude Boqueirão.

Outro destaque para esse corredor é a presença do rio Paraíba, o mais importante do Cariri paraibano, percorrendo aproximadamente 13 km do corredor, porém é verificada uma elevada degradação em suas margens, assim como ocorre na serra da Engabelada, outro importante local contemplado, mas que sofre com a problemática presente no corredor. Nas Figuras 34 e 35 são observados aspectos desse corredor.



Figura 34: Corredor 2, Congo (Próximo ao rio Paraíba e serra da Engabelada - 05/09/2016).



Figura 35: Corredor 2, Boqueirão (Próximo ao açude Boqueirão - 11/10/2016).

O Corredor Ecológico 3 possui a maior extensão e área dentre os três que foram projetados nessa rede de corredores, que está presente em sete municípios, Sumé, Amparo, Prata, Monteiro, Zabelê, São Sebastião do Umbuzeiro e São João do Tigre. Tem extensão de 121,9 km e largura que chega a 2,4 km, e possui uma área 313,48 km<sup>2</sup>. Nesse corredor os fragmentos de vegetação nativa ocupam 63,91% da área (200,37 km<sup>2</sup>), dado que promovem as áreas inseridas neste corredor como

localidades que contêm ecossistemas florestais viáveis para a conservação da biodiversidade, com potencial para manter ou restabelecer a conectividade ecológica entre as áreas protegidas e preservar os serviços ecossistêmicos prestados pela natureza à população da região.

Para a construção desse corredor foram utilizados dados gerados e apresentados nos resultados do capítulo I deste trabalho. Esses dados foram as áreas indicadas como potenciais para serem usadas como prioritárias para conservação da Caatinga ou como unidades de conservação, que foram inseridas nessa metodologia e estão presentes no corredor. Outro destaque trata-se da serra da Jabitacá, nascente do rio Paraíba, que foi indicada no capítulo I como uma área propícia a ser classificada como unidade de conservação. A Figura 36 retrata um local que está inserido no corredor 3, localizado no município de São Sebastião do Umbuzeiro.



Figura 36: Corredor 3, São Sebastião do Umbuzeiro (15/07/2016).

O rio Paraíba em seu alto curso atualmente é perenizado através do Projeto de Integração do Rio São Francisco, onde é realizada a interligação da bacia hidrográfica do São Francisco com bacias localizadas no nordeste setentrional com o objetivo de aumentar a oferta de água, com garantia de atendimento ao semiárido.

Esse projeto prevê a recuperação ambiental de áreas degradadas e a preservação de ecossistemas relevantes pouco degradados através da redução do processo de erosão, incluindo as terras ribeirinhas que teriam potencial para o

assoreamento dos mananciais; da recomposição da vegetação e da proteção dos solos nas áreas degradadas, particularmente naquelas onde há predomínio de Caatingas Arbustivo-Arbóreas ou Arbóreas; e na redução do efeito “fragmentação”, pelo uso indiscriminado da Caatinga, sobre a fauna local (RIMA, 2004).

Assim, uma das estratégias a serem utilizadas na recuperação e preservação do rio Paraíba, principalmente após sua perenização, é a proteção realizada através de um corredor ecológico que contemple toda a extensão do rio em seu alto curso. Dessa forma, a Figura 37 apresenta um corredor ecológico que tem como eixo principal a calha do leito regular do rio Paraíba, onde será detalhada a situação da sua APP.

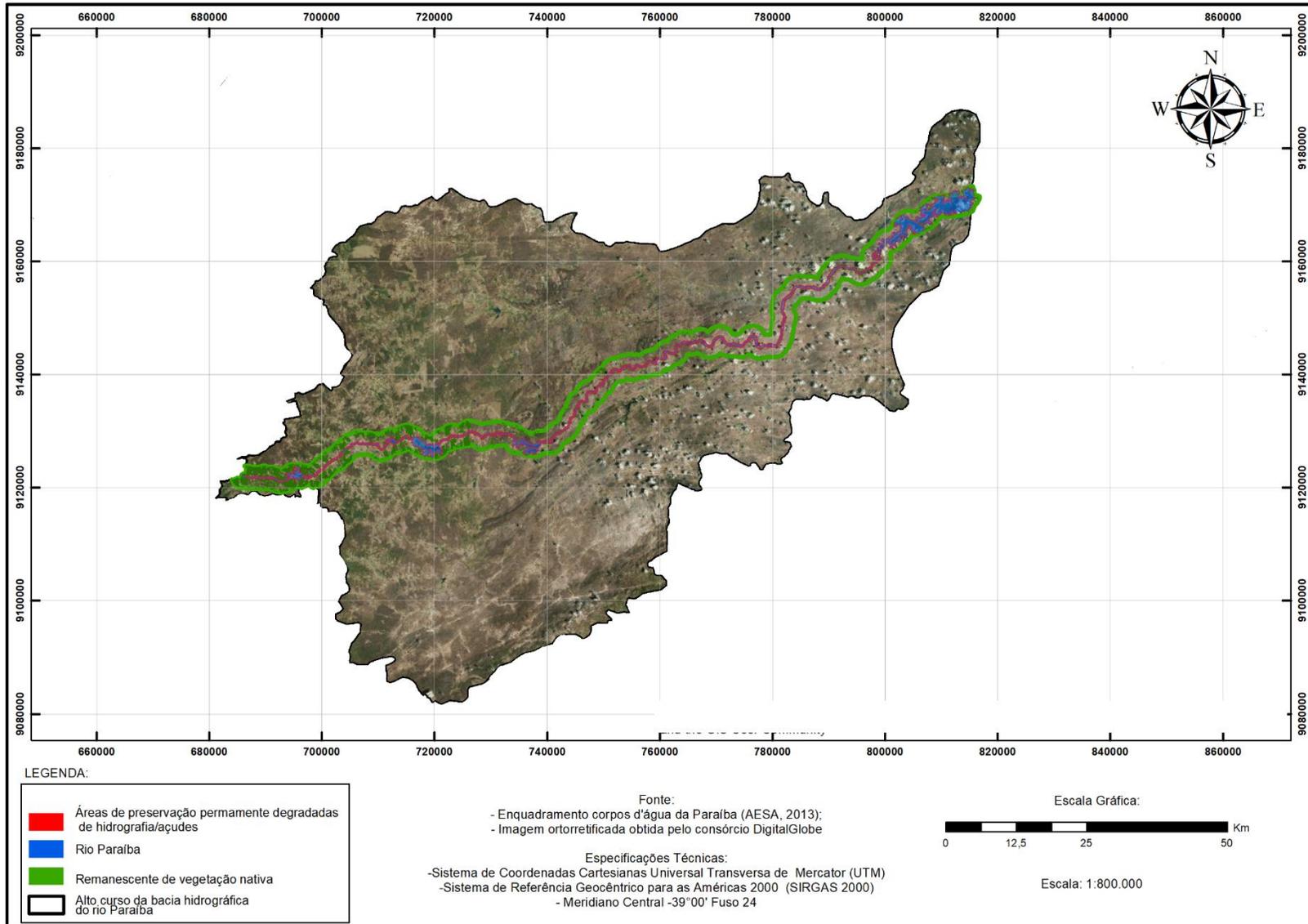


Figura 37: Corredor ecológico do rio Paraíba.  
Elaboração: Marcos Santos

Na Figura 37 observa-se que no corredor gerado praticamente toda extensão do rio Paraíba está sofrendo algum tipo de degradação na sua APP. Dos 97,96 km<sup>2</sup> de área de preservação permanente, 68,70 km<sup>2</sup> está degradado, o que equivale a 70,13% da área. Observa-se também a mesma situação visualizada nos outros corredores gerados nessa pesquisa (exceção ao corredor 3) que a área total do corredor não possui grande cobertura vegetal. É visto que por toda sua extensão de mais de 189 km e que forma uma área total de 650,58 km<sup>2</sup>, apenas 90,37 km<sup>2</sup> (13,89%) do corredor é ocupado por vegetação nativa. Esses números expõem a situação e a forma como vem sendo gerido o principal corpo hídrico da Paraíba.

## 5.5 CONCLUSÃO

O uso dos recursos naturais tem afetado de diferentes formas a biodiversidade, especialmente por meio da fragmentação de habitats naturais, sendo um grande desafio incrementar a conectividade entre remanescentes de vegetação nativa. Algo que vai destinando as áreas protegidas mundiais para a formação de ilhas de diversidade biológica em meio a um mar de assentamentos humanos (MILLER, 1997).

A criação de um corredor ecológico interligando três áreas ambientalmente protegidas, irá possibilitar fluxo gênico de grande diversidade na área de estudo, podendo contribuir na preservação das áreas ainda não antropizadas, e nas áreas que já foram alteradas pela ação humana serão recuperados segmentos que possibilitem um contato e troca de genes ao longo de toda a região.

Assim como no estudo realizado no capítulo I, o baixo número de pesquisas relacionadas a flora e a fauna da Caatinga prejudica a busca de um maior aprofundamento nos estudos realizados sobre corredores ecológicos, fato que torna o geoprocessamento essencial nesse tipo de pesquisa.

Os resultados obtidos nesse capítulo mostram a construção de uma rede de corredores ecológicos, formado por quatro diferentes segmentos que totalizaram aproximadamente 275 km de extensão e uma área de 1.245,64 km<sup>2</sup>. Também foram obtidos dados quantitativos sobre APP's, topos de morro e reservas legais que permitiram inferir sobre a qualidade dos corredores. Para o levantamento desses dados utilizou-se os procedimentos técnicos dos Sistemas de Informações Geográficas.

O estabelecimento de corredores ecológicos não assegura que as reservas isoladas irão cumprir o seu papel de preservar as espécies nelas contidas. Dados empíricos gerados em diferentes ecossistemas indicam que, mais do que o isolamento, a superfície total do fragmento é a variável mais importante no número final de espécies presentes em uma determinada área. Essas áreas possuem um enorme potencial de conservação de biodiversidade, porém se o grau de exposição da reserva ao ambiente circundante é muito alto, o seu tamanho efetivo será progressivamente reduzido pela deterioração do habitat a partir de suas margens externas. Por conseguinte, o sistema das unidades de conservação tem que ser gerenciado e monitorado sistematicamente, de modo a atingir efetivamente os objetivos de preservação da diversidade biológica a longo prazo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. P.; CHIARELLO, A. G.; MENDES, S. L.; MATOS, E. N. **Os Corredores Central e da Serra do Mar na Mata Atlântica brasileira**. Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica, Conservação Internacional e Centro de Ciências Aplicadas à Biodiversidade. cap. 11, 2005.

ALMEIDA, M. **O uso do QGIS e GRASS para modelação de corredores ecológicos para lobos no Norte de Portugal**. Disponível em: <[https://www.qgis.org/pt\\_BR/site/about/case\\_studies/portugal\\_ribeira.html](https://www.qgis.org/pt_BR/site/about/case_studies/portugal_ribeira.html)>. Acesso em: 01/02/2018.

APGMV - AGENCE PANAFRICAINE DE LA GRANDE MURAILLE VERTE. **Union Africaine et Agence Panafricaine pour la Grande Muraille Verte**, 2010.

ARAGAKI, S. **Florística e estrutura de trecho remanescente de floresta no planalto paulistano**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) –USP, São Paulo, 1997.

ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V. **Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2005.

ARES - ATLAS DAS ÁREAS COM POTENCIAL DE RISCOS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Vitória, 2006.

ARRUDA, M. B. **Corredores ecológicos: uma abordagem integradora de ecossistemas no Brasil**. IBAMA, Brasília, 2003.

AYRES, J. M. *et al.* **Abordagens inovadoras para conservação da biodiversidade no Brasil: os corredores das florestas neotropicais**. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Neotropicais: Projeto Parques e Reservas. MMA, 1997.

AYRES, J. M.; MARIGO, L. C. **Os corredores ecológicos das florestas tropicais do Brasil**. Sociedade Civil Mamirauá, Belém, PA, 2005.

BACHA, C. J. C. **Eficácia da política de Reserva Legal no Brasil**. Disponível em: <[http://www.upf.tche.br/cepeac/download/rev\\_n25\\_2005\\_art1.pdf](http://www.upf.tche.br/cepeac/download/rev_n25_2005_art1.pdf)>. Acesso em: 09/12/2017.

BEIER, P.; MAJKA, D. R.; SPENCER, W. D. **Forks in the Road: Choices in Procedures for Designing Wildland Linkages**. School of Forestry and Merriam-Powell Center for Environmental Research, Northern Arizona University, Flagstaff, AZ, U.S.A, 2007.

BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, J. A. A.; COELHO JUNIOR, L. M.; BARROS, D. A. **Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira**. Ciência Rural, v.41, n.7, Santa Maria, 2011.

BRASIL. **Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>>. Acesso em: 01/11/2017.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis no 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

BRASIL. **Institui o Código Florestal de 1934**.

BRASIL. **Primeiro relatório nacional para a conservação sobre diversidade biológica**. MMA, Brasília, 1998. 283 p.

BRASIL. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 9, de 24 de outubro de 1996**. Define “corredor de vegetação entre remanescentes” como área de trânsito para a fauna.

CERQUEIRA, R. **Fragmentação: Alguns Conceitos**. MMA, Brasília, 2003. 510p.

COLLINGE, S. K. **Spatial arrangement of habitat patches and corridors: clues from ecological field experiments**. Landscape and Urban Planning, v.42, 1998.

EUROPEAN WILDERNESS SOCIETY. Disponível em: <http://wilderness-society.org/>. Acesso em: 25/01/2018.

FAO - **Food and agriculture organization of the united nations**. L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde. Objectifs internationaux de réduction de la faim: des progrès. **2015**.

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York, 1986.

FORMAN, R. T. T. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions.** Cambridge University Press, 1995.

FORMAN, R. T. T. **Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions.** Cambridge University Press. 9ª ed. 2006.

FREITAS, I. F. **Unidades de conservação no Brasil: o plano estratégico nacional de áreas protegidas e a viabilização da zona de amortecimento.** Campinas, 2009.

GALINKIN, M. PROJETO CORREDOR ECOLÓGICO ARAGUAIA–BANANAL. **Corredores ecológicos: uma abordagem integradora de ecossistemas no Brasil.** IBAMA, Brasília, 2003.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Atlas do Corredor Ecológico da Região do Jalapão.** 2011.

ISHIHATA, L. **Bases para seleção de áreas prioritárias para a implantação de unidades de conservação em regiões fragmentadas.** Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1999.

KAPOS, V. **Effects of isolation on the water status os forest patches in the Brazilian Amazon.** Journal of Tropical Ecology, Cambridge, v. 5, n. 2, 1989.

LAURENCE, W. F. **Edge effects in tropical forest fragments: application of a model for the design of nature reserves.** Biological Conservation, v. 57, 1991.

LEDERMAN, M. R. **Corredores Ecológicos - experiências em planejamento e implementação.** IBAMA, MMA, Brasília, 2007.

LIQUETE, C.; KLEESCHULTE, S.; DIGE, G.; MAES, J. GRIZZETTI, B.; OLAH, B.; ZULIAN, G. **Mapping green infrastructure based on ecosystem services and ecological networks: A Pan-European case study.** Environmental Science & Policy, Volume 54, 2015.

LOVEJOY, T. E. *et al.* **Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments.** In: SOULÉ, M. E.(Ed.). Conservation biology: the science of scarcity. Sunderland, Mass.: Ed. Sinauer Associate, 1997.

LOUZADA, F. L. R. O.; SANTOS, A. R.; SILVA, A. G.; COELHO, A. L. N.; EUGÊNIO, F. C.; SATO, N. S.; PELUZIO, T. M. O.; TULER, T. O.; TEBALDI, A. L. C.; GARCIA, G. O. **Delimitação de corredores ecológicos no ArcGIS 9.3.** CAUFES, 2010.

MARQUES, E. M; RANIERI, V. E. L. **Determinantes da decisão de manter áreas protegidas em terras privadas: o caso das reservas legais do estado de São Paulo.** Ambiente & Sociedade, v. 15, n. 1, 2012.

MARTINS, A. K.; SARTORI NETO, A.; MENEZES, I. C.; BRITES, R. S.; SOARES, V. P. **Metodologia para indicação de corredores ecológicos por meio de um sistema de informações geográficas.** Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 1998.

- MEFFE, G. K. **Principles of Conservation Biology**. Sunderland, 1997.
- METZGER, J. P. **O que é ecologia de paisagens?** Biota Neotrópica, v.1, nº.1/2, 2001.
- MILLER, K. **Planejamento biorregional: em busca de um novo equilíbrio**. Ibama, Brasília, 1997.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Série corredores ecológicos: 12 anos de trabalho pela conservação da biodiversidade nacional**. Brasília, MMA, 2015.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Corredores ecológicos: iniciativa brasileira no contexto continental**. Brasília, 2016.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Corredores ecológicos do Brasil**. 2017.
- OLIVEIRA, G. C.; FERNANDES FILHO, E. I. **Metodologia para delimitação de APPs em topos de morros segundo o novo Código Florestal brasileiro utilizando sistemas de informação geográfica**. Anais do 16º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 2013.
- PLUMMER, M. L.; MANN, C. C. **Are wildlife corridors the right path?** Science 270, 1995.
- RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. MMA/SBF, Brasília, 2003.
- RANIERI, V. E. L. **Reservas Legais: Critérios para localização e aspectos de gestão**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2004.
- REIS, L. N. G. **Proposta metodológica de avaliação dos padrões e de conservação da conectividade dos habitats na bacia hidrográfica do rio Araguari em Minas Gerais**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Uberlândia, 2016.
- RICARDO, M. M.; LIMA, R. X. **Corredores Ecológicos - experiências em planejamento e implementação**. IBAMA, MMA, Brasília, 2007.
- RICKLEFS, R. E. **Ecology**. 4ª ed. Freeman, New York, 1996.
- RIMA - **Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente do Projeto de integração do rio São Francisco com bacias hidrográficas do nordeste setentrional**. Brasília, 2004.
- SANTOS, H. C. **A água no contexto da Zona de Amortecimento**. In: Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico. Taubaté, Brasil, 2007.

SILVA, J. A. A. *et al.* **O Código Florestal e a Ciência: contribuições para o diálogo.** Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, SBPC; Academia Brasileira de Ciências, ABC. São Paulo, 2011.

SILVA, S. C. **Transposição do Rio São Francisco e fragmentação do bioma caatinga.** Dissertação (mestrado) - UFPE. CFCH. PRODEMA, 2014.

SOUZA, B. I.; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. **Políticas Públicas, uso do solo e desertificação nos Cariris Velhos (PB/Brasil).** Scripta Nova, vol. XIV, n. 311, 2011. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-311.htm>>. Acesso em: 29/01/2018.

TABARELLI, M.; BAIDER, C.; MANTOVANI, W. **Efeitos da fragmentação na floresta Atlântica na bacia de São Paulo.** São Paulo, v. 25, n. 2, 1998.

TAYLOR, P. D. *et al.* **Connectivity is a vital element of landscape structure.** OIKOS, v. 69, 1993.

THOMAS, C.D. **Ecological Corridors an Assessment.** Science and Research Series n.34, Department of Conservation, Head Office, Wellington, New Zealand. 1991.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos.** *Biota Neotrop*, , vol.10, n.4, 2010.

USP – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Corredor Ecológico Mesoamericano.** Instituto de Estudos Avançados, 2010.

VALERI, S. V., SENÔ, M. A. A. F. **A Importância dos Corredores Ecológicos para a fauna e a sustentabilidade de remanescentes florestais.** Disponível em:<[http://www.clienteg3w.com.br/celiarusso/site/corredores\\_ecologicos.pdf](http://www.clienteg3w.com.br/celiarusso/site/corredores_ecologicos.pdf)> Acesso em: 20/02/2018.

VIANA, V. M. **Biologia de manejo de fragmentos de florestas naturais.** Congresso Florestal Brasileiro, Campos do Jordão, SP, 1990.

VIDAL, M. M.; PIVELLO, V. R.; MEIRELLES, S. T.; METZGER J. P. **Produção de serapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos.** Revista Brasileira de Botânica. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-84042007000300016&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-84042007000300016&script=sci_arttext)> Acesso em: 20/03/2018.

ZAÚ, A. S. **Fragmentação da Mata Atlântica: aspectos teóricos.** Floresta e Ambiente, Disponível em: <<http://www.geocities.ws/floramrural/0160.pdf> > Acesso em: 07/03/2018.

ZELLER, K. A.; SALOM-PEREZ, R.; QUIGLEY, H. **The jaguar corridor initiative: a range-wide conservation strategy.** Nova Science Publish, New York, NY, USA, 2013.