

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
NÍVEL MESTRADO**



BETIANE FIGUEREDO VIEIRA

**ANÁLISE AMBIENTAL DA SERRA DA CABORONGA EM IPIRÁ (BA): SUBSÍDIO
AO PLANEJAMENTO E A GESTÃO AMBIENTAL**

SÃO CRISTÓVÃO

2021

BETIANE FIGUEREDO VIEIRA

**ANÁLISE AMBIENTAL DA SERRA DA CABORONGA EM IPIRÁ (BA): SUBSÍDIO
AO PLANEJAMENTO E A GESTÃO AMBIENTAL**

Dissertação de mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe.

Orientador: Prof. Dr. Jailton de Jesus Costa

Coorientador: Prof. Dr. André Quintão de Almeida

SÃO CRISTÓVÃO

2021

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

V657a Vieira, Betiane Figueredo.
Análise ambiental da Serra da Caboronga em Ipirá(BA): subsídio ao planejamento e a gestão ambiental / Betiane Figueredo Vieira; orientador Jailton de Jesus Costa. – São Cristóvão, SE, 2021.
134 f. : il.

Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e meio ambiente) –
Universidade Federal de Sergipe, 2021.

1. Meio ambiente. 2. Degradação ambiental. 3. Gestão ambiental. 4.
Política ambiental. I. Costa, Jailton de Jesus, orient. II. Título.

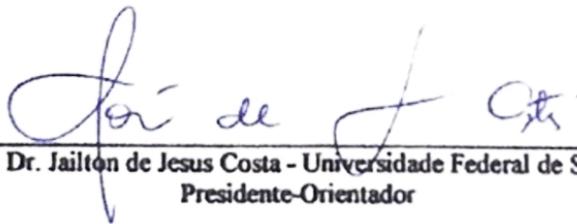
CDU 504.1

BETIANE FIGUEREDO VIEIRA

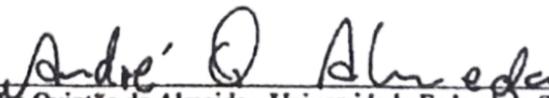
**ANÁLISE AMBIENTAL DA SERRA DA CABORONGA EM IPIRÁ (BA): SUBSÍDIO
AO PLANEJAMENTO E A GESTÃO AMBIENTAL**

Dissertação de mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe.

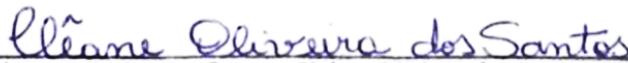
Aprovada em 26 de fevereiro de 2021.



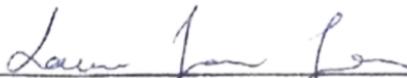
Prof. Dr. Jailton de Jesus Costa - Universidade Federal de Sergipe
Presidente-Orientador



Prof. Dr. André Quintão de Almeida - Universidade Federal de Sergipe
Coorientador



Prof. Dr. Cleane Oliveira dos Santos - Universidade Federal de Sergipe
Examinadora Externa



Prof. Dr. Laura Jane Gomes - Universidade Federal de Sergipe
Examinadora Interna

É concedido ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta Dissertação e emprestar ou vender tais cópias.

Betiane Figueredo Vieira

Betiane Figueredo Vieira
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Jair de Jesus

Prof. Dr. Jailton de Jesus Costa - Orientador
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluído no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).



Prof. Dr. Jailton de Jesus Costa - Orientador
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por me dá forças e coragem para vencer todos os meus desafios.

A mim mesma, pela persistência, determinação e resiliência. Por nunca desistir dos meus sonhos e seguir firme diante das dificuldades encontradas ao longo desses dois anos de mestrado.

Aos meus pais, Bibiano e Maria José, pelo incentivo aos estudos, desde muito cedo.

À minha irmã Marizane, pela parceria e apoio durante a minha caminhada acadêmica.

À minha amiga Luana, pela amizade e parceria desde os tempos da graduação na UEFS, por me apresentar o PRODEMA, a UFS, Aracaju e o Rosa Elze. Pelo apoio e por estar sempre disposta a me ouvir e ajudar nas questões acadêmicas.

A Rafael, pela disposição em me ajudar na realização dos trabalhos de campo, por tirar dúvidas relacionadas a trabalhos acadêmicos e por se fazer presente durante a etapa final da elaboração dessa dissertação, me dando apoio e atenção.

Ao meu orientador professor Jailton, pela orientação e contribuições a este trabalho.

Ao meu coorientador professor André Quintão, pelas contribuições e disposição em esclarecer todas as minhas dúvidas relacionadas às técnicas de processamento digital de imagens e elaboração de produtos cartográficos através do Geoprocessamento, importantes técnicas utilizadas no desenvolvimento desse estudo.

À Lucivone, um anjo que apareceu em minha vida, pra me ajudar na realização dos trabalhos de campo. Por me apresentar a alguns moradores da Serra da Caboronga e por me levar em pontos importantes da área de estudo, contribuindo de modo significativo no desenvolvimento dessa dissertação.

Ao PRODEMA, pela oportunidade de cursar o mestrado, pelo acolhimento e pela formação na área ambiental, a qual sempre me despertou interesse e desejo para especialização.

À Banca, pelas contribuições dadas a este estudo.

À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado, possibilitando assim o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Muito Obrigada!

RESUMO

Atualmente, o modo como a sociedade interfere na natureza vem sendo bastante questionada, uma vez que, para satisfazer suas inúmeras necessidades, o ser humano superexplora e impacta o meio ambiente em diversos graus. O resultado catastrófico dessa atuação predatória já pode ser percebido: espécies animais e vegetais sendo extintas, degradação ambiental, poluição excessiva, desflorestamento, aquecimento global, mudanças climáticas, entre outros. A Serra da Caboronga, localizada no município de Ipirá, no Estado da Bahia, é alvo de intensa pressão antrópica por diversos atores sociais. Os conflitos das atividades humanas sobre a Serra, traduzidos pelo desmatamento e o uso inadequado dos recursos naturais, tem levado à degradação ambiental. Diante disso, este estudo teve como objetivo geral analisar as condições ambientais da Serra da Caboronga, na perspectiva de subsidiar o planejamento e a gestão ambiental na área. Para tal, foi realizada a caracterização e a análise do meio físico (Condições Climáticas, Cobertura Vegetal, Geomorfologia, Recursos Hídricos, Geologia e Pedologia) com uso de geotecnologias como o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informações Geográficas. Foram gerados mapas pedológico, geológico e hidrográfico a partir de dados do IBGE (2019); mapas de hipsometria e declividade, com base no Modelo Digital de Elevação (MDE), disponibilizado no banco de dados TOPODATA-INPE; Foi aplicado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), a partir da utilização de imagens de satélites, sensores Landsat-5 e 8; elaborou-se gráficos e tabelas com dados climatológicos: temperatura do ar e precipitação; e construiu-se o balanço hídrico para o município de Ipirá, a partir do método de Thornthwaite e Mather (1955). Foram confeccionados mapas de uso e cobertura da terra através da classificação automática supervisionada, sucedida pelo tratamento, interpretação e análise de imagens de satélites. Foram realizados trabalhos de campo para validação dos dados secundários, a partir da observação direta, registro fotográfico e coleta de coordenadas de pontos, por meio de aplicativo de GPS. Por fim, foi realizada a delimitação de unidades de paisagem da Serra da Caboronga por meio da sobreposição de mapas de embasamento geológico, formas de relevo, rede de drenagem, tipos de solos, declividade e usos da terra. Foi possível obter um diagnóstico amplo e integrado das condições ambientais da Serra da Caboronga. Com isso, espera-se servir como fonte de informações para formulação de políticas públicas, voltadas para conservação dos recursos naturais. E nesse sentido, fornecer elementos científicos para ampliar a discussão a respeito da criação de uma unidade de conservação nesse espaço, de modo a proteger o ecossistema local e/ou assegurar o uso sustentável dos seus recursos naturais.

Palavras-chave: Conservação Ambiental. Degradação Ambiental. Gestão Ambiental.

ABSTRACT

Currently, the way society interferes with nature has been questioned a lot, since, to satisfy their needs, human beings overexploit and impact the environment to varying degrees. The catastrophic result of this predatory action can already be seen: animal and plant species being extinct, environmental degradation, excessive surplus, deforestation, global warming, climate change, among others. Serra da Caboronga, located in the municipality of Ipirá, in the State of Bahia, is subject to intense anthropic pressure by various social actors. The conflicts of human activities on the mountains, translated by deforestation and the efficient use of natural resources, led to environmental degradation. In view of this, this study had the general objective of analyzing the environmental conditions of Serra da Caboronga, with a view to subsidizing environmental planning and management in the area. To this end, a characterization and analysis of the physical environment (Climate Conditions, Vegetation Cover, Geomorphology, Water Resources, Geology and Pedology) was carried out with the use of geotechnologies such as Remote Sensing and the Geographic Information System. Pedological, geological and hydrographic maps were generated from IBGE data (2019); hypsometry and slope maps, based on the Digital Elevation Model (MDE), available in the TOPODATA-INPE database; The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was distributed, based on the use of satellite images, Landsat-5 and 8 sensors; graphs and tables were elaborated with climatological data: air temperature and exclusion; and the water balance was constructed for the municipality of Ipirá, using the method of Thornthwaite and Mather (1955). Maps of land use and land cover were made through supervised automatic classification, followed by the treatment, interpretation and analysis of satellite images. Field work was carried out to validate secondary data, based on direct observation, photographic record and collection of point coordinates, using a GPS application. Finally, the Serra da Caboronga landscape units were delimited by overlaying geological basement maps, landforms, drainage network, soil types, slope and land uses. It was possible to obtain a comprehensive and integrated diagnosis of the environmental conditions of Serra da Caboronga. With this, it is expected to serve as a source of information for the formulation of public policies, aimed at the conservation of natural resources. In this sense, provide scientific elements to expand the discussion regarding the creation of a conservation unit in this space, in order to protect the local ecosystem and / or ensure the sustainable use of its natural resources.

Keywords: Environmental Conservation. Ambiental Degradation. Environmental Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Sistema de classificação das paisagens proposto por G. Bertrand (1968)	38
Figura 02 - Estrutura do Geossistema de Bertrand (1968)	39
Figura 03 - Mapa de localização da Serra da Caboronga em Ipirá-BA	45
Figura 04 - Pontos de coleta de coordenadas na Serra da Caboronga	56
Figura 05 - Climogramas do município de Ipirá-BA do período de 1980 a 2019	58
Figura 06 - Precipitação total anual do município de Ipirá-BA (1980 a 2019)	61
Figura 07 - Gráficos do Balanço Hídrico climatológico do município de Ipirá-BA – 2000	66
Figura 08 - Gráficos do Balanço Hídrico climatológico do município de Ipirá-BA – 2009	68
Figura 09 - Gráficos do Balanço Hídrico climatológico do município de Ipirá-BA – 2019	70
Figura 10 - Fragmento de Floresta na Serra da Caboronga em Ipirá-BA, 2020	71
Figura 11 - Tipos de vegetação no município de Ipirá-BA e na Serra da Caboronga	72
Figura 12 - Espécies encontradas na Serra da Caboronga	73
Figura 13 - Plantas frutíferas na Serra da Caboronga	75
Figura 14 - Mapas de Declividade e Hipsometria da Serra da Caboronga, Ipirá-BA	77
Figura 15 - Mapa de hidrografia da Serra da Caboronga, Ipirá-BA	79
Figura 16 - Barragem desativada	80
Figura 17 - Riacho seco, afluente do Riacho do Anum na Serra da Caboronga	81
Figura 18 - Riacho seco na Serra da Caboronga	81
Figura 19 - Bica da Caboronga seca	82
Figura 20 - Geologia da Serra da Caboronga, Ipirá-BA	83
Figura 21 - Mapa de solos da Serra da Caboronga, Ipirá-BA	85
Figura 22 - Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico na Serra da Caboronga	86
Figura 23 - Planossolo Háptico Eutrófico na Serra da Caboronga	87

Figura 24 - Mapa de uso e cobertura do solo da Serra da Caboronga a partir de imagem Landsat de 28/01/2000	89
Figura 25 - Áreas destinadas à agropecuária na Serra da Caboronga, Ipirá-BA	91
Figura 26 - Mapa de uso e cobertura do solo da Serra da Caboronga a partir de imagem Landsat de 12/05/2009	93
Figura 27 - Mapa de uso e cobertura do solo da Serra da Caboronga a partir de imagem Landsat de 02/12/2019	96
Figura 28 - Manchas de queimadas na Serra da Caboronga (2020)	98
Figura 29 - Mapa de NDVI da Serra da Caboronga a partir de imagem Landsat de 28/01/2000	101
Figura 30 - Mapa de NDVI da Serra da Caboronga a partir de imagem Landsat de 12/05/2009	103
Figura 31 - Mapa de NDVI da Serra da Caboronga a partir de imagem Landsat de 02/12/2019	104
Figura 32 - Mapa de Unidades de Paisagem da Serra da Caboronga	108
Figura 33 – Fragmentos de floresta densa e de floresta aberta na UP 4	110
Figura 34 – Tipo de solo e cultivos de frutas na UP 4	111
Figura 35 – Feições da Unidade de Paisagem 5	111
Figura 36 – Feições da Unidade de Paisagem 9	112
Figura 37 – Área de transição para a caatinga na UP 6	113
Figura 38 – Feições da Unidade de Paisagem 2	113
Figura 39 – Feições da Unidade de Paisagem 3	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Precipitação média mensal por década no município de Ipirá-BA (1980-2019)	59
Tabela 02 - Temperatura média mensal por década no município de Ipirá-BA (1980-2019)	60
Tabela 03 - Balanço hídrico climatológico do Município de Ipirá-BA (2000)	64
Tabela 04 - Balanço hídrico climatológico do município de Ipirá-BA (2009)	66
Tabela 05 - Balanço hídrico climatológico do Município de Ipirá-BA (2019)	69
Tabela 06 - Classes de declividade com base na EMBRAPA (1999) da Serra da Caboronga, em Ipirá-BA	77
Tabela 07 - Uso e cobertura do solo na Serra da Caboronga em 28/01/2000	90
Tabela 08 - Uso e cobertura do solo na Serra da Caboronga em 12/05/2009	94
Tabela 09 - Uso e cobertura do solo na Serra da Caboronga em 02/12/2019	97
Tabela 10 - Evolução temporal das áreas em km ² e em porcentagem de acordo com cada classe de densidade do NDVI	105
Tabela 11 – Acumulados pluviométricos (mm) do município de Ipirá-BA referente ao mês de cada imagem de NDVI (2000, 2009 e 2019) e do mês antecedente.	106

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Sistematização da Tipologia de Paisagens de Bertrand (1968).	40
Quadro 02 - Anos e intensidades de <i>El Niño</i> e <i>La Niña</i> (1980 a 2018)	62
Quadro 03 - Classes de NDVI	100
Quadro 04 - Quadro de correlações entre os elementos das Unidades de Paisagem da Serra da Caboronga, Ipirá-Ba	109

LISTA DE SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
BDTD	Biblioteca Digital de Teses e Dissertações
EMBASA	Empresa Baiana de Águas e Saneamento
GIS	Geographic Information System
GTP	Geossistema – Território - Paisagem
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelo Digital de Terreno
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
OLI	Operational Land Imager
ONU	Organização das Nações Unidas
SEI	Superintendência de Estudos Econômicos E Sociais
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
TM	Thematic Mapper
UC	Unidade de Conservação
UP	Unidade de Paisagem

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
1 A RELAÇÃO SOCIEDADE E NATUREZA SOB A ÓTICA DO CONCEITO DE PAISAGEM.....	20
1.1 Sociedade, Natureza e Desenvolvimento.....	20
1.2 Diagnóstico ambiental e o uso de geotecnologias no processo de planejamento e gestão ambiental.....	26
1.3 Paisagem e teoria geossistêmica como aporte teórico-metodológico em estudos ambientais	31
1.3.1 A cartografia das unidades de paisagem sob a perspectiva geossistêmica no Brasil	42
2 PERCURSO METODOLÓGICO	45
2.1 Delimitação e caracterização da área de estudo.....	45
2.2 Método	47
2.3 Procedimentos metodológicos	48
2.3.1 Diagnóstico físico-ambiental.....	49
2.3.1.1 Dados climatológicos	49
2.3.1.2 Dados geomorfológicos	50
2.3.1.3 Dados geológicos, pedológicos, hidrográficos e de vegetação	51
2.3.2 Uso e cobertura do solo.....	51
2.3.3 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).....	53
2.3.4 Delimitação das unidades de paisagem.....	54
2.3.5 Validação dos dados secundários.....	55
3 DIAGNÓSTICO FÍSICO-AMBIENTAL DA SERRA DA CABORONGA.....	57
3.1 Condições climáticas	57
3.2 Cobertura vegetal.....	71
3.3 Geomorfologia	76
3.4 Recursos hídricos	78
3.5 Geologia.....	82
3.6 Pedologia	84
4 USO E COBERTURA DO SOLO E ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NA SERRA DA CABORONGA.....	88
4.1 Uso e cobertura do solo da Serra da Caboronga	88

4.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)	99
5 ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM DA SERRA DA CABORONGA	107
5.1 Unidades de Paisagem da Serra da Caboronga.....	107
6 CONCLUSÕES.....	115
7 REFERÊNCIAS	117

INTRODUÇÃO

É sabido que toda forma de exploração e uso dos recursos naturais, por mais cuidadosa que seja, gera efeitos de maior ou menor grau no ambiente. Contudo, tendem a ser problemáticas quando comprometem a dinâmica dos processos naturais. Nesse contexto, a identificação das fragilidades e dos impactos ambientais deve ser o primeiro passo para orientar ações de mitigação, conservação e preservação dos ecossistemas.

Desse modo, o monitoramento dos recursos naturais deve ser uma preocupação constante em todas as áreas, principalmente, naquelas em que a exploração antrópica sobre o meio físico é intensa. A realização de análises ambientais, baseadas nas características geoambientais e das relações entre sociedade e natureza, possibilita um conhecimento holístico do contexto ambiental.

A análise ambiental é uma importante etapa na realização do planejamento e da gestão ambiental de uma área, à medida que proporciona a visualização e identificação das condições ambientais do espaço, através do levantamento dos componentes e processos físicos, bióticos e antrópicos e de suas interações.

Para a realização de análises ambientais, as geotecnologias como o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informações Geográficas (SIG) são importantes ferramentas, as quais são utilizadas para coleta, processamento, manipulação e análise das informações geográficas, facilitando e auxiliando no mapeamento e avaliação dos recursos naturais.

O objeto de estudo da presente pesquisa é a Serra da Caboronga, localizada no município de Ipirá-BA. Essa Serra abriga uma floresta exuberante, típica da Mata Atlântica e muitas nascentes, além de produzir muitas frutas peculiares a lugares úmidos, isso lhe confere uma ambiência diferenciada de todo o município, o qual está inserido no domínio da caatinga e possui predominantemente uma vegetação arbustiva e rasteira. O contraste marcante entre a vegetação da Serra da Caboronga e a da área ao seu entorno, a individualiza no contexto geográfico que está inserida, constituindo-se como uma verdadeira ilha de floresta úmida em meio à região semiárida.

Devido às essas características, a Serra da Caboronga é considerada popularmente como um patrimônio ambiental no município de Ipirá. Inclusive, já houve mobilizações no sentido de transformar essa área em Área de Proteção Ambiental (APA). Nesse contexto, foram realizados eventos internacionais¹ na cidade, promovidos por ambientalistas locais,

¹ I Seminário Internacional de Ecoética da Caboronga (2011) e II Seminário Internacional de Ecoética da Caboronga Brasil – Europa (2014).

com o objetivo principal de discutir a criação de uma Estação Ecológica na Serra da Caboronga. A partir disso, um município comprou grandes propriedades de terras na Serra e as transformou em uma reserva particular, porém, até o momento não foi encontrado nenhum registro oficial de sua implantação.

A situação problema que motivou a realização desse estudo consiste em a Serra da Caboronga ser alvo de intensa exploração predatória e indiscriminada dos recursos naturais. O uso e a ocupação da terra nessa área constituem fatores de riscos à degradação ambiental, uma vez que acontece de forma insustentável e sem planejamento ambiental. Nesse contexto, destaca-se o desmatamento, que é utilizado para substituição de floresta por pastagens e cultivos, o que tem causado notáveis modificações na paisagem.

A situação atual da Serra da Caboronga demonstra uma suscetibilidade à ocorrência de impactos ambientais, visto que, o desmatamento gera desequilíbrios no ecossistema natural, reduzindo a biodiversidade e causando o empobrecimento do solo, além de desencadear outros problemas como a erosão, o assoreamento de rios e a extinção de nascentes.

A fim de dimensionar esse problema, essa pesquisa buscou responder os seguintes questionamentos – Quais as condições ambientais da Serra da Caboronga? Qual é o atual cenário ambiental da Serra da Caboronga? Quais os impactos ambientais existentes na Serra da Caboronga? Qual a dinâmica do desmatamento na Serra da Caboronga? Quais são as causas das mudanças na paisagem?

Em razão da intensa pressão antrópica na Serra da Caboronga e da carência de estudos científicos sobre este ambiente, desenvolveu-se esse estudo de diagnóstico, para conhecimento da situação ambiental da área. Através do estado da arte, realizado com base em buscas na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), no portal de periódicos da CAPES e no Google Acadêmico, localizou-se apenas duas publicações sobre essa área-objeto, provenientes de um trabalho de conclusão de curso, de autoria de Jesus e Santos (2018), os quais apresentam uma caracterização geomorfológica desse espaço.

O presente estudo partiu da seguinte hipótese: “devido ao uso inadequado dos recursos naturais da Serra da Caboronga, principalmente do solo, da água e da vegetação, vem ocorrendo alterações na paisagem natural, apresentando problemas ambientais diversos. Ademais, é possível que haja ausência ou deficiência de monitoramento e fiscalização ambiental dessa área, o que favorece o uso desordenado dos recursos ambientais”.

Com base nisso, essa pesquisa teve como objetivo geral analisar as condições ambientais da Serra da Caboronga, no município de Ipirá-BA, na perspectiva de subsidiar o planejamento e a gestão ambiental. Sendo os objetivos específicos: Realizar um diagnóstico

ambiental do meio físico (Pedologia, Climatologia, Geomorfologia, Hidrografia, Geologia e Vegetação) da Serra da Caboronga; Avaliar o uso e cobertura da terra da área de estudo; Analisar a distribuição espacial da cobertura vegetal a partir do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI); e Delimitar as unidades de paisagem a partir da integração dos aspectos físicos-naturais e antrópicos da Serra da Caboronga.

A análise ambiental foi de significativa importância, pois além de apresentar a caracterização do meio físico e as ações antrópicas sobre ele, foi possível identificar problemas, vulnerabilidades e impactos ambientais na área de estudo. Esse estudo visa contribuir com a discussão acadêmica sobre a questão ambiental e espera-se que possa servir como fonte de informações para a formulação de políticas públicas, voltadas para o incentivo de gestão sustentável dos recursos naturais da Caboronga. E, quiçá, poderá contribuir para ampliar a discussão a respeito da criação de uma unidade de conservação nesse espaço, de modo a assegurar a proteção do ecossistema local.

Essa dissertação é composta por cinco capítulos, além da introdução e conclusões. O capítulo 1 traz a discussão teórica sobre os seguintes temas: a relação sociedade-natureza baseada no atual modelo de desenvolvimento; a realização de diagnósticos ambientais e o uso de geotecnologias para fins de planejamento e gestão ambiental; e por fim, paisagem e teoria geossistêmica como base teórico-metodológica em estudos ambientais. O capítulo 2 apresenta a caracterização do recorte espacial, o método de abordagem da pesquisa e os procedimentos metodológicos.

Já o capítulo 3 versa sobre a caracterização dos aspectos físicos da área de estudo (condições climáticas, cobertura vegetal, geomorfologia, recursos hídricos, geologia e pedologia). O capítulo 4 discute sobre o uso e cobertura da terra e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Serra. E o capítulo 5 aborda a análise integrada da paisagem na Serra da Caboronga, a partir da classificação das unidades de paisagem.

1 A RELAÇÃO SOCIEDADE E NATUREZA SOB A ÓTICA DO CONCEITO DE PAISAGEM

1.1 Sociedade, Natureza e Desenvolvimento

O homem vem atuando sobre a natureza desde os primórdios de sua história, introduzindo transformações em que expressa sua vontade e seus objetivos. A cada fase de seu desenvolvimento, o homem cria mais e progride em menos espaço de tempo. Com o advento do capitalismo ocorreram mudanças sociais, econômicas e principalmente na relação do homem com a natureza (MAGALHÃES, 1982; DIAMOND, 2010; ARAÚJO, 2016).

Santos (2008) considera que:

A história do homem sobre a Terra é a história de uma rotura progressiva entre o homem e o entorno. Esse processo se acelera quando, praticamente ao mesmo tempo, o homem se descobre como indivíduo e inicia a mecanização do Planeta, armando-se de novos instrumentos para tentar dominá-lo. A natureza artificializada marca uma grande mudança na história humana da natureza (SANTOS, 2008, p. 05)

Nesse contexto, a natureza passa a ser vista como objeto e o homem, o sujeito que a domina. Essa visão antropocêntrica de mundo, na qual coloca o homem como senhor de todas as coisas, fez com que houvesse uma separação entre ele e a natureza. Segundo Gonçalves (1998, p. 35) “a ideia de uma natureza objetiva e exterior ao homem, o que pressupõe uma ideia de homem não-natural e fora da natureza, cristaliza-se com a civilização industrial inaugurada pelo capitalismo”. A partir daí, a natureza passou a ser concebida como um recurso, fonte ilimitada de matérias-primas.

A partir da Revolução Industrial, houve um acelerado crescimento demográfico, econômico e tecnológico, potencializando uma devastação nunca antes registrada no planeta. Viola e Baso (2016) destacam que foi com a Revolução Industrial através do uso massivo dos combustíveis fósseis que a humanidade conseguiu desenvolver várias atividades que antes eram limitadas pela restrição energética. Sobre isso, eles ressaltam que: “o uso do carvão e do petróleo permitiu que a humanidade desenvolvesse a metalurgia e as máquinas, a indústria química e os fertilizantes agrícolas, a eletricidade e o motor de combustão interna; que revolucionasse as comunicações e os sistemas produtivos para a produção em massa (VIOLA; BASO, 2016, p. 02).

Porém, essas “proezas” também têm seu lado negativo, sendo grandes causadoras de desequilíbrios ambientais. As emissões de gases para a atmosfera, provenientes de combustíveis fósseis, têm aumentado o efeito estufa e conseqüentemente causado a elevação da temperatura global. Estudiosos alertam sobre as conseqüências que o aquecimento global pode trazer, a saber: derretimento das calotas polares, elevação do nível do mar, estiagens, desertificação, furacões, entre outros (DUPAS, 2006).

Não é negável que a revolução industrial facilitou a vida humana e trouxe benefícios para o processo produtivo. Todavia, ela foi o estopim da modificação exacerbada da natureza. Foi com a inserção de novas técnicas nas diversas instâncias que aumentou gradativamente a degradação ambiental. Bruseke (2010) chama essa época de modernidade técnica, pois foi tão marcada pela técnica que ganha essa conotação. Como enfatiza esse autor: “ciência, técnica, empresa capitalista – essa tríade faz a Revolução Industrial eclodir e não deixa dúvidas que estes tempos modernos se distinguem sobremaneira dos tempos anteriores” (BRUSEKE, 2010, p. 4).

A técnica sempre foi um meio usado pelo homem para interagir na natureza, porém, a partir dessa fase histórica, observa-se uma transformação nesse meio, agora a técnica está intrinsecamente vinculada à ciência. Santos (2006, p. 115) discute que “o casamento da técnica e da ciência, longamente preparado desde o século XVIII, veio reforçar a relação que desde então se esboçava entre ciência e produção”. Dessa forma, o domínio e avanço da técnica por meio da ciência proporcionou uma maior dominação da natureza, assim como, um aumento na escala produtiva.

Destarte, a relação sociedade-natureza é mediada pela técnica, é a partir desta que o homem produz e reproduz o espaço geográfico. De acordo com Moreira (2016): “a técnica é um princípio formador de sociedades. Ela é o conjunto dos hábitos e costumes vindos da relação homem e natureza no tempo” (MOREIRA, 2016, p. 29).

Santos (2008) considera que a humanidade no seu processo histórico perpassa por períodos técnicos, isto é, saiu do “meio natural” passando pelo “meio técnico” e hoje está no “meio técnico-científico-informacional”. O homem através da técnica e do trabalho age na natureza modificando-a e adaptando-a conforme suas necessidades. Para Marx (2013):

O trabalho é, antes de tudo, um processo entre o homem e a natureza, processo este em que o homem, por sua própria ação, medeia, regula e controla seu metabolismo com a natureza. Ele se confronta com a matéria natural como com uma potência natural. A fim de se apropriar da matéria natural de uma forma útil para sua própria vida, ele põe em movimento as forças naturais pertencentes a sua corporeidade: seus braços e pernas, cabeça

e mãos. Agindo sobre a natureza externa e modificando-a por meio desse movimento, ele modifica, ao mesmo tempo, sua própria natureza (MARX, 2013, p. 255).

Agora, a primeira natureza que se tem, não é mais a natureza natural e sim a natureza artificializada (SANTOS, 2008). Desse modo, a natureza vai absorvendo a ação humana e com isso adquirindo diferentes formas do momento histórico. Sobre isso, Araújo (2019) destaca que “é justamente a dialética natureza-história o princípio fundamental do desenvolvimento das forças produtivas materiais e o que forma a base existencial das relações de troca material entre homens organizados em sociedade”. É assim por meio das técnicas e do trabalho que a sociedade realiza a união entre espaço e tempo, estabelecendo relações com a natureza e produzindo meios para seu desenvolvimento. Nesse sentido, Santos (2006) ressalta que tempo e espaço são categorias que estão intimamente relacionadas.

A compreensão desenvolvida sobre a relação sociedade-natureza até o século XIX, com a consagração do capitalismo como modo de produção dominante, considerava a sociedade e a natureza como polos excludentes, na qual a natureza era tida como objeto, fonte ilimitada de recursos à disposição do homem. A partir dessa concepção, o processo de industrialização baseou-se em uma acumulação mediante a exploração intensa dos recursos naturais, com efeitos drásticos para a natureza e para o próprio homem. Acreditava-se que a dominação da natureza era a base do desenvolvimento e que o crescimento econômico era ilimitado (BERNARDES; FERREIRA, 2003).

A partir dessa apropriação e dominação da natureza são estabelecidos os meios de produção de bens materiais para atender ao mercado. Em nome de um progresso que se sustenta pela acumulação do capital o homem transforma a natureza a seu bel prazer. Assim, os recursos naturais são vistos como objetos de lucro e são explorados como se fossem inesgotáveis.

O aperfeiçoamento dos meios de produção levou a sociedade a um consumo excessivo, trazendo graves consequências para o meio ambiente. No sistema capitalista os recursos naturais, juntamente com o capital e o trabalho, constituem os fatores de produção (MAGALHÃES, 1982). De acordo com Aguiar e Bastos (2012) o capitalismo traz em si o processo de “expropriação-apropriação-mercadorização” do meio natural. Sobre isso Sweezy (2004, apud AGUIAR; BASTOS, 2012, p. 87) salienta que “no que respeita ao meio ambiente, o capitalismo considera-o não como algo para ser fruído, mas como um meio para a produção de lucro e para uma cada vez maior acumulação de capital”.

Em outras palavras, “a natureza do capitalismo é capitalizar a natureza” (AGUIAR; BASTOS, 2012, p. 87). A relação sociedade/natureza baseada na lógica capitalista tem gerado efeitos perversos para a natureza. Essa relação se expressa pela ação predatória do homem sobre os solos, águas, ares e mares, causando assim desequilíbrios ambientais de alta magnitude.

Como aponta Leff (2009, p. 27):

A racionalidade econômica que se instaura no mundo como o núcleo duro da racionalidade da Modernidade, se expressa em um modo de produção fundado no consumo destrutivo da natureza que vai degradando o ordenamento ecológico do planeta Terra e minando suas próprias condições de sustentabilidade (LEFF, 2009, p. 27).

A sociedade moderna conforme Tavares *et al.* (2017) é considerada uma sociedade de risco, uma vez que a lógica de acumulação de lucros do sistema capitalista gera efeitos negativos e ameaças para o seu meio ambiente. Assim, o desenvolvimento tecnológico, a produção em larga escala, o consumo excessivo e o livre mercado, caracteriza o progresso moderno e consiste em um modelo degradador de recursos naturais.

Nesse viés, o Ministério do Meio Ambiente (2018) afirma que, diante do acelerado ritmo de consumo da sociedade contemporânea e apesar dos avanços científicos na descoberta de mecanismos de controle para utilização dos recursos ambientais, ainda existem muitas incertezas sobre os impactos decorrentes das diversas atividades produtivas e que, portanto, a sociedade atual caracteriza-se como uma sociedade de riscos.

Sobre isso, Porto-Gonçalves (2006) enfatiza que:

Estamos diante, nesses últimos 30-40 anos de globalização neoliberal, de uma devastação do planeta sem precedentes em toda história da humanidade, período em que, paradoxalmente, mais se falou de natureza e em que o próprio desafio ambiental se colocou como tal (PORTO-GONÇALVES, 2006, p. 18).

Em outras palavras, apesar da ampla discussão atualmente sobre questões ambientais pouco foi mudado em relação ao modo como a sociedade age sobre a natureza. A atuação do homem no meio ambiente se baseia ainda na exploração exagerada das riquezas naturais para acumular suas próprias riquezas. E em resultado disso, defrontamo-nos com uma série de consequências negativas, que pode se agravar e comprometer a vida na Terra. É importante enfatizar, que ao modificar a natureza, o homem é o agente ativo, ao mesmo tempo em que é vítima de sua própria ação.

Conforme Silva (2004):

A ação predatória do meio ambiente natural manifesta-se de várias maneiras, quer destruindo os elementos que o compõem, como a derrubada de matas, quer contaminando-os com substâncias que lhe alterem a qualidade, impedindo seu uso natural, como se dá com a poluição do ar, das águas, do solo e da paisagem (SILVA, 2004, p. 28).

Neste sentido, Reis (1988) alerta que o uso inadequado pelo homem do suporte físico leva a dizimação da flora e da fauna, diminui o potencial produtivo do solo, destroem nascentes e assoreiam mananciais. Esses impactos tendem a se acentuar ainda mais em ambientes frágeis, levando a exaustão dos recursos naturais, logo, à degradação ambiental.

Dupas (2006) discute que no limiar do século XXI, a ideia de progresso vem com toda força, e com ele, a revelação do paradoxo existente. Se por um lado, o progresso trazido pela globalização se traduz na capacidade de produção em grande escala e qualidade cada vez melhor dos produtos, por outro, esse progresso traz consigo exclusão, concentração de renda, subdesenvolvimento e graves problemas ambientais.

Sobre o desenvolvimento, Morin e Kern (1995) reconhecem que:

O desenvolvimento de nossa civilização produziu maravilhas: a domesticação da energia física, as máquinas industriais cada vez mais automatizadas e informatizadas, as máquinas eletrodomésticas que liberam os lares das tarefas mais escravizadoras, o bem-estar, o conforto, os produtos extremamente variados de consumo, o automóvel (que, como indica seu nome, proporciona a autonomia na mobilidade), o avião, que nos faz devorar o espaço, a televisão, janela aberta para o mundo real e os mundos imaginários (MORIN; KERN, 1995, p. 16).

Todavia, esses autores criticam esse desenvolvimento, apontando suas consequências e contradições. Assim, o alto consumo de energia, a concentração de alta tecnologia pelas grandes potências, a multiplicação da fome e miséria nos países de terceiro mundo, a corrupção, a degradação do solo, as mudanças climáticas, a substituição da agricultura familiar pelo agronegócio, o êxodo rural, a expansão de periferias urbanas, o consumismo, entre outros, consistem no que eles chamam de tragédia do “desenvolvimento”.

Dupas (2006) considera que o progresso como é caracterizado hoje, não passa de um mito renovado. Esse progresso se baseia na exploração cada vez maior do meio ambiente, gerando repercussões negativas na qualidade de vida humana. As consequências desse ataque à natureza têm dinâmica incerta e complexa. Nesse contexto, Larrère e Larrère (1997) enfatizam: “Quantos objetos, produtos e subprodutos, fogem ao nosso controle? Resíduos,

gases de escape das viaturas, fumos de fábricas, nitratos e pesticidas espalhados na terra, todos estes efluentes, todos estes objetos, abandonados têm um futuro natural que não controlamos.” (LARRÈRE; LARRÈRE, 1997, p. 12)

De acordo com Santos *et al.* (2012, p. 51) no discurso da modernidade uma sociedade dita desenvolvida é aquela com crescimento da produção, consumo e renda. Ademais, uma sociedade para ser considerada moderna deve ser urbana e industrial, passando a ser este, o modelo ideal concebido pelo mundo ocidental e propagado como uma possibilidade para as demais regiões do mundo.

A ideia dominante de desenvolvimento é essencialmente pautada no crescimento econômico e por isso apresenta uma série de contradições. É certo que a globalização por meio do avanço tecnológico trouxe muitos benefícios para humanidade, como o deslocamento rápido, a comunicação instantânea, o aumento da expectativa de vida, entre outras proezas, contudo, esse progresso serve a uma minoria, acentua os problemas sociais e gera riscos e custos ambientais (DUPAS, 2006).

Sen (2000) argumenta que o desenvolvimento é algo que vai além do crescimento econômico, isto é, o desenvolvimento de um país está relacionado às oportunidades que a população tem em fazer suas escolhas e exercer sua cidadania. Isso inclui a garantia dos direitos sociais básicos, como alimentação, saúde e educação, a participação política, entre outras. Contudo, o que se nota atualmente é que o crescimento econômico é visto como sinônimo de desenvolvimento.

Diante da crise ambiental desencadeada pelo atual sistema econômico, um modelo degradador de recursos naturais, emerge a ideia do desenvolvimento sustentável, o qual visa promover um equilíbrio entre desenvolvimento econômico, crescimento populacional, uso racional dos recursos naturais e proteção e conservação do meio ambiente (PEÑA *et al.*, 2015).

Assim, “[...] a sociedade deve deslocar o foco do crescimento econômico contínuo para um maior comprometimento com o meio ambiente, as organizações têm como desafio encontrar soluções para ajustar crescimento às possibilidades de produção da natureza” (OLIVEIRA *et al.*, 2016, p. 45). Diante dos riscos oriundos do atual modelo de produção e consumo, é fundamental que se vislumbre mudanças no modo como a sociedade age sobre a natureza.

O Relatório *Brundtland*, documento intitulado Nosso Futuro Comum, propõe o Desenvolvimento Sustentável como um modelo de desenvolvimento que tem por objetivo suprir as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações

futuras suprir as delas (SILVEIRA; PETRINI, 2018). É incorporada nessa proposta de desenvolvimento, a preocupação com as questões sociais e ambientais, que até então eram menosprezadas. A proteção dos recursos naturais é fundamental para se alcançar a sustentabilidade.

Como ressalta Barbosa (2008, p. 6) “é possível desenvolver sem destruir o meio ambiente”. Para isso, deve-se fazer uso dos recursos do planeta sem comprometer a sua capacidade de renovação. É preciso consciência, responsabilidade e ética ambiental para promover um desenvolvimento que não agrida o meio ambiente e proporcione melhor qualidade de vida para todos. Assim, de acordo com o plano apresentado na ECO-92, da agenda 21, para atingir o desenvolvimento sustentável deve equilibrar as dimensões econômica, social e ambiental (ARMADA; SOUZA, 2017).

Mais do que nunca se faz necessário transformar as maneiras de produzir bens e gerar riquezas, de modo a construir uma sociedade sustentável. É de suma importância que se desenvolva uma nova consciência no sentido de conviver harmoniosamente com a natureza, a fim de não comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem as suas necessidades.

1.2 Diagnóstico ambiental e o uso de geotecnologias no processo de planejamento e gestão ambiental

Diante da intensa exploração dos recursos naturais que ocorre atualmente, se faz necessário analisar a qualidade ambiental de determinadas áreas. Parafraseando Costa e Martins (2014, p. 2) é de suma importância “conhecer e reconhecer os efeitos da exploração dos recursos naturais no ambiente”. Assim, a realização de um diagnóstico ambiental possibilita conhecer os padrões qualitativos de um ecossistema.

Segundo Sánchez (2008, p. 3) o diagnóstico ambiental é “a descrição das condições ambientais existentes em determinada área no momento presente”. Neres *et al.* (2015) vão mais além na definição, afirmando que o diagnóstico ambiental compreende a descrição e análise das condições ambientais, a partir do levantamento dos componentes e processos do meio físico, biótico e antrópico e suas inter-relações, sendo assim um importante meio para avaliar níveis de degradação ambiental.

De acordo Ferreira *et al.* (2015, p. 1):

O diagnóstico ambiental consiste na identificação, caracterização e mapeamento dos recursos naturais, além das atividades antrópicas que ocorrem em uma determinada região, com a finalidade de identificação e avaliação de potenciais impactos, elaboração de zoneamentos e formulação de políticas públicas ambientais. Pode também ser definido como um processo de inventário, análise e interpretação de informações sobre componentes naturais e ambientais para determinar sua realidade atual (FERREIRA *et al.*, 2015, p. 1).

Assim, entende-se que para avaliar a qualidade ambiental de um dado espaço é necessário recorrer a um conjunto de variáveis referentes aos aspectos físicos e socioeconômicos, a qual possibilite um conhecimento holístico da realidade. Desse modo, como destaca Rodrigues *et al.* (2015), o diagnóstico ambiental proporciona a criação de informações que quando comparadas, correlacionadas e integradas viabiliza a caracterização e o conhecimento da dinâmica de um ambiente

Oliveira (2003) considera que o objetivo do diagnóstico ambiental é apontar quais os problemas ambientais existentes e apresentar propostas de recuperação e preservação, servindo como embasamento para a tomada de decisões. Nesse viés, Machado (2012) considera que o diagnóstico ambiental é etapa primordial e fundamental para a realização da gestão ambiental. De acordo com esse autor, o diagnóstico ambiental consiste no levantamento da situação dos elementos socioambientais de uma área, visando o planejamento territorial.

Na visão de Pires e Santos (1995) o diagnóstico ambiental compreende três etapas distintas: (1) inventário e levantamento de dados referentes ao meio físico e biótico; (2) identificação das áreas ambientais críticas; (3) análise dos dados e classificação das unidades quanto à capacidade de suportar as diversas atividades humanas e suas vulnerabilidades ambientais.

Para verificação da qualidade ambiental de determinada área deve-se fazer então o diagnóstico completo das características do quadro físico e biótico e das ações antrópicas sobre ele (TAUK-TORNISIELO *et al.*, 1995). É fundamental que se tenha uma visão integrada dos problemas existentes, ou seja, para que estes não sejam compreendidos de maneira isolada, mas sim como um sistema (OLIVEIRA, 2003).

De acordo com Gonçalves *et al.* (2016), existem diversas metodologias que podem ser desenvolvidas para realização de um diagnóstico ambiental. Machado (2012) realizou um Diagnóstico ambiental da Bacia de Contribuição da Represa de Chapéu D'Uvas/MG. A metodologia adotada por este autor consistiu previamente em mapear os aspectos físicos: condições climáticas, geologia, pedologia, geomorfologia, declividade, recursos hídricos,

qualidade das águas e áreas de preservação permanente, seguida pelo levantamento socioeconômico e uso e ocupação do solo.

Com procedimentos diferenciados, Gomes (2015) desenvolveu um estudo intitulado “Diagnóstico ambiental e análise da gestão do Parque Ecológico do DER em Planaltina-DF”. A sua pesquisa baseou-se no levantamento de dados referentes à área do parque (vegetação e uso do solo, hidrogeologia, paisagem), visitação à campo e entrevista com os gestores da Unidade de Conservação - UC.

Amaral (2018) realizou um Diagnóstico ambiental da Área de Preservação Permanente e da área de inundação do trecho urbano do rio Paranaíba no município de Patos de Minas/MG. O percurso metodológico de sua pesquisa envolveu a realização de classificação digital (máxima verossimilhança e segmentação de valores do NDVI) que determinaram a cobertura vegetal e os tipos de uso e ocupação do solo presentes na UC, além disso, utilizou a matriz adaptada de Leopold (1971) para identificar os impactos ambientais existentes na área.

Nota-se então que existem diferentes formas de se realizar um diagnóstico ambiental, cabendo ao pesquisador definir sua metodologia de acordo com seu objeto de estudo e sua problemática. No entanto, os trabalhos citados convergem no que diz respeito à finalidade da pesquisa e os elementos analisados para se obter um diagnóstico físico-ambiental. Nesse estudo, o diagnóstico ambiental correspondeu a uma das etapas da análise ambiental da Serra da Caboronga, consistindo na caracterização dos componentes do meio físico: solos, clima, vegetação, relevo e recursos hídricos.

Para a realização do diagnóstico e da análise ambiental é necessário que os componentes e processos do meio físico e antrópico sejam mapeados, para isso, as geotecnologias são importantes ferramentas. De acordo com Bacani e Luchiari (2014, p. 1) as geotecnologias “constituem-se como um conjunto de procedimentos, técnicas e produtos destinados à coleta e o tratamento de informações espaciais”. São exemplos de geotecnologias: os sistemas de informação geográfica, o sensoriamento remoto, a cartografia digital, os sistemas de posicionamento global via satélite, a topografia, entre outras (BACANI; LUCHIARI, 2014).

Dentre as geotecnologias, o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informações Geográficas (SIG) são bastante utilizados nas pesquisas ambientais. Gonçalves *et al.* (2016) define sensoriamento remoto como o processo de captação de registros, dados e informações dos objetos terrestres, sem contato físico direto. Steffen (1996) complementa então essa definição, ressaltando que essa captação ocorre por meio de sensores remotos, os quais são sistemas óptico-eletrônicos que captam o fluxo de radiação eletromagnética refletida ou

emitida pela superfície terrestre. Suas aplicações vão desde o mapeamento e monitoramento de recursos naturais à proteção de ambientes vulneráveis à exploração e degradação (SILVA; ALMEIDA, 2015).

O sensoriamento remoto é definido por Novo (2010) como o conjunto de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos acoplados em aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, para transmissão de dados, visando estudar fenômenos e processos que ocorrem na superfície terrestre, a partir do registro das interações entre a radiação eletromagnética e os seus alvos.

Bacani *et al.* (2015) salientam que dados do sensoriamento remoto são hoje uma das principais fontes de produção de informações e que compõem bancos de dados geográficos integrados a um sistema de informação geográfica, viabilizando estudos de vulnerabilidade dos ambientes naturais e antropizados. Nessa perspectiva, Lima *et al.* (2018) argumentam que as informações obtidas pelos sensores de satélite são de suma importância para o estudo espaço-temporal, podendo identificar a degradação ambiental de determinadas áreas.

Cintra e Macêdo (2016) enfatizam que o sensoriamento remoto é um importante instrumento para o monitoramento ambiental, permitindo a avaliação do uso e ocupação do solo, bem como, a distribuição da cobertura vegetal. Nessa perspectiva, Florenzano (2002) aborda que as imagens obtidas por sensoriamento remoto proporcionam análises multitemporais e integradas. Permitem visualizar ambientes e suas transformações, identificar impactos causados por fatores naturais, como as inundações e a erosão do solo (que podem ser agravadas pela ação humana), bem como, impactos antrópicos, como os desmatamentos, as queimadas, a expansão urbana, entre outras alterações do uso e ocupação da terra (FLORENZANO, 2002).

Já o SIG na concepção de Burrough (1986 apud CÂMARA *et al.*, 2000) é um complexo conjunto de ferramentas para a obtenção, armazenamento, recuperação, transformação e edição de dados distribuídos espacialmente. O SIG permite integrar dados de diversas fontes (como imagens de satélites, mapas, cartas climatológicas, censos entre outros), criar banco de dados geo-referenciados e gerar mapas temáticos de diversos processos, dentre eles, os ambientais (CÂMARA *et al.*, 2000).

Para Zaidan (2017) o SIG refere-se a um sistema composto por *hardware*, *software* e pessoas que proporciona a captura, gerenciamento, manipulação e análise de dados espaciais. Ainda de acordo com esse autor, o SIG compreende quatro subsistemas: entrada, armazenamento, processamento e saída de dados. Sendo assim, um sistema completo e

sofisticado, bastante utilizado como instrumento para a gestão ambiental e o manejo de recursos naturais (MACEDO, 2016).

O uso do SIG facilita a análise ambiental e a modelagem dos ambientes permitindo desenvolver projeções de cenários futuros (FLORENZANO, 2005). De acordo com Silva e Machado (2014) o SIG “permite realizar mapeamentos temáticos das características ambientais, integrando e relacionando diversas variáveis”, contribuindo assim para a realização do diagnóstico ambiental. Dessa forma, as geotecnologias são importantes ferramentas no processo de planejamento e gestão de uma unidade ambiental.

O planejamento ambiental está atrelado ao uso racional dos recursos naturais, visando à diminuição dos riscos e impactos ambientais. Como definem Silva e Santos:

Planejamento ambiental é um processo contínuo que envolve coleta, organização e análise sistematizada das informações, por meio de procedimentos e métodos, para se chegar a decisões ou escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis em função de suas potencialidades, e com a finalidade de atingir metas específicas no futuro, tanto em relação a recursos naturais quanto à sociedade (SILVA; SANTOS, 2004, p. 223).

Sendo assim, o planejamento ambiental é o ponto de partida para tomada de decisões referentes às formas de uso de um espaço (RODRIGUEZ; SILVA, 2013). Além disso, o planejamento ambiental consiste também em antever os desdobramentos futuros das atividades humanas sobre o ambiente (CASTRO, 2015), evitando ou minimizando assim os possíveis impactos negativos. Sobre isso, Trombeta e Leal (2016) argumentam que o planejamento ambiental além de direcionar ações e propostas para evitar uma degradação ambiental, pode oferecer também soluções e alternativas para espaços degradados.

Ainda nesse íterim, de acordo com Dibieso (2013, p. 39), "o planejamento ambiental surge como uma proposta de superação da inadequada utilização dos recursos naturais e da distribuição e organização da sociedade e das atividades econômicas sobre o território". Planejar as ações sobre o meio ambiente é antes de tudo querer assegurar a integridade e o equilíbrio ambiental, visando garantir a sustentabilidade dos ecossistemas.

Nesse sentido, Zanatta (2017) afirma que é importante planejar as atividades para não comprometer o ambiente. Nas palavras do autor: “é preciso analisar antes de praticar” (ZANATTA, 2017, p. 302-303). Isso significa que o planejamento ambiental deve anteceder qualquer ação humana sobre o meio ambiente, de modo que quando interagir com os recursos naturais não cause maiores danos.

É importante frisar que o planejamento é a preparação para a gestão futura, ou seja, planejamento e gestão ambiental são atividades diferentes, porém complementares. Para Valle (1995, p. 13) a “gestão ambiental consiste de um conjunto de medidas e procedimentos bem definidos e adequadamente aplicados que visam a reduzir e controlar os impactos introduzidos por um empreendimento sobre o meio ambiente”.

De acordo com Peña *et al.* (2015) a gestão ambiental é o processo que organiza as atividades humanas sobre o meio ambiente, visando uma melhor qualidade de vida, prevenindo ou mitigando os problemas ambientais. Esse conceito não abarca somente as ações que serão executadas, mas também diretrizes, licenciamentos e políticas para sua implementação (PEÑA *et al.*, 2015).

Para Couto (2019), a gestão ambiental:

Sugere um conjunto de ações que envolvem políticas públicas, o setor produtivo e a sociedade de forma a incentivar o uso racional e sustentável dos recursos ambientais. Ela é, portanto, um processo que liga as questões da conservação e do desenvolvimento em todos os níveis (COUTO, 2019, p. 2).

Desse modo, a gestão ambiental indica como “tem que fazer” para se atingir o desenvolvimento sustentável, isto é, para promover um equilíbrio entre desenvolvimento econômico, crescimento populacional, uso racional dos recursos naturais e proteção e conservação do meio ambiente (PEÑA *et al.*, 2015). Sendo assim, a gestão ambiental é imprescindível para a efetivação do desenvolvimento sustentável.

A gestão ambiental desempenha papel fundamental para a conservação da biodiversidade das paisagens, recursos e patrimônios naturais e culturais. Ela se estabelece a partir da implementação de diversos instrumentos de política e ordenamento territorial, os quais devem ser pautados em estratégias de conservação sustentáveis para a utilização dos recursos naturais da paisagem (SILVA; PEREIRA; BORGES, 2017). Partindo da ideia que a paisagem expressa as marcas da relação sociedade-natureza, seu estudo oferece elementos fundamentais para a realização do planejamento e da gestão ambiental. Por conseguinte, sua análise e interpretação requer uma abordagem integrada, ou seja, a partir de uma perspectiva sistêmica.

1.3 Paisagem e teoria geossistêmica como aporte teórico-metodológico em estudos ambientais

As primeiras noções de paisagem remetem aos primórdios da humanidade. Quando através das pinturas rupestres, seres humanos retratavam elementos do ambiente. De acordo com Maximiano (2004), os primeiros registros conscientes do ser humano em relação à paisagem datam de 30 mil a 10 mil anos a.C. A partir daí, em cada época, a compreensão sobre paisagem foi se desenvolvendo e sendo influenciada pela Arte, Literatura, Religião e Filosofia (MAXIMIANO, 2004). No âmbito científico, as ideias sobre paisagem surgiram no século XIX na Alemanha, por intermédio de Alexandre Von Humboldt (DANTAS *et al.*, 2015).

Neste período, Humboldt era geógrafo, naturalista e viajante. Durante suas viagens pelo mundo ele observou diversos aspectos da paisagem, concebendo a vegetação como o elemento de destaque para a caracterização espacial. Ele acreditava que as diferenças paisagísticas da vegetação, que ele observara, permitiriam compreender a partir da aplicação de um método concomitantemente explicativo e comparativo, as leis que regem os fenômenos naturais (MOURA; SIMÕES, 2010).

Dessa maneira, sob o viés naturalista e estético, influenciado pela Filosofia da natureza (conhecimento proveniente da mera observação da natureza), Humboldt contribuiu significativamente para o estudo da paisagem, deixando um legado para a ciência através de duas obras (Quadros da Natureza (Volume 1 e 2) e Cosmos) (TEIXEIRA; SILVA; FARIAS, 2017). Como aponta Barbosa e Gonçalves (2014, p. 97): “toda esta observação assídua da natureza presente na obra de Humboldt trouxe vários elementos para se entender e descrever a paisagem, geograficamente”.

Mais tarde, Dokuchaev e Sigrifid Passarge ampliaram o entendimento sobre paisagem. Dokuchaev concebia a paisagem como um Complexo Natural Territorial, resultante da interação dos componentes bióticos e abióticos do ambiente (CAVALCANTI, 2006). Já Passarge foi o primeiro a escrever uma obra exclusivamente sobre paisagem, intitulada *Grundlagen der Landshaftskunde* (1919-1920). Esse autor defendia que os elementos climáticos favorecem a destruição das formas da paisagem, enquanto os elementos oriundos da vegetação ajudam na conservação. E mais, que as interações entre os elementos da natureza conduzem a formas integradas, originando assim características particulares (MOURA; SIMÕES, 2010).

A noção de paisagem no século XIX e nos primeiros anos do século XX tinha uma base fortemente naturalista. De modo que os estudiosos da época compreendiam a paisagem como o resultado da interação entre os componentes naturais (rocha, relevo, solo, clima, vegetação e água) associado a uma porção do espaço (RODRÍGUEZ; SILVA, 2002). A partir

do século XX foi incorporado um elemento novo na discussão teórica sobre paisagem: a sociedade. A cultura passa a ser considerada como agente modelador da paisagem natural.

Foi Carl Sauer, um geógrafo norte-americano que introduziu a visão culturalista da paisagem em 1925, baseado na ideia de que o homem ao interagir com a natureza, por meio de sua cultura, constrói a paisagem. Desse modo, a paisagem é o resultado da combinação de elementos naturais e culturais (BARBOSA, GONÇALVES, 2014). A partir disso, ele diferencia dois tipos de paisagem: natural e cultural. A paisagem natural é constituída por elementos naturais, sem a interferência humana, considerada como natureza primária. Já a paisagem cultural é aquela que sofre transformação humana, é o resultado da relação homem/natureza (SILVA, 2016). Parafrazeando Sauer (1998): “A paisagem cultural é modelada a partir de uma paisagem natural por um grupo cultural em que a cultura é o agente, a área natural é o meio e a paisagem cultural o resultado” (SAUER, 1998, p. 59).

Sauer propõe um estudo morfológico da paisagem, reconhecendo que esta é constituída por formas integradas e dependentes que determinam sua função e estrutura. Nessa perspectiva, a paisagem é uma unidade orgânica, e a morfologia se baseia nos elementos centrais: forma, função e estrutura (CORRÊA, 2014). Segundo Strachulski (2015) com Sauer a paisagem deixa de ser descrita e passa a ser interpretada.

Carl Troll, biogeógrafo alemão, sob a mesma linha de pensamento naturalista de Humboldt, propôs, em 1930, os fundamentos da Ecologia da Paisagem. Nessa perspectiva, ele inseriu ao conceito de paisagem, abordagens ecológicas (potencial ecológico), considerando, sobretudo, as relações organismo-ambiente. Mais tarde, essa ciência foi denominada de Geocologia da Paisagem (BARBOSA; GONÇALVES, 2014), e tinha como finalidade analisar o funcionamento da paisagem (BARROS, 2011).

O termo paisagem apresenta diversas interpretações ao longo da história, tanto no senso comum como nas diferentes áreas do conhecimento científico. Comumente, no imaginário popular, paisagem está associada à pintura, ao visível e a lugares de beleza cênica. No campo científico, o conceito de paisagem é muito utilizado na Biologia, na Arquitetura, na Ecologia, na Agronomia e principalmente na Geografia, na qual é tida como uma das categorias de análise.

No sentido etimológico da palavra, paisagem está relacionada a país, expressando uma ideia de região, território, nação (VITTE, 2007). No idioma francês (*paysage*) e holandês (*Visueel landschap*) referem-se aos aspectos visuais, e no alemão (*landschaft*) e inglês (*landscape*) denota uma noção de território, associados também a uma perspectiva visual (MAXIMIANO, 2004).

O clássico conceito de paisagem de Milton Santos, geógrafo brasileiro, evidencia que a paisagem é muito mais do que o visível, nas palavras do autor, paisagem é “tudo aquilo que nós vemos, o que nossa visão alcança. Esta pode ser definida como o domínio do visível, aquilo que a vista abarca. Não é formada apenas de volumes, mas também de cores, movimentos, odores, sons, entre outros” (SANTOS, 2008, p.40).

Como se nota, a paisagem é algo que é captado pelo olhar, mas também envolve elementos que remetem a outros sentidos como o olfato e a audição. Nessa perspectiva, Conti (2014, p. 240) aponta que “a ideia de paisagem não se refere apenas ao que é observável, pois o conhecimento dos fenômenos e processos menos visíveis são essenciais para se interpretá-la de forma cabal”. A paisagem é, dessa forma, um conjunto complexo de elementos visíveis e não visíveis dispostos no espaço.

Tais definições fazem referência à percepção da paisagem, enfatizando como ela é apreendida pelo sujeito observador. Contudo, outros autores vão definir a paisagem sob uma perspectiva mais abrangente, referindo-se aos fatores de formação desta e sua morfologia, como é o caso de Rodríguez, Silva e Cavalcanti (2017), para eles, a paisagem “é definida como um conjunto inter-relacionado de formações naturais e antropogênicas”. Essa concepção dá ênfase ao conteúdo da paisagem, que é resultante da interação sociedade-natureza.

Nessa linha de pensamento, Cavalcanti (2018) considera que:

As paisagens agregam elementos e processos com diferentes naturezas, dimensões e durações que, relacionando-se numa determinada área da superfície terrestre, dão origem a uma unidade visível. Essa unidade visível provoca e se relaciona com o espírito humano, tornando-se sujeita às ações e decisões dos indivíduos e da sociedade conforme seus interesses variados (CAVALCANTI, 2018).

Portanto, a paisagem não deve ser entendida de forma engessada, ou seja, composta por elementos estáticos (LOPES, SILVA; GOULART, 2014), uma vez que, comporta processos atuantes que modificam sua estrutura no tempo e no espaço. A transformação da paisagem é constante, expressando assim, em cada momento, a materialização das ações humanas no ambiente. Essa dinâmica, motivada tanto por processos naturais quanto antrópicos forma um mosaico de formas oriundas de diferentes tempos. Sobre o papel do tempo na formação da paisagem, Ab’Sáber (2003) ressalta que:

As paisagens têm sempre o caráter de herança de processos (fisiográficos e biológicos), de atuação antiga, remodelados e modificados por processos de

atuação recente. Assim sendo, as paisagens são uma herança, um patrimônio coletivo dos povos que, historicamente os modificaram ao longo do tempo e do espaço (AB´SÁBER, 2003, p. 9)

A sociedade interage no espaço, modificando, e deixando marcas na paisagem. Esta apresenta uma justaposição de tempos diferentes, pois os elementos e processos que a constitui, possuem durações diferentes. Isso significa que o passado e o presente estão imbricados nas formas e na estrutura da paisagem.

A definição de paisagem por Bertrand (2004) enfatiza, além da dinâmica, a ideia de totalidade, resultante das complexas inter-relações dos elementos naturais e antrópicos. Segundo esse autor:

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 2004, p. 141).

Portanto, Bertrand concebe a paisagem a partir de uma perspectiva sistêmica. A visão sistêmica foi amplamente incorporada ao estudo da paisagem por Victor Sochava, no início da década de 1960, quando criou a Teoria dos Geossistemas, contribuindo sobremaneira para a Geografia Física e para os estudos de cunho ambiental. O conceito de Geossistema foi inspirado na Teoria Geral dos Sistemas (TGS), desenvolvida pelo biólogo alemão Ludwig Von Bertalanfy nos anos 1930 (DANTAS *et al.*, 2015). Essa teoria constitui-se como a base metodológica do pensamento sistêmico e surge em detrimento ao paradigma cartesiano.

O cartesianismo, durante muito tempo, foi tido por muitos como o único método válido de compreensão do mundo. Segundo essa concepção, a organização é composta por partes elementares e independentes, que juntas funcionam de modo semelhante ao das máquinas. Nessa perspectiva, o meio para compreender o mundo se dá separando e analisando peça por peça, parte por parte, só assim, conhecendo-se as partes é possível compreender o funcionamento do todo. Todavia, esse paradigma se mostrou insuficiente para analisar a realidade complexa do tempo atual (ARAÚJO; GOUVEIA, 2016).

Dessa forma, enquanto a abordagem cartesiana tem como enfoque o estudo dos elementos em si, decompondo o sistema e analisando as partes individuais, a abordagem sistêmica tem por finalidade estudar o objeto como um todo. A concepção Sistêmica, de acordo com Rodríguez e Silva (2018), é uma concepção teórico-metodológica que tem como

foco a análise dos sistemas, tidos como totalidades. Isso implica estudar um determinado objeto ou fenômeno da realidade como um sistema, isto é, de forma integrada, levando em consideração as interdependências e interações de seus componentes.

Por sistema, entende-se um conjunto de elementos que interagem entre si, e que constitui um todo complexo. Conforme, o próprio Bertalanffy (1977, p. 57), sistema é o “conjunto de unidades em inter-relações mútuas”. No mesmo sentido, mas em outras palavras, Christofolletti (1999, p. 4-5) define sistema como “o conjunto organizado de elementos e de interações entre os elementos”. E de forma mais ampla, Rodríguez e Silva (2018) discutem sistema como:

O conjunto de elementos encontrados nas conexões e com ligações entre si, e que formam uma determinada unidade e integridade. É um conjunto energético – substancial de componentes inter-relacionados, agrupados de acordo com as relações diretas e inversas em uma determinada unidade. É um todo complexo, único, organizado, formado pelo conjunto ou combinação de objetos ou partes (RODRÍGUEZ; SILVA, 2018, p.23-24).

Um sistema é composto por matéria, energia e estrutura. Por conseguinte, os sistemas apresentam uma dinâmica de entrada (*input*) e saída (*output*) de energia e matéria. Quanto a isso, os sistemas podem ser classificados como isolados (aqueles que não perdem nem recebem energia ou matéria de seu entorno), e não isolados (mantêm relações com outros sistemas), podendo, estes últimos, serem subdivididos em abertos ou fechados. Os sistemas abertos são aqueles onde há trocas de energia e matéria, tanto recebem como perdem tais substâncias. Já os sistemas fechados são aqueles em que ocorrem permuta de energia (recebimento e perda), mas não ocorrem de matéria (MAGALHÃES; SILVA; ZANELLA, 2010).

De acordo com Haigh (1985, apud CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 05) em um sistema “as interrelações estruturais e funcionais criam uma inteireza que não se encontra implicada por aquelas partes componentes quando desagregadas”. Isso evidencia que, o todo é resultante de interações complexas entre os componentes do sistema, não sendo possível encontrar as mesmas características e propriedades nas partes individuais. Portanto, “o todo é mais do que a soma das partes”.

Alicerçada sob o paradigma sistêmico, a teoria dos geossistemas “[...] subsidia a análise dos processos geográficos de interface entre sociedade e natureza através, essencialmente, do conceito de paisagem [...] (NEVES, 2014, p. 274). Essa teoria permite

obter uma visão integrada e aplicada do meio ambiente, buscando compreender os fenômenos naturais sob influência da ação antrópica.

O geossistema foi inspirado no conceito de ecossistema (TEIXEIRA; SILVA; FARIAS, 2017). De acordo com Passos (2006, p. 58) “o geossistema, como o ecossistema, é uma abstração, um conceito, um modelo teórico da paisagem”. Em outras palavras, o geossistema corresponde a uma construção mental e subjetiva da realidade, manifestando-se através da paisagem.

O conceito de Geossistema proposto por Sochava é descrito como:

O espaço terrestre de todas as dimensões, onde os componentes individuais da natureza se encontram em uma relação sistêmica uns com os outros, e, como uma integridade determinada, interatuam com a esfera cósmica e com a sociedade humana (RODRÍGUEZ; SILVA, 2019, p. 41).

Dessa forma, Sochava concebe o geossistema como um sistema natural, com dinâmica proveniente da interação de seus elementos constituintes, podendo ser influenciada pela ação antrópica. O geossistema compreende assim o conjunto de elementos geomorfológicos, climáticos, hidrológicos e fitogeográficos, sendo estes últimos, na perspectiva desse autor, os mais relevantes na identificação das unidades de paisagens (SANTOS; GIRÃO, 2015).

Para Sochava os geossistemas possuem três níveis ou domínios hierárquicos de troca de substâncias (matéria e energia), a saber: planetário, regional e local. E, classificam-se em geômeros e geócoros, duas categorias distintas e interdependentes. Os geômeros correspondem às áreas naturais homogêneas, que se agrupam conforme o princípio de semelhança. Enquanto os geócoros consistem em sistemas espaciais heterogêneos, constituídos pela interação dos geômeros, os geômeros referem-se à tipologia da paisagem, isto é, está associado aos tipos de unidades naturais (ex.: Depressões em Rochas Cristalinas sob Climas Secos). Os geócoros dizem respeito à regionalização da paisagem, constituindo assim, na individualização de unidades espaciais (ex.: Depressão Sertaneja) (CAVALCANTI, 2013).

Em 1968, o geógrafo francês Georges Bertrand deu uma nova roupagem à teoria geossistêmica, propondo uma metodologia para o estudo da paisagem. Diferentemente da taxonomia genérica dos geossistemas apresentada por Sochava, Bertrand elaborou um sistema mais preciso de classificação das paisagens (figura 1), compreendendo seis níveis têmporo-espaciais (baseados na escala geomorfológica têmporo-espacial de Cailleux e Tricart) que se

dividem em unidades superiores (Zona, Domínio e Região Natural) e unidades inferiores (Geossistema, Geofácies e o Geótopo) (NEVES *et al.*, 2014).

Figura 01 - Sistema de classificação das paisagens proposto por G. Bertrand (1968).

UNIDADES DA PAISAGEM	ESCALA TEMPORO-ESPACIAL (A. CAILEUX J. TRICART)	EXEMPLO TOMADO NUMA MESMA SÉRIE DE PAISAGEM	UNIDADES ELEMENTARES				
			RELEVO (1)	CLIMA (2)	BOTÂNICA	BIOGEOGRAFIA	UNIDADE TRABALHADA PELO HOMEM (3)
ZONA	G I grandeza G. I	Temperada		Zonal		Bioma	Zona
DOMÍNIO	G. II	Cantábrico	Domínio estrutural	Regional			Domínio Região
REGIÃO NATURAL	G. III-IV	Picos da Europa	Região estrutural		Andar Série		Quarteirão rural ou urbano
GEOSSISTEMA	G. IV-V	Atlântico Montanhês (calcário sombreado com faixa higrófila a <i>Asperula odorata</i> em “terra fusca”)	Unidade estrutural	local		Zona equipotencial	
GEOFÁCIES	G. VI	Prado de ceifa com <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> em solo lixiviado hidromórfico formado em depósito morânico			Estádio Agrupamento		Exploração ou quarteirão parcelado (pequena ilha ou cidade)
GEÓTOPO	G. VII	“Lapiés” de dissolução com <i>Aspidium lonchitis</i> em microsolo úmido carbonatado em bolsas		Microclima		Biótopo Biocenose	Parcela (casa em cidade)

NOTA: As correspondências entre as unidades são muito aproximadas e dadas somente a título de exemplo.

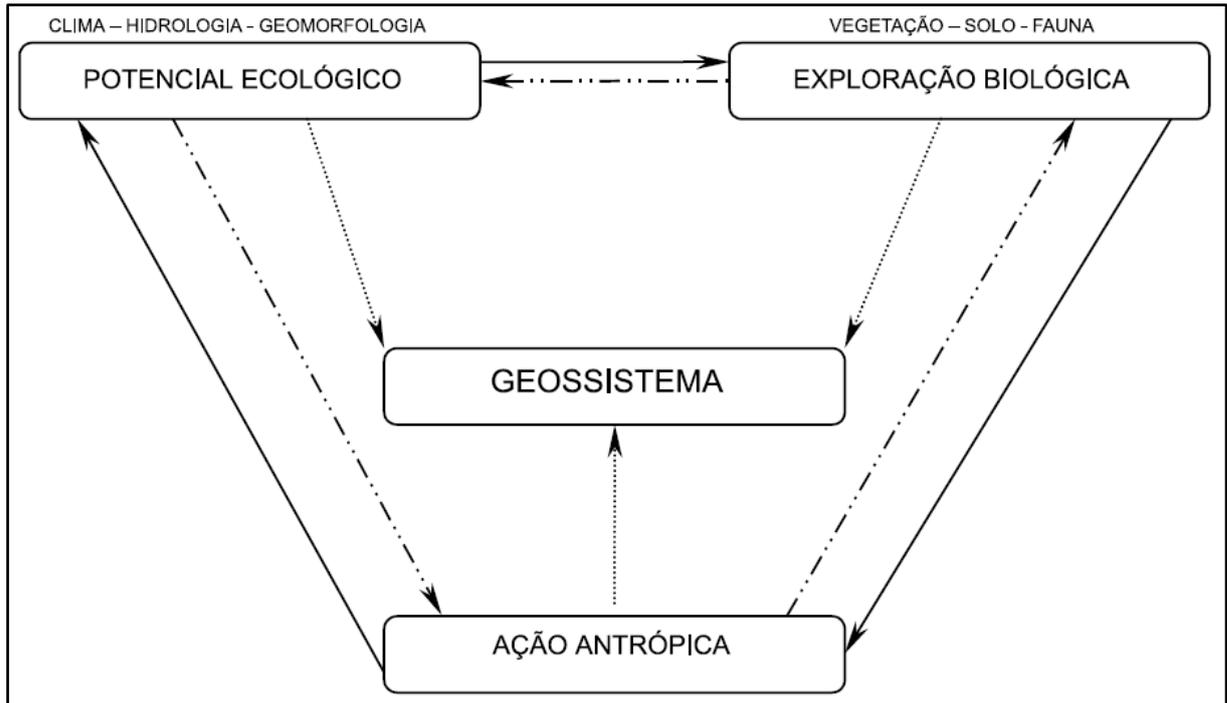
1 - conforme A. Cailleux, J. Tricart e G. Viers; 2 - conforme M. Sorre; 3 - conforme R. Brunet.

Fonte: Bertrand (2004)

Nas unidades superiores, a “Zona” se define pelo clima e pelos biomas. O “domínio” é identificado pela combinação do relevo com climas oceânicos, e a “Região Natural” é determinada pela estrutura do relevo associada à vegetação. Nas unidades inferiores, identifica-se a relação entre o Potencial Ecológico (geomorfologia, clima e hidrologia), Exploração Biológica (vegetação, solo e fauna) e Ação Antrópica (Figura 02) (BERNARDINO; OLIVEIRA; DINIZ, 2018).

De acordo com Bertrand (2004) o “Geossistema” evidencia o complexo geográfico e a dinâmica do conjunto; o “Geofácies” destaca o aspecto fisionômico; e o “Geótopo” refere-se à unidade do último nível da escala espacial. Por conseguinte, o Geossistema não possui necessariamente um alto grau de homogeneidade fisionômica das paisagens. Na maioria das vezes, ele é constituído por paisagens diferentes que dizem respeito às diversas fases de sua evolução, que estão ligadas umas às outras através de uma dinâmica que consolida o geossistema (BERTRAND, 2004).

Figura 02 - Estrutura do Geossistema de Bertrand (1968).



Fonte: Bertrand (2004).

Sobre a estrutura do geossistema, Bertrand (2004, p. 146-147) cita algumas variáveis que são levadas em consideração na análise do conjunto. Para o potencial ecológico, no que concerne aos fatores geomorfológicos, ele aponta a “natureza das rochas e dos mantos superficiais, valor do declive, dinâmica das vertentes...” para os climáticos “precipitações, temperatura...” e para os hidrológicos “lençóis freáticos epidérmicos e nascentes, pH das águas, tempos de ressecamento do solo...”. Quanto à exploração biológica, ele destaca a “dinâmica natural da vegetação e dos solos, intervenções antrópicas, entre outros” (BERTRAND, 2004, p. 147). A ação antrópica, como a expressão mesmo indica, diz respeito a qualquer atividade humana sobre o ambiente.

Bertrand (2004) explica seu esboço metodológico descrevendo sobre a taxonomia (já discutida nesse sub-item), a dinâmica, a tipologia e a cartografia das paisagens. Referente à dinâmica, ele considera que a paisagem é uma entidade global e que embora os seus elementos constituintes participem de uma mesma dinâmica, não necessariamente, isso corresponda à evolução de cada um isoladamente. A evolução da paisagem resulta das reações dialéticas das formas de energia, e atuam nesse sistema, agentes naturais (climáticos, biológicos) e antrópicos (sociedades agropastoris, florestais) que determinam os respectivos processos naturais e antropogênicos (ravinamentos, pedogênese, dinâmica ecofisiológica; desmatamento, incêndio, reflorestamento) (BERTRAND, 2004).

Nesse sentido, a classificação das paisagens é feita com base na dinâmica dos geossistemas. Sobre isso, Maximiano (2004) considera que os elementos da paisagem organizam-se de forma dinâmica em uma relação tempo-espacial, resultando assim, em feições e condições também dinâmicas, distintas ou iguais, o que vai possibilitar uma classificação, na medida em que, formam grupos com características semelhantes, individualizando e separando-os dos diferentes.

Bertrand propõe a “tipologia dinâmica” para a classificação das paisagens, a qual é baseada na evolução do geossistema, abrangendo a fisionomia das paisagens. Essa classificação leva em consideração três elementos: o sistema de evolução, o estágio atingido em relação ao “clímax” e o sentido geral da dinâmica (progressiva, regressiva, estabilidade). Para isso, ele distingue 7 tipos de geossistemas reagrupados em 2 conjuntos dinâmicos diferentes (BERTRAND, 2004), dispostos no Quadro 01.

Quadro 01 - Sistematização da Tipologia de Paisagens de Bertrand (1968).

CONJUNTOS	TIPOS
<p>Os geossistemas em biostasia — trata-se de paisagens onde a atividade geomorfogenética é fraca ou nula. O potencial ecológico é, no caso, mais ou menos estável. O sistema de evolução é dominado pelos agentes e os processos bio-químicos: pedogênese, concorrência entre as espécies vegetais, entre outros.</p>	a) Geossistemas climáticos, pléioclimáticos ou subclimáticos.
	b) Geossistemas paraclimáticos.
	c) Geossistemas degradados com dinâmica progressiva.
	d) Geossistemas degradados com dinâmica regressiva sem modificação importante do potencial ecológico.
<p>Os geossistemas em resistasia — A geomorfogênese domina a dinâmica global das paisagens. A erosão, o transporte e a acumulação dos detritos de toda a sorte levam a uma mobilidade das vertentes e a uma modificação mais ou menos possante do potencial ecológico. A geomorfogênese contraria a pedogênese e a colonização vegetal.</p>	a) Geossistemas com geomorfogênese natural.
	b) Geossistemas regressivos com geomorfogênese ligada à ação antrópica.

Fonte: Bernardino, Oliveira e Diniz (2018) com base em Bertrand (2004, p. 149-150).

Bertrand (2004) salienta que é preciso denominar as unidades de paisagem, e para isso, o critério utilizado deve ser a vegetação correspondente, uma vez que, ela representa muito bem a síntese do meio. Contudo, “como o nome de uma espécie não é suficiente, pode-se reter o da formação vegetal clímax e seu traço ecológico essencial (geossistema das florestas de carvalho atlântica acidófila, geossistema da floresta de faia montanhosa higrófila...)” (BERTRAND, 2004, p. 149). E, em alguns casos, quando a vegetação não é o elemento

dominante ou característico, deve-se acrescentar o nome da região ao qual está inserido o geossistema.

Quanto à cartografia das paisagens, o referido autor aponta que é preciso realizar um inventário geográfico completo e detalhado. Esse inventário consiste no levantamento de dados geomorfológicos, pedológicos e fitogeográficos, exame da qualidade da água, observações meteorológicas, inquéritos sobre o sistema de valorização econômica (gestão florestal, atividades pastoris, direitos de uso). Ele propõe que na representação cartográfica deva-se atribuir uma cor para cada unidade de paisagem conforme a dinâmica do geossistema, como por exemplo: “azul para os geossistemas climáticos, verde para os geossistemas paraclimáticos, amarelo para os geossistemas regressivos com degradação antrópica dominante, vermelho para os geossistemas com evolução essencialmente geomorfológica” (BERTRAND, 2004, p.151).

A utilização da teoria geossistêmica implica assim em categorizar os fatores formadores da paisagem, além de relacionar esses elementos para compreender de forma integrada a dinâmica da paisagem. Com base nessa teoria, cada unidade de paisagem possui singularidades devido à distribuição de umidade, calor e sua evolução em relação à permuta de matéria, energia e informação (MATOS; PIROLI, 2012).

Nessa perspectiva, Bernadino, Oliveira e Diniz (2018, p. 74) argumentam que “Georges Bertrand nos apresenta uma direção metodológica concisa para a descrição, explicação e classificação científica das paisagens. Estabelecendo uma possibilidade real de apreensão da paisagem segundo a integração e a interdisciplinaridade”.

Posteriormente, Bertrand, remodelou seu esboço metodológico, lançando um sistema tripolar, o GTP: Geossistema – Território – Paisagem. Nessa nova proposta, o Geossistema corresponde a um dos tripés (entradas) para interpretação dos sistemas ambientais, sendo assim a dimensão naturalista, o território refere-se à dimensão socioeconômica, a qual envolve relações de dominação e organização do meio ambiente, e a paisagem por sua vez contempla a dimensão sociocultural, onde expressa a identidade, a cultura, o simbólico (BARBOSA; GONÇALVES, 2014).

Dessa forma, o geossistema é considerado a fonte, constituído pelos elementos físicos, químicos e biológicos, o território seria o recurso, o espaço produzido pelas relações econômicas, e a paisagem exprime as marcas postas pelas sociedades ao longo do tempo (GONÇALVES; PASSOS, 2017). A análise a partir do GTP se dá de forma tridimensional, envolvendo três espaços e três tempos (BERNARDINO; OLIVEIRA; DINIZ, 2018).

Nesta pesquisa, optou-se por adotar como base teórico-metodológica a proposta inicial de Geossistema de Bertrand, sistematizada em 1972, tendo em vista a grande complexidade que emoldura a proposta do GTP e por entender que o conceito de geossistema já contempla o território e a paisagem. Além disso, o fato de haver novas proposições, não significa que se devem anular as primeiras sistematizações relativas aos geossistemas, como argumentam Guerra, Souza e Lustosa (2012).

No mais, concorda-se com Rodríguez e Silva (2018) quando dizem que: “a concepção de GTP não usa de forma consistente em todos os seus aspectos a abordagem sistêmica, centralizada principalmente em conceitos complexos que não são articulados sistematicamente” (RODRÍGUEZ; SILVA, 2018, p. 101).

1.3.1 A cartografia das unidades de paisagem sob a perspectiva geossistêmica no Brasil

A complexidade dos sistemas ambientais demanda uma abordagem holística e interdisciplinar que permita a integração dos seus diversos componentes. Neste sentido, destacam-se os estudos sobre unidades de paisagem, que consistem justamente na integração geográfica resultantes da relação entre os diferentes elementos da natureza (solo, hidrografia, relevo, embasamento geológico, vegetação) e a ação humana.

García-Rivero *et al.* (2019) apontam que:

A identificação e a cartografia das unidades de paisagem constituem a base para a execução de diversas pesquisas de caráter ambiental, que vão desde os diagnósticos até o ordenamento territorial, a partir do estudo da estrutura, da dinâmica, do funcionamento e da evolução destas unidades, o que permite propor as formas de utilização mais adequadas, sob um paradigma de uso racional e diversificado da natureza (GARCÍA-RIVERO *et al.*, 2019, p. 171).

Assim, a análise das paisagens é etapa fundamental nas pesquisas geoecológicas e ambientais. O produto cartográfico derivado desses estudos é um mapa de paisagem, que consiste em uma carta síntese representando uma zonificação do território, a qual reflete a relação entre os componentes naturais e a ação humana, servindo para caracterização e diagnóstico (GARCÍA-RIVERO *et al.*, 2019), etapas importantes na realização do planejamento ambiental de uma área.

A delimitação de unidades de paisagem está alicerçada na teoria geossistêmica, a qual acaalhou muito bem as análises ambientais, facilitando e incentivando os estudos integrados das paisagens (NASCIMENTO; SAMPAIO, 2004). A partir do paradigma geossistêmico foi

possível identificar as relações entre os componentes da natureza e a ação humana, dando assim aporte teórico-metodológico aos estudos ambientais.

No contexto brasileiro, a teoria geossistêmica foi incorporada, sobretudo, com base nas concepções de Bertrand e tem como preconizadores os professores da Universidade de São Paulo (USP) Aziz N. Ab'Saber, Carlos A. F. Monteiro, Nelson de la Corte, Olga Cruz e outros, os quais fortaleceram esse paradigma no país, atribuindo novas considerações (NASCIMENTO; SAMPAIO, 2004).

Outros autores como Marcos José Nogueira de Souza e Tereza Cardoso contribuíram significativamente para disseminação da teoria geossistêmica no Brasil (NASCIMENTO; SAMPAIO, 2004). Na atualidade, muitos são os pesquisadores que na realização de estudos ambientais adotam a metodologia de delimitação de unidades de paisagem, baseadas no método geossistêmico.

Concorda-se com Belem e Nucci (2020) quando afirmam que as propostas de delimitação de unidades de paisagem por Sothava (1977) e Bertrand (2004), embora sejam mais elaboradas, são complexas e não se aplicam a realidade brasileira. E que a proposta de Monteiro (2000) é uma boa referência para o estudo das paisagens, pois é uma metodologia simples, que não utiliza termos técnicos complexos como Geótopos, Geômeros, Geócoros, Biótopos, Ecótopos entre outros, os quais são substituídos simplesmente por “unidades de paisagem”, além disso, está associada a uma escala própria, ou seja, a que foram identificadas.

Nesse viés, Cavalcanti (2014) pontua que os diferentes métodos para se realizar a cartografia das paisagens servem como referência, mas que é preciso se atentar para as características locais, para não correr o risco de fugir da realidade. Ele descreve diferentes maneiras de se delimitar as unidades de paisagem, dentre elas, pode se destacar a sobreposição de mapas, que possibilita uma integração dos elementos físicos e antrópicos, resultando assim em uma carta síntese e a proposta de um “Quadro de Correlação”, que é uma ferramenta para compreensão das relações entre os elementos que compõem cada unidade de paisagem. Cabe salientar, que Monteiro (1987) também fez uso dessa metodologia.

Diversos estudos sobre paisagem adotam essa metodologia de sobreposição de cartas para obter o mapa síntese de unidades de paisagem, juntando ao quadro correlativo devidamente discutido. São exemplos de autores que seguiram nessa direção: Lima, Silva e Boin (2017); Barbalho *et al.* (2018); Belem e Nucci (2020); Souza, Nunes e Herculano (2021).

Conforme Barbalho *et al.* (2018), para a delimitação de unidades de paisagem “a proposição geral é a divisão da área em unidades homogêneas definidas a partir da análise e

interpretação conjunta dos aspectos referentes a geologia, relevo, hipsometria, declividade, hidrografia e uso da terra” (BARBALHO, 2018, p. 156).

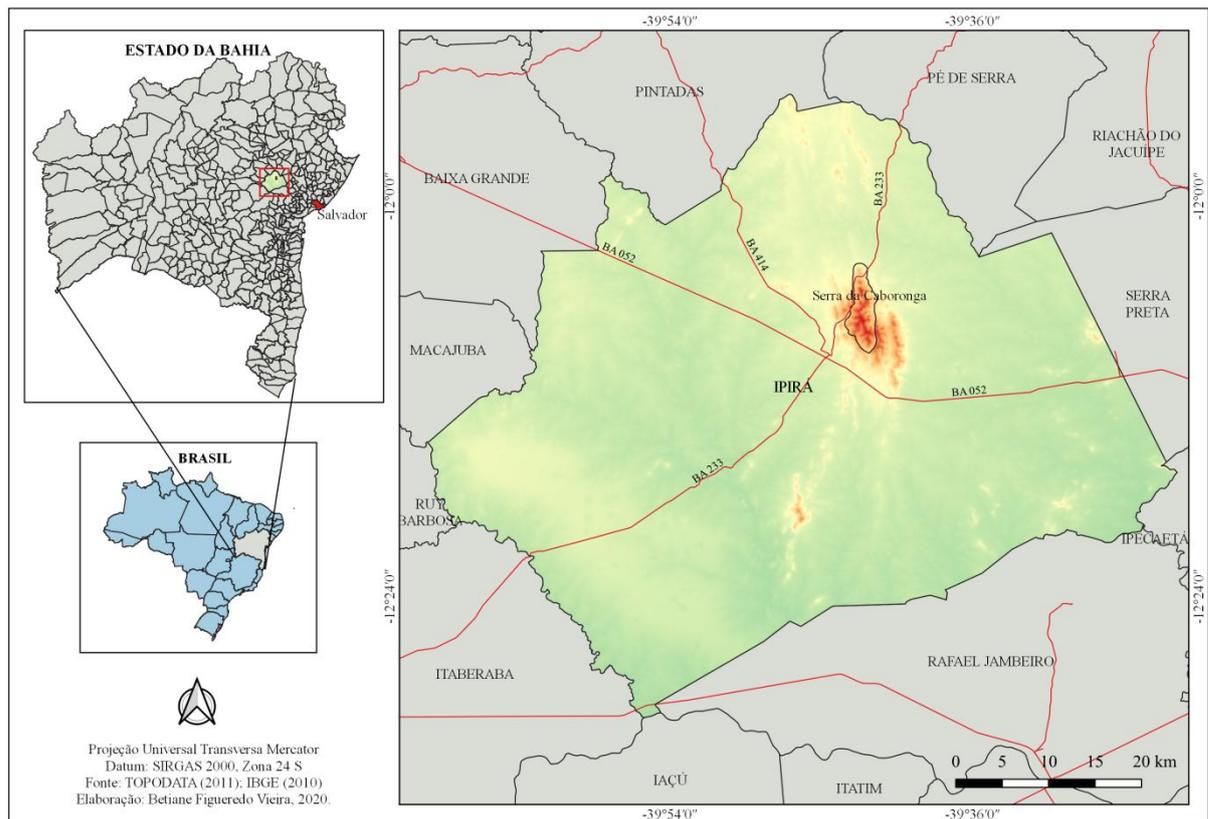
Para García-Rivero *et al.* (2019), baseados em outros autores (SALINAS, QUINTELA, 2001; QUINTELA *et al.*, 2001; PACHECO *et al.*, 2005; ALCÁNTARA, MUÑOZ, 2015; PRIEGO *et al.*, 2008; MENDONÇA, RIBEIRO, 2018), não existe uma regra geral para elaboração de um mapa de paisagens, pois a relevância de cada componente pode variar de um estudo para outro. Assim, a delimitação de unidades de paisagens deve considerar fatores como tamanho da área de estudo e a escala de trabalho, bem como a dinâmica dos componentes naturais (GARCÍA-RIVERO *et al.*, 2019).

2 PERCURSO METODOLÓGICO

2.1 Delimitação e caracterização da área de estudo

A Serra da Caboronga está localizada em Ipirá, município do Estado da Bahia (Figura 03). De acordo com a Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), o município de Ipirá está situado na Mesorregião Geográfica Centro Norte Baiano e na Microrregião Geográfica de Feira de Santana. Pertence a Região Econômica do Paraguaçu e ao Território de Identidade Bacia do Jacuípe, se destacando economicamente e exercendo bastante influência nesse último (SEI, 2014).

Figura 03 - Mapa de localização da Serra da Caboronga em Ipirá-BA



Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Ipirá tem uma área territorial de 3.048,50 km² (a área delimitada da Serra da Caboronga possui uma área de 21,4767 km², o equivalente a 0,70% da área do município), está situado entre as coordenadas geográficas -11°52'30'' e -12°32'24'' Sul e 39°24'14'' e -40°08'24'' Oeste, e dista 206 km de Salvador, capital do Estado da Bahia (IBGE, 2010).

Segundo a SEI (2014), Ipirá tem clima semiárido, que é caracterizado por intensa insolação, altas temperaturas, elevadas taxas de evapotranspiração e escassez e irregularidade pluviométrica. A temperatura média anual do município é de 24,2 °C, as precipitações são mal distribuídas, concentrando-se no período de novembro a março e sua pluviosidade anual é de 739,7 mm (SEI, 2014).

Essas condições climáticas fazem com que o município de Ipirá esteja inserido na Região Semiárida da Bahia e no Polígono das Secas – zona do Nordeste brasileiro reconhecida pela legislação como sujeita a longas e repetidas crises de prolongamento das estiagens, sendo assim objeto de políticas públicas de desenvolvimento e de convivência com as secas (SEI, 2014).

A acentuada evapotranspiração motivada pelas elevadas temperaturas e somada ao baixo índice pluviométrico da região, causa déficit hídrico e altos índices de aridez, repercutindo na formação dos solos, os quais em boa parte são rasos e pobres de nutrientes (SUDENE, 1989). Os solos do município variam de Planossolos (predominante), Latossolos, Luvisolos, Argissolos, Chernossolos e Neossolos (SEI, 2014).

A vegetação de Ipirá é composta por Caatinga Arbórea Densa com palmeiras e Floresta Estacional Decidual, sendo este último tipo, o que ocorre na Serra da Caboronga, o que faz com que sua ambiência seja diferenciada de todo o município, apresentando uma vegetação exuberante, com grande número de espécies vegetais (SEI, 2014).

Sobre a Mata da Caboronga, Costa (2003) descreve que “possui uma fertilidade assombrosa, encontrando-se ali, na distância de três quilômetros (3) da cidade, brejos, minações e córregos de água potável e cristalina, espalhando-se pelas estradas e baixios” (COSTA, 2003, p. 82)

Jesus e Santos (2018) destacam que a partir do estudo desenvolvido sobre a Serra da Caboronga ficou evidenciado o seu potencial natural, através de suas características físico-naturais: clima ameno, expressivo potencial hídrico, solos favoráveis à agricultura, beleza cênica, entre outros.

Tais autores apontam que em muitos setores da Serra da Caboronga os solos são encharcados, possuindo manto de intemperismo profundo e as encostas são cobertas por vegetação de médio e grande porte, “contrastando com as características peculiares de um ambiente semiárido (solos secos e rasos, vegetação xerófila de pequeno porte)” (JESUS; SANTOS, 2018, p.2).

O município de Ipirá está inserido no Pediplano Sertanejo, unidade geomorfológica caracterizada por terrenos planos ou levemente ondulada, originária de processos de

aplainamento ou pediplanação, com presença de “*inselbergs*” (SEI, 2014). O município está assentado sob uma vasta planície, com dispersas colinas e serras, possuindo uma altitude média de 328 metros (SEI, 2014).

A Serra da Caboronga destaca-se no relevo de Ipirá, com picos em torno de 800m de altitude (Figura 04). As principais feições geomorfológicas identificadas na Caboronga são: Áreas de Colinas, Planícies Fluviais, Setores com Morros Tabulares, com Morros de Topos Agudos, Áreas de Morros e Morrotes, Morros com Topos Aguçados e Vale Profundos, Colinas e Morros (JESUS; SANTOS, 2018).

2.2 Método

O método de abordagem dessa pesquisa foi o hipotético-dedutivo. Este método foi proposto por Karl Popper, e tem como característica principal a busca pela refutação ou confirmação de uma hipótese, visando o seu teste. De acordo com Popper (2007), esse método consiste em, a partir da existência de um problema de pesquisa, formular hipóteses, que são possíveis explicações desse problema, em seguida, sujeitá-las a testes de falseamento ou tentativas de refutação, que significa a busca pela invalidação das consequências deduzidas da hipótese, tendo como resultado, o falseamento ou a corroboração (confirmação) da teoria. Assim sendo, quando a hipótese resiste às tentativas de falseamento, ou seja, consegue superar todos os testes, tem-se a corroboração, uma espécie de confirmação não definitiva, pois é passível de ser refutada e/ou invalidada futuramente, em outros estudos e/ou em outras escalas temporais.

Essa pesquisa é do tipo aplicada, pois visou gerar conhecimentos para dar resposta a um problema. Quanto à forma de abordagem, essa pesquisa é do tipo quali-quantitativa, o que significa que foram desenvolvidos os dois aspectos (qualitativo e quantitativo), ambos usados para recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente. A abordagem qualitativa visa o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, entre outros, não se preocupando com representativa numérica. Baseia-se na subjetividade e não na objetividade. Já a abordagem quantitativa, os dados podem ser quantificados. Centra-se na objetividade (operações matemáticas, relações entre variáveis, etc.). Essa abordagem é fundamentada no positivismo (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

A abordagem qualitativa nessa pesquisa compreende a etapa de revisão bibliográfica e o levantamento de dados empíricos por meio da observação direta em campo. Enquanto a

abordagem quantitativa envolve o processo de elaboração de produtos cartográficos a partir de técnicas de geoprocessamento e tratamento estatístico dos dados climáticos.

Quanto aos objetivos, a pesquisa foi exploratória, pois teve como foco proporcionar maior aproximação com o problema, visando o tornar conhecido, uma vez que não existem muitas informações sobre a área pesquisada. Quanto aos procedimentos, a pesquisa foi baseada em quatro tipos: pesquisa bibliográfica, pesquisa de levantamento, pesquisa de campo e estudo de caso, conforme procedimentos metodológicos serão arrolados a seguir.

2.3 Procedimentos metodológicos

Inicialmente, foi realizada a revisão de literatura a partir de publicações científicas a exemplo de artigos de revistas, pela busca no portal de periódicos da CAPES, teses e dissertações na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), além de capítulos e livros em acervo digital e bibliotecário sobre os principais conceitos que permeiam essa pesquisa, a saber: relação sociedade/natureza, diagnóstico ambiental, sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas, planejamento ambiental, gestão ambiental, paisagem e geossistemas.

Devido à ausência de um limite vetorial oficial da Serra da Caboronga foi realizada a delimitação da área de estudo, a partir de dados de curvas de nível e de Modelo Digital de Elevação (MDE) no *software Qgis 3.4*, tendo como auxílio à Carta topográfica (SUDENE) – SD.24-V-B-II, folha Ipirá, ano de 1975 e escala 1:100.000.

Para o desenvolvimento dessa pesquisa definiu-se como recorte temporal o período de 2000 a 2020, correspondendo aos últimos 20 anos. Porém, a exceção se deu aos dados climatológicos, que foram levantados dos últimos 39 anos, visto que, 30 anos é o tempo mínimo que caracteriza uma mudança no clima.

A definição da escala temporal (2000-2020) justifica-se por Costa (2003) ter abordado em sua obra que a nascente denominada Bica da Caboronga, na época em que foi escrito o livro, tinha grande potencial hídrico e abastecia a comunidade local. E, hoje, conforme observado em visitas a campo e segundo relatos de atores sociais dados a essa pesquisadora, a nascente não é mais perceptível. Nesse viés, analisaram-se dados referentes ao período de 2000 a 2020 para verificar se houve mudanças na paisagem e ocorrência de impactos ambientais.

2.3.1 Diagnóstico físico-ambiental

Para atingir o primeiro objetivo “Realizar um diagnóstico ambiental do meio físico (Pedologia, Climatologia, Geomorfologia, Hidrografia, Geologia e Vegetação) da Serra da Caboronga” foi realizada a pesquisa, seleção e levantamento dos dados físicos (clima, vegetação, relevo, hidrografia, geologia, solo), seguida pelo tratamento, elaboração de produtos cartográficos e análise dos dados, conforme seguem:

2.3.1.1 Dados climatológicos

Foram levantados dados mensais de temperatura e precipitação do período de 1980 a 2020. Os dados de 1980 a 2013 foram obtidos de um projeto conjunto entre a Universidade do Texas (EUA) e da Universidade Federal do Espírito Santo (Brasil). Esses dados são de domínio público e estão disponíveis através do site: <<https://utexas.box.com/Xavier-et-al-IIOC-DATA>>, os quais são resultantes de processo de interpolação com validação cruzada e tiveram como fonte de dados o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE). A metodologia para a obtenção dessa base de dados foi descrita por Xavier *et al.* (2016).

Já os dados de temperatura e precipitação referente ao período de 2014 a 2020 foram levantados de cinco estações meteorológicas automáticas dos municípios de Macajuba, Itaberaba, Feira de Santana, Cruz das Almas e Serrinha, vizinhos a Ipirá – pois o mesmo não possui estação convencional e nem automática – no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foi feita a tabulação e a estatística (soma e média) desses dados no *software* de planilha *Microsoft Office Excel*, versão 2010.

Para obtenção dos dados médios referentes ao município de Ipirá, somaram-se os dados anuais dos cinco municípios supracitados, obtendo um total anual referente à integração dos dados das cinco estações meteorológicas. Com esses totais calculou-se a média (total/5) para cada ano, identificando assim os dados anuais do município de Ipirá (média das cinco estações). Feito isso, calculou-se os totais e as médias decenais dos dados (1980-1989; 1990-1999; 2000-2009; 2010-2019) e elaboraram-se gráficos de barras, tabelas e quadros a partir desses dados.

Foram construídos balanços hídricos climatológicos dos anos 2000, 2009 e 2019 a partir da planilha automática no formato .xls (programa operacional EXCEL), criada por

Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), baseada no método de Thornthwaite e Mather (1955) e disponibilizada gratuitamente no site <http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/aulas/leb630/BHseq64.xls>.

Para os devidos cálculos dos balanços hídricos na planilha do Excel, foi adotado o valor de 100 mm para a capacidade de água disponível (CAD) e inseridos dados de temperatura média mensal do ar e de precipitação total mensal, obtendo assim, dados de: evapotranspiração potencial (ETP); alteração do armazenamento de água no solo (ALT); evapotranspiração real (ETR); deficiência hídrica (DEF); excedente hídrico (EXC).

2.3.1.2 Dados geomorfológicos

Para analisar o relevo foram levantados dados de Modelo Digital de Elevação (MDE), disponíveis gratuitamente no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil - TOPODATA – DSR/INPE, no site: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata>>. O MDE é um dado *raster*, originário da missão de mapeamento do relevo terrestre SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). E o TOPODATA disponibiliza esse dado refinado da resolução original (~90m) no formato GRID para (~30m). A carta utilizada foi a 12s405_2n, a qual abrange parte do município de Ipirá-Ba.

A partir desses dados, foram gerados mapas de hipsometria e declividade no *software QGis 3.4*. Para realizar o cálculo da declividade utilizou-se como base o MDE, acessando o menu no *Qgis: Raster > Análise > Declividade*. Optou-se por gerar a declividade expressa em graus pra identificar as áreas com 45°, que são consideradas pela legislação como Área de Preservação Permanente (APP). Foi feita a reclassificação do arquivo de declividade utilizando a proposta de classes da Embrapa (1999), para isso utilizou-se o algoritmo “*reclass*” do *Grass* (complemento do *Qgis*), fazendo o *input* do arquivo *raster* e do arquivo de texto criado com as seguintes informações das classes:

0.0000 thru 1.720000 = 1 PLANO (0-1,72°)
 1.70001 thru 4.580000 = 2 SUAVE ONDULADO (1,72°-4,58°)
 4.580001 thru 11.310000 = 3 ONDULADO (4,58°-11,31°)
 11.310001 thru 24.230000 = 4 FORTE-ONDULADO (11,31°-24,23°)
 24.2300001 thru 36.870000 = 5 MONTANHOSO (24,23°-36,87°)
 36.870000 thru 87,130000 = (> 36,87°)

end

Feito isso, obteve-se o raster de declividade reclassificado, o qual se atribuiu uma rampa de cores, que varia do verde ao vermelho e confeccionou-se o *layout* do mapa. Para o mapa de hipsometria utilizou-se o MDE, atribuindo somente uma falsa-cor ao dado, utilizando uma paleta específica de cores, que varia do verde ao marron, com consequente elaboração do *layout*.

Foi feito o *download* do dado vetorial em formato *shapefile* de formas de relevo do Brasil no banco de dados do IBGE. Com esse dado realizou-se no *Qgis* o recorte (ferramenta recortar) da área de estudo com base no limite em forma de polígono, obtendo assim, o mapa de formas de relevo da Serra da Caboronga, utilizado para a delimitação das unidades de paisagem.

2.3.1.3 Dados geológicos, pedológicos, hidrográficos e de vegetação

Foram levantados dados vetoriais (*shapefile*) das unidades geológicas, dos tipos de solos, dos tipos de vegetação e de rede de drenagem em escala nacional no banco de dados do IBGE e elaborados os mapas de geologia, pedologia, hidrografia e vegetação a partir do recorte da área da Serra da Caboronga. Esse procedimento foi realizado no *Qgis*. Para isso utilizou-se o seguinte comando: Vetor > Geoprocessamento > Recortar. Confeccionou-se o *layout*, atribuindo cores específicas para cada dado.

2.3.2 Uso e cobertura do solo

O segundo objetivo “Avaliar o uso e cobertura da terra da área de estudo” foi contemplado com a elaboração de mapas de uso e cobertura da terra a partir de imagens de satélites dos anos de 2000, 2009 e 2019, disponibilizadas no catálogo da Divisão de Geração de Imagens do Serviço Geológico dos Estados Unidos (U.S.G.S. – *United States of Geological Survey*), no site: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. As imagens obtidas fazem parte da série de satélites LANDSAT (Land Remote Sensing Satellite).

Para aquisição dessas imagens realizou-se a pesquisa, seleção e o *download*. A seleção das imagens baseou-se no recorte temporal definido para esse estudo (2000-2020), bem como, da disponibilidade de cenas sem ou com pouca interferência de nuvens. Inicialmente, pretendia-se utilizar imagens com intervalo de 10 anos de uma para outra. Porém, devido à escassa quantidade de imagens disponíveis com poucas nuvens, foram selecionadas as cenas

datadas de 28/01/2000, 12/05/2009 e 02/12/2019. As duas primeiras imagens foram obtidas do satélite LANDSAT 5, sensor TM (*Thematic Mapper*) e a imagem do último período foi obtida a partir do satélite LANDSAT 8, sensor OLI (*Operational Land Imager*). Essas imagens apresentam resolução espacial de 30 m, de órbita 216 e ponto 68.

Após a aquisição das imagens, procedeu-se a etapa de processamento digital, realizado no software *Quantum Gis* 3.4. Inicialmente foi realizada a conversão dos valores digitais das imagens para medidas de reflectância, uma vez que foi feito o *download* das imagens brutas, sem processamento. Teixeira *et al.* (2017) explicam que as imagens de satélites são formadas por *pixels* contendo números digitais, que estão relacionados a radiação refletida pelos alvos da superfície. Assim, as imagens de satélites, normalmente, quando são baixadas, vêm codificadas com esses números digitais, sendo necessário converter esses valores de Número Digital para os valores físicos reais: radiância e reflectância.

Dessa forma, foi realizada a calibração radiométrica das imagens, que consiste na conversão dos números digitais brutos para unidades de radiância espectral. A radiância, de acordo com Meneses *et al.* (2012, p. 22) “é a medida feita pelo sensor da densidade de fluxo radiante que deixa um elemento de área da superfície do terreno, e que se propaga em uma direção definida por um cone elementar de um ângulo sólido contendo aquela direção”. A determinação da radiância é etapa primordial na conversão de dados das imagens de satélite em medidas de reflectância (SILVA; ANDRADE, 2013).

Segundo Weber, Freire-Silva e Oliveira (2020) a reflectância é a razão entre a radiação refletida pela radiação incidente. A conversão da radiância espectral no sensor para reflectância estratosférica no topo da atmosfera (TOA) permite a redução da variabilidade (de energia registrada) de cena para cena (Goergen, 2014).

Goergen (2014) com base em Robinove (1982) aponta que a conversão dos números digitais (ND) para reflectância é indicada quando é utilizada mais de uma imagem para análise, bem como, na utilização de mosaicos e séries temporais, que é o caso do presente estudo.

Esse procedimento de conversão dos dados das imagens para reflectância foi realizado a partir do complemento “*Semi-Automatic Classification plugin*” no *Qgis*, utilizando as bandas das imagens baixadas. Após essa etapa, foi utilizada uma combinação de bandas RGB (LANDSAT 8/OLI - 6, 5, 4 e para o LANDSAT 5/TM - 5, 4, 3) para a composição colorida da imagem com a finalidade de melhorar a visualização dos alvos. Para isso utilizou-se a ferramenta “Mosaico” do *Qgis*, que tem a função de mesclar às bandas selecionadas, dando

origem à composição das imagens. Feito isso, mudou-se a simbologia da imagem gerada, atribuindo uma falsa cor.

O passo seguinte foi realizar a classificação automática supervisionada das imagens, para isso, utilizou-se o *plugin* “*Dzetsaka classification doc*”. Dessa forma, foi criada uma camada em *shapefile*, no formato geométrico de pontos e a partir da interpretação visual de formas e cores foram definidas amostras de treinamento referentes a *pixels* que representam cada classe nas imagens. Feito isso, executou a ferramenta “*perform the classification*” do *plugin* “*Dzetsaka classification doc*” utilizando a opção *Random Forest* como classificador. Esse algoritmo, então, classificou os pixels, discriminando quatro classes: Floresta densa, Floresta aberta, Agropecuária e Solo exposto.

O *Random Forest* (RF) é um classificador que consiste em uma combinação de classificadores de estrutura de árvores de decisão, onde um dado classificado é resultado da votação por todas as árvores. Assim, o algoritmo *Random Forest* elege a classificação mais popular, ou seja, a classificação mais bem votada (CAVALCANTI, 2016; PAL, 2005). Uehara *et al.* (2020, p. 669) explicam que na classificação pelo RF, “os dados de entrada são selecionados aleatoriamente e separados em subconjuntos. Para cada subamostra, uma árvore de decisão é construída e, em seguida, o modelo de RF seleciona o resultado mais frequente”.

O RF é um dos algoritmos de aprendizado de máquina mais amplamente utilizado e isso se deve ao fato de servir tanto para classificação quanto para regressão (ABDI, 2019). Dentre as vantagens do RF destacam-se: sua condição não paramétrica, a alta precisão de classificação e a capacidade de estimar quais variáveis são importantes na classificação (RODRIGUEZ-GALIANO; GHIMIRE; ROGAN; CHICA-OLMO; RIGOL-SANCHEZ, 2012).

Ao realizar as classificações, foram geradas tabelas de matriz de confusão, permitindo a visualização do desempenho do algoritmo de classificação *Random Forest*. Com as classificações das imagens, foram realizados os recortes da área de estudo e construídos os *layouts* dos mapas, atribuindo uma cor a cada classe.

2.3.3 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Para atingir o terceiro objetivo “Analisar a distribuição espacial da cobertura vegetal a partir do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)” foram realizadas álgebras

de bandas na “calculadora raster”, ferramenta do *QGis*, para obtenção do NDVI, a partir da fórmula:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R}).$$

Onde:

NDVI é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

NIR é a reflectância no comprimento de onda correspondente ao Infra-vermelho Próximo (0,76 a 0,90 μm);

R é a reflectância no comprimento de onda correspondente ao Vermelho (0,63 a 0,69 μm).

As imagens de satélites usadas nesse procedimento foram às mesmas do uso e cobertura da terra, ou seja, duas imagens do sensor TM (LANDSAT-5) datadas de 28/01/2000 e 12/05/2009 e uma do sensor OLI (LANDSAT-8) datada de 02/12/2019, já com reflectância.

Inicialmente, pretendia-se analisar o NDVI para dois períodos do ano: seco e chuvoso, mas devido à escassez de imagens sem ou com pouca interferência de nuvens não foi possível, optando então por analisar uma pra cada ano, correlacionando-as aos dados de precipitação, para verificar se houve influência dos eventos pluviométricos nos resultados do NDVI.

Na realização dos cálculos para obtenção dos resultados de NDVI advindos do sensor TM (imagens de 2000 e 2009), foram utilizadas as bandas 3 (Vermelho – 0,63 μm a 0,69 μm) e 4 (Infravermelho Próximo – 0,76 μm a 0,90 μm) e do sensor OLI, foram usadas as bandas 4 (Vermelho – 0,64 μm a 0,67 μm) e 5 (Infravermelho Próximo – 0,85 μm a 0,88 μm).

Realizadas as operações matemáticas entre as bandas dos sensores satelitários, procedeu-se a reclassificação dos arquivos *raster* gerados. Para isso, utilizou-se o algoritmo “*recode*” do Grass (complemento do *QGis*), fazendo o *input* do arquivo *raster* e do arquivo de texto criado com as seguintes informações das quatro classes propostas:

0.000:0.350:1

0.351:0.500:2

0.501:0.700:3

0.701:1.000:4

Onde a classe 1 corresponde a baixa densidade, a classe 2 à média densidade, a classe 3 à média alta densidade e a classe 4 à alta densidade de vegetação. Após a reclassificação, foi atribuída uma rampa de cor às classes, que varia do amarelo claro ao verde escuro, finalizando com a construção dos *layouts* dos mapas.

2.3.4 Delimitação das unidades de paisagem

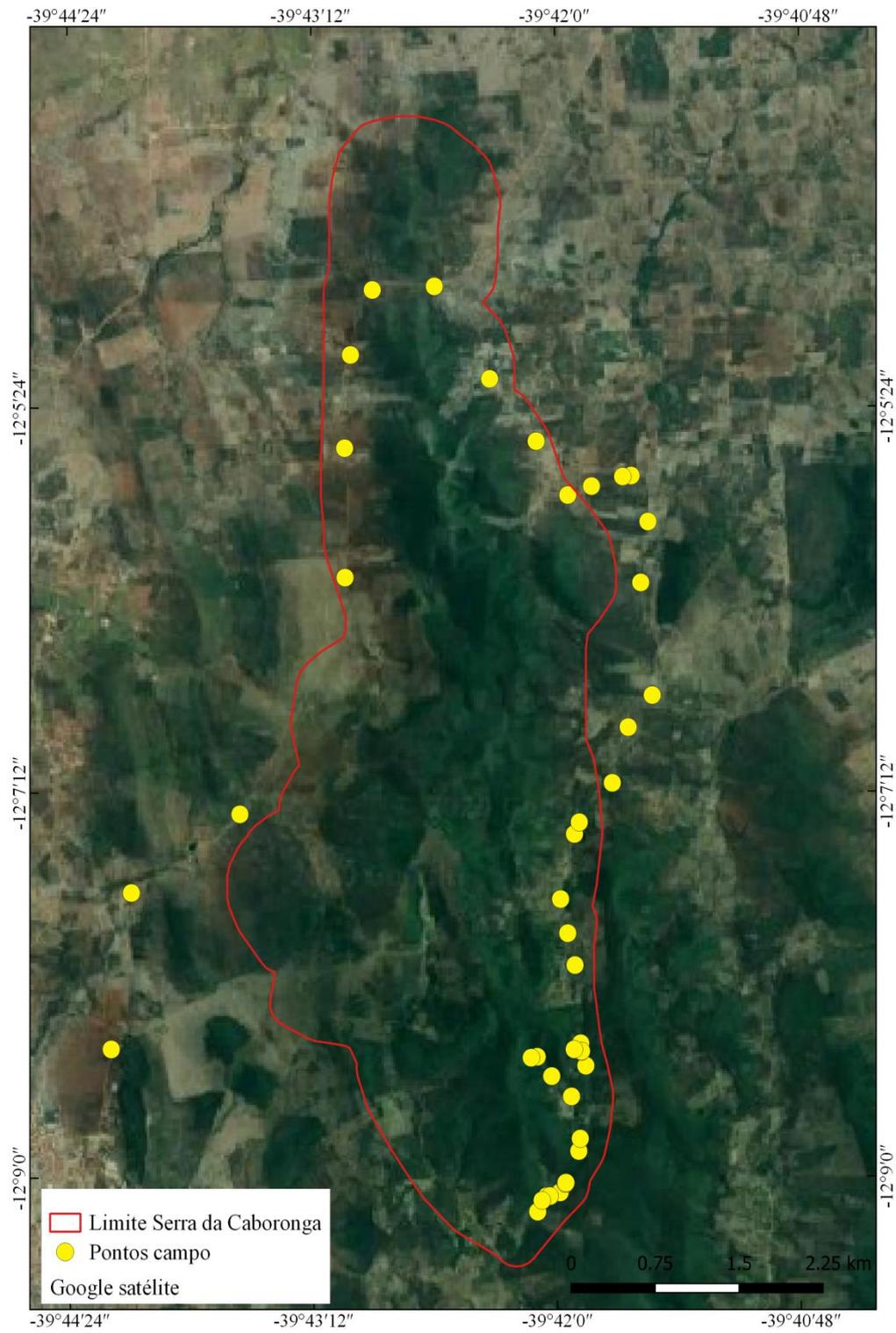
Para alcançar o quarto objetivo “Delimitar as unidades de paisagem a partir da integração dos aspectos físicos-naturais e antrópicos da Serra da Caboronga” foi realizada a sobreposição de mapas dos aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrográficos e de uso e cobertura da terra. A escolha dos elementos mais representativos e a delimitação das UPs foram baseadas em Bertrand (2004), Monteiro (2000) e estudos recentes como Dias e Santos (2007); Silva, Lima e Boin (2017); Barbalho *et al.* (2018); Vasconcelos e Souza (2018); Belem e Nucci (2020); Souza, Nunes e Herculano (2021), entre outros.

Assim, por meio da álgebra de mapas temáticos (embasamento geológico, formas de relevo, tipos de solos, rede de drenagem e uso e cobertura da terra), em formato *raster* e utilizando a “calculadora raster”, ferramenta do *Qgis*, foram geradas e delimitadas as UPs da Serra da Caboronga. Posteriormente, esse arquivo gerado foi transformado em vetor e atribuiu-se uma cor a cada UP.

2.3.5 Validação dos dados secundários

Foram realizadas duas visitas a campo, uma no final do ano de 2020 (20/12/2020) e a outra em janeiro de 2021 (31/01/2021), para validação dos dados secundários, principalmente, para identificação e visualização dos usos e impactos na área, a partir da observação direta. Durante essas visitas foram feitos registros fotográficos com câmera de celular de 16 megapixels, resolução 4608x3456 pixels e coleta de coordenadas de pontos com uso de aplicativo de *android* de GPS (C7 GPS). O mapa da figura 04 mostra a distribuição dos pontos onde foram coletadas as coordenadas em campo.

Figura 04 – Pontos de coleta de coordenadas na Serra da Caboronga



Fonte: Google satélite
Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2021.

3 DIAGNÓSTICO FÍSICO-AMBIENTAL DA SERRA DA CABORONGA

Esse capítulo apresenta as principais características físico-ambientais da Serra da Caboronga (condições climáticas, cobertura vegetal, geomorfologia, recursos hídricos, geologia e pedologia), consistindo assim, em um levantamento geográfico de dados e informações sobre os componentes ambientais da área de estudo. Essa caracterização do meio físico compõe o diagnóstico ambiental e consiste na primeira etapa desse processo, que evidencia as condições naturais e a dinâmica do ambiente.

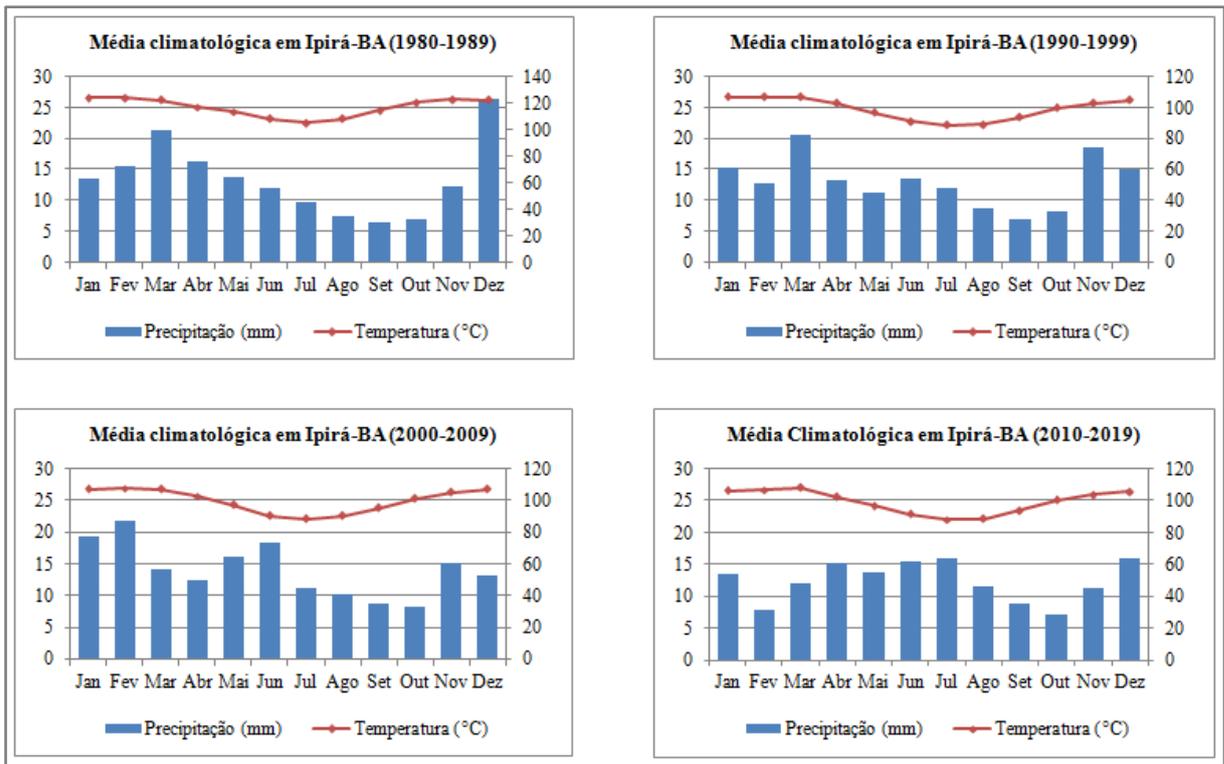
3.1 Condições climáticas

A inexistência de estação meteorológica, tanto convencional quanto automática, no município de Ipirá/BA, apresenta-se como um desafio para detalhamento das condições climáticas da Serra da Caboronga, no entanto, isso não impede sua compreensão e caracterização geral. Os dados climatológicos aqui apresentados, uma parte (1980-2013) foi obtida através da base de dados, resultante de um processo de interpolação com validação cruzada, de um projeto conjunto entre a Universidade do Texas (EUA) e a Universidade Federal do Espírito Santo (Brasil) e a outra parte (2014-2019) foi obtida a partir de cálculos das médias dos dados de cinco estações meteorológicas vizinhas ao município de Ipirá/BA.

Os climogramas apresentados (Figura 5) mostram as médias mensais de pluviosidade e de temperatura por década, no município de Ipirá, no período de 1980 a 2019. A definição desse recorte temporal baseia-se no argumento de alguns autores, tais como Galvani e Luchiari (2004), Tarifa (2011) e Silva, Moura e Jardim (2017), que utilizam o recorte mínimo de trinta anos de observação instrumental, como definição clássica do clima, para caracterizar uma mudança climática, daí optou-se por analisar dados climáticos como temperatura e precipitação de um período de 39 anos.

De acordo com a série histórica analisada, o verão é a estação mais chuvosa do ano. Segundo a classificação de Köppen, essa característica é típica do clima tropical Aw (quente), o qual apresenta verões chuvosos e invernos secos (ALVAREZ *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2019; PETRUCCI, 2017). Assim, o clima do município de Ipirá é do tipo tropical semiárido (IBGE, 2019), que é caracterizado pela escassez e irregularidade pluviométrica, com chuvas no verão, elevadas temperaturas, baixa umidade e altas taxas de evaporação (GURGEL; MEDEIROS, 2018; SOUZA *et al.*, 2020).

Figura 05 - Climogramas do município de Ipirá-BA do período de 1980 a 2019



Fonte: Xavier *et al.* (2016); INMET (2019).
Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

Observou-se que houve uma variabilidade na distribuição mensal de chuvas no decorrer das décadas. Nos anos 1980, os meses mais chuvosos foram de dezembro a abril, enquanto na década de 1990, foram entre novembro e março. Nos anos 2000, o período chuvoso se estendeu de novembro a junho e, na década de 2010, as chuvas se concentraram em dois períodos, de novembro a janeiro e de abril a julho.

Nesse contexto, Silva, Pereira e Almeida (2012) destacam que:

A precipitação no interior da Bahia ocorre de novembro a março, com um máximo em dezembro e está associada com as incursões dos sistemas frontais na direção equatorial. Ainda existem algumas áreas em que os regimes de precipitação apresentam dois máximos anuais, resultantes da existência de distúrbios de escala sinótica que atuam em épocas distintas. Isso ocorre no setor centro norte do Estado da Bahia, entre os meses de dezembro e março (SILVA; PEREIRA; ALMEIDA, 2012, p. 169).

Como se verifica, essa caracterização do regime pluviométrico do interior da Bahia condiz com a realidade do município de Ipirá, inclusive, na década de 2010, o município apresentou dois períodos chuvosos em épocas diferentes, o que pode estar atrelado a esses distúrbios de escala sinótica, como explicam os autores.

Dessa forma, verifica-se que nas décadas de 1980 e 1990 o outono e o inverno foram secos, enquanto nas décadas de 2000 e 2010 apresentaram um crescimento expressivo nas médias pluviométricas. Desse modo, ficando assim registrada, nos últimos anos, uma variabilidade no regime pluviométrico, visto que houve uma redução nas médias de precipitação no verão e um aumento no outono e no inverno.

O período mais seco ocorre entre abril e outubro. Contudo, pode haver irregularidade e variabilidade na sua distribuição cronológica, podendo se antecipar ou estender para outros meses, além de ocorrer descontinuação e alternância de meses chuvosos e secos, como ocorreu na década de 2010, em que fevereiro apresentou um baixo volume pluviométrico – quando normalmente é um mês chuvoso – e os meses de março a julho, por sua vez, registraram índices de chuvas maiores do que o esperado, uma vez que é a época em que as chuvas diminuem. Essa irregularidade é típica do clima semiárido que, em alguns anos, pode apresentar uma estação chuvosa escassa e tardia, assim como também, apresentar uma má distribuição pluviométrica no decorrer do ano.

A variabilidade temporal da precipitação é uma característica marcante do semiárido nordestino (NÓBREGA; SANTIAGO; SOARES, 2016). Essa variabilidade inter e intra-anual na precipitação é motivada por diferentes sistemas atmosféricos que agem na região Nordeste, dentre eles, destacam-se: os Vórtices Ciclônicos em Ar Superior, os Distúrbios Ondulatórios de Leste, a Zona de Convergência Intertropical, a Zona de Convergência do Atlântico Sul e os Sistemas Frontais (SILVA; PEREIRA; ALMEIDA, 2012; NÓBREGA; SANTIAGO; SOARES, 2015; SOUSA; CANDIDO; ANDREOLI, 2018).

Além disso, os fenômenos *El Niño* e *La Niña*, decorrentes da oscilação da Temperatura da Superfície do Mar tem forte influência no regime pluviométrico da região semiárida (NÓBREGA; SANTIAGO; SOARES, 2016; SOUZA; NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2017; SOUSA; CANDIDO; ANDREOLI, 2018).

Dentro do período estudado, a precipitação pluviométrica média anual foi maior na década de 1980, apresentando um valor de 761,8 mm, enquanto na década de 2010, registrou-se o menor índice, ou seja, 598,1 mm. O valor médio anual de chuvas do período (1980-2019) foi 665,9 mm, sendo a média do mês mais chuvoso (dezembro) 75,1 mm e a do mês mais seco (outubro) 32,1 mm (Tabela 1).

Tabela 01 - Precipitação média mensal por década no município de Ipirá-BA (1980-2019)

Meses	Precipitação Média (mm)	Precipitação Média
-------	-------------------------	--------------------

	1980-89	1990-99	2000-09	2010-19	(mm) (1980-2019)
Janeiro	63,7	61,7	77,2	54,4	64,2
Fevereiro	73,3	50,7	87,6	32,1	60,9
Março	100,3	82,3	56,5	48,7	71,9
Abril	76,9	53,5	49,6	61,2	60,3
Mai	65,1	45,3	64,4	55,2	57,5
Junho	56,7	54,3	73,9	62,5	61,9
Julho	45,6	48,2	45,2	64	50,7
Agosto	35,3	35,1	41,2	46,3	39,5
Setembro	30,5	28	35,2	35,2	32,2
Outubro	33,2	32,9	33,6	28,8	32,1
Novembro	57,3	74,3	61,1	45,8	59,6
Dezembro	123,9	59,9	52,9	63,9	75,1
Média Decenal	761,8	626,2	678,4	598,1	665,9

Fonte: Xavier *et al.* (2016); INMET (2019).
Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

As temperaturas são mais elevadas no período de outubro a março, o que compreende boa parte dos meses mais chuvosos, enquanto que as temperaturas mais baixas do ano são registradas de abril a setembro, período que corresponde ao outono e inverno. Dessa forma, o município apresenta verões chuvosos e quentes e invernos secos e frios. A temperatura média mensal do município oscila entre 21°C e 28°C no decorrer do ano, sendo a média anual do período (1980-2019) em torno de 25°C. A média do mês mais quente (fevereiro) foi de 26,8 °C e a do mês mais frio (julho) 22,2 °C (Tabela 2).

Tabela 02 - Temperatura média mensal por década no município de Ipirá-BA (1980-2019)

Meses	Temperatura Média (°C)				Temperatura Média (°C) (1980-2019)
	1980-89	1990-99	2000-09	2010-19	
Janeiro	26,6	26,8	26,8	26,6	26,7
Fevereiro	26,6	26,8	27	26,8	26,8
Março	26,3	26,8	26,8	27,1	26,7
Abril	25,2	25,7	25,8	25,7	25,6
Mai	24,4	24,3	24,4	24,3	24,3
Junho	23,2	22,8	22,7	22,9	22,9
Julho	22,6	22,2	22,2	22,1	22,2
Agosto	23,3	22,3	22,6	22,2	22,6
Setembro	24,6	23,5	23,9	23,5	23,8
Outubro	25,9	25	25,4	25,1	25,3
Novembro	26,4	25,8	26,3	26	26,1
Dezembro	26,3	26,3	26,8	26,5	26,4
Média Decenal	25,1	24,8	25	24,9	24,9

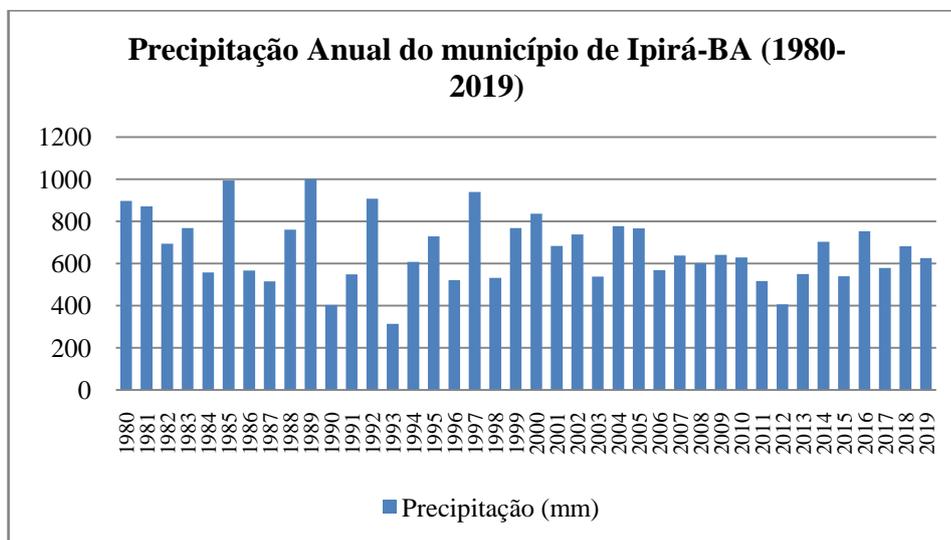
Fonte: Xavier *et al.* (2016); INMET (2019).

Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

Como pode ser observada na figura 6, a precipitação anual em quase todo o período (1980 a 2019) foi inferior a 800 mm, a exceção ocorreu em sete (1980, 1981, 1985, 1989, 1992, 1997 e 2000) dos 39 anos analisados. Nos anos de 1980, 1981 e 2000 foram registrados valores um pouco acima de 800 mm, isto é, 897,3 mm, 870,8 mm, 836,6 mm, respectivamente. Os anos com maiores acumulados pluviométricos foram 1985 (993,4 mm), 1989 (1000,5 mm), 1992 (908,2 mm) e 1997 (939,8 mm).

Acredita-se que a explicação para os anos extremos 1985 e 1989, onde evidenciaram índices pluviométricos em torno de 1000 mm, reside na atuação da *La Niña*, fenômeno que na região Nordeste do Brasil provoca um maior volume de chuvas do que o esperado, ficando algumas vezes acima da média histórica. A *La Niña* é o fenômeno oposto ao *El Niño* e caracteriza-se por um esfriamento anômalo nas águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial, consistindo assim em um episódio frio que causa anomalias no clima, como chuvas intensas no Nordeste (RODRIGUES *et al.*, 2017).

Figura 06 - Precipitação total anual do município de Ipirá-BA (1980 a 2019)



Fonte: Xavier *et al.* (2016); INMET (2019).

Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

Nos anos de 1992 e 1997, apesar da ocorrência de episódios do *El Niño*, o qual causa a redução da precipitação pluviométrica no Nordeste (FERREIRA *et al.*, 2017), o município de Ipirá apresentou volumes de chuvas um pouco acima de 900 mm, porém, verifica-se que nos anos subsequentes (1993 e 1998) foram registrados valores muito baixos de precipitações, o

que pode ter sido efeitos desse fenômeno, uma vez que ele ocorreu de um ano pro outro, ou seja, de 1992 a 1993 e de 1997 a 1998 (Quadro 2).

O *El Niño* consiste no aquecimento anômalo das águas superficiais do Pacífico Leste e Central, nas proximidades da América do Sul, mais particularmente na costa do Peru e Equador, alterando assim, a circulação atmosférica e causando modificações nos elementos climáticos em várias regiões do globo (SOUZA; NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2017). Esse fenômeno causa escassez de precipitação na região Nordeste, aumento de chuvas na Região Sul, além de inverno mais quente e ventos fortes nas regiões Sul e Sudeste (RODRIGUES *et al.*, 2017).

Marcuzzo e Romero (2013) apontam que os fenômenos *El Niño e La Niña* exercem um papel importante nas anomalias de distribuição temporal das chuvas, gerando aumento ou diminuição da precipitação, em períodos de intensa variação na temperatura média do oceano pacífico. Nesse sentido, corrobora-se com Sousa *et al.* (2015, p. 14), quando discutem que “o impacto causado pelo fenômeno *El Niño (La Niña)*, dependendo da sua intensidade pode resultar em secas (enchentes) severas, interferindo de forma significativa nas atividades econômicas nas regiões Norte e Nordeste do Brasil”.

Com base na figura 6 e no quadro 2 observa-se que dentre os anos com menores acumulados pluviométricos, oito deles podem está relacionados aos efeitos do *El Niño* na região Nordeste, pois registraram episódios desse fenômeno, sendo a maioria de intensidade moderado a forte, a saber: 1986 (566 mm), 1987 (514 mm), 1991 (548,3 mm), 1993 (313,2 mm), 1998 (531,2 mm), 2003 (537,9 mm), 2006 (568,4 mm) e 2015 (539,5 mm).

Quadro 02 - Anos e intensidades de *El Niño e La Niña* (1980 a 2018)

Ano	<i>El Niño</i>	<i>La Niña</i>	Intensidade
1980	Ocorrência	-	Moderado
1982-1983	Ocorrência	-	Forte
1984-1985	-	Ocorrência	Fraco
1986-1987	Ocorrência	-	Moderado
1987-1988	Ocorrência	-	Forte
1988-1989	-	Ocorrência	Moderada
1991-1992	Ocorrência	-	Forte
1992-1993	Ocorrência	-	Fraco
1997-1998	Ocorrência	-	Forte

1998-1999	-	Ocorrência	Fraca
1999-2000	-	Ocorrência	Moderada
2002-2003	Ocorrência	-	Moderado
2006-2007	Ocorrência	-	Moderado
2007-2008	-	Ocorrência	Moderada
2009-2010	Ocorrência	-	Moderado
2010-2011	-	Ocorrência	Moderada
2015-2016	Ocorrência	-	Forte
2017-2018	-	Ocorrência	Moderada
2019-2020	Ocorrência	-	Fraca

Fonte: CPTEC-INPE (2018).

Elaboração: Betiane Figueredo Vieira (2020).

O município apresenta valores médios de precipitações, inferiores a 800 mm anuais e de temperaturas elevadas durante a maior parte do ano, além disso, verifica-se uma irregularidade no regime pluviométrico, que somada a altas taxas de evapotranspiração faz com que o mesmo apresente déficit hídrico (Tabelas 3, 4 e 5, disponibilizadas no decorrer do capítulo), potencializando assim os períodos de secas, que caracterizam bem o semiárido (GONDIM *et al.*, 2017).

As condições climáticas influenciam no balanço hídrico de uma área, isto é, repercute na quantidade e disponibilidade de água presente no solo. Nesse ínterim, o balanço hídrico climatológico pode ser entendido como um meio de quantificar a entrada e a saída de água no solo. A entrada de água é condicionada, principalmente, pela precipitação pluvial e a saída pela evapotranspiração (FERREIRA *et al.*, 2017). A partir de dados de precipitação e de temperatura, estima-se a evapotranspiração potencial, por meio de fórmulas matemáticas e daí, calcula-se o balanço hídrico, o qual fornece estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM).

O balanço hídrico consiste em um indicador climatológico da disponibilidade hídrica de um lugar e constitui-se como uma importante ferramenta utilizada para o zoneamento agroclimático regional, assim como, para estipular a demanda de água pelas culturas irrigadas, para o conhecimento do regime hídrico local, ou ainda, para definição de prioridades no planejamento dos recursos hídricos (AGUILAR *et al.*, 1986; CAMARGO; CAMARGO, 1993; FERREIRA; MONTEIRO, 2017).

Nesse caso, construiu-se o balanço hídrico para o município de Ipirá/BA, a partir do método de Thornthwaite e Mather (1955), para os anos 2000, 2009 e 2019, com o objetivo de conhecer o regime hídrico local e verificar sua relação com a dinâmica da vegetação. Assim, a definição do recorte temporal para análise do balanço hídrico se deu em função das imagens de satélites selecionadas para avaliação da cobertura vegetal, que têm como datas os anos de 2000, 2009 e 2019.

Com base em Camargo e Camargo (2000), para que haja uma disponibilidade hídrica adequada, os índices pluviométricos devem ser superiores a evapotranspiração potencial, uma vez que esta representa a precipitação necessária para suprir à necessidade de água da cobertura vegetal. Quando a água no solo é suficiente, a evapotranspiração potencial depende apenas da energia solar. Porém, se há ausência dessa umidade no solo, a evapotranspiração será reduzida, e nesse caso, tem-se a evapotranspiração real, que é menor que a potencial (CAMARGO; CAMARGO, 2000).

O balanço hídrico do ano 2000 (Tabela 3) mostra que o município apresentou déficit hídrico em quase todo o ano, totalizando o valor de 520,5 mm, isso ocorreu em virtude da irregularidade de chuvas e do baixo índice pluviométrico, atrelados às altas taxas de evapotranspiração. Somente o mês de novembro não apresentou deficiência hídrica, visto que o volume de chuvas (158,1 mm) nesse mês foi maior do que a evapotranspiração (131,4 mm). Porém, também não houve excedente hídrico, pois as chuvas foram suficientes apenas para que o déficit fosse zerado. Em todo o ano, não houve excedente hídrico, o que significa que as chuvas são insuficientes e a perda de água é expressiva.

Tabela 03 - Balanço hídrico climatológico do Município de Ipirá-BA (2000)

Meses	P mm	ETP	P-ETP mm	NEG.AC	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Jan	59,3	137,42	-78,1	-215,3	11,62	-13,75	73,1	64,4	0,0
Fev	58,0	134,45	-76,4	-291,7	5,41	-6,21	64,2	70,2	0,0
Mar	59,0	138,70	-79,7	-371,4	2,44	-2,97	62,0	76,7	0,0
Abr	86,1	116,58	-30,5	-401,9	1,80	-0,64	86,7	29,8	0,0
Mai	63,3	101,68	-38,4	-440,3	1,22	-0,57	63,9	37,8	0,0
Jun	67,9	79,70	-11,8	-452,1	1,09	-0,14	68,0	11,7	0,0
Jul	48,2	76,43	-28,2	-480,3	0,82	-0,27	48,5	28,0	0,0
Ago	37,3	84,41	-47,1	-527,4	0,51	-0,31	37,6	46,8	0,0
Set	55,4	92,33	-36,9	-564,4	0,35	-0,16	55,6	36,8	0,0
Out	9,7	124,17	-114,5	-678,8	0,11	-0,24	9,9	114,2	0,0

Nov	158,1	131,39	26,7	-131,6	26,83	26,71	131,4	0,0	0,0
Dez	134,3	139,88	-5,6	-137,2	25,37	-1,46	135,8	4,1	0,0
TOTAIS	836,6	1357,14	-520,5	-	78	0,00	836,6	520,5	0,0
MÉDIAS	69,7	113,10	-43,4	-	6,5	-	69,7	43,4	0,0

P: precipitação; ETP: evapotranspiração potencial; ALT: alteração do armazenamento de água no solo (+ indica recarga; - indica retirada); ETR: evapotranspiração real; DEF: deficiência hídrica; EXC: excedente hídrico.

Fonte: Xavier *et al.* (2016); INMET (2019);

Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

O valor mais crítico de déficit hídrico ocorreu em outubro (114,2 mm), seguido pelos meses de janeiro (64,4 mm), fevereiro (70,2 mm) e março (76,7 mm), em contrapartida, o mês de menor índice foi dezembro, com um valor de 4,1 mm. Esses números expressivos são justamente por conta dos baixos valores de precipitações em detrimento à altas taxas de evapotranspiração, enquanto o baixo valor de déficit hídrico ocorrido em dezembro se deve ao fato desse mês ter apresentado um acumulado pluviométrico (134,3 mm) próximo ao valor da evapotranspiração (135,8 mm).

A evapotranspiração potencial total no ano foi de 1.357,1 mm, apresentando valores elevados na primavera, verão e outono, sendo o mês de dezembro o de maior valor (139,8 mm). As menores taxas foram registradas no inverno, justamente porque a radiação solar é reduzida. Dessa forma, corrobora-se com Camargo e Camargo (2000, p. 126-127) quando afirmam que “a evapotranspiração potencial, portanto, é mais elevada no verão, quando os dias são mais longos e maior a radiação solar”.

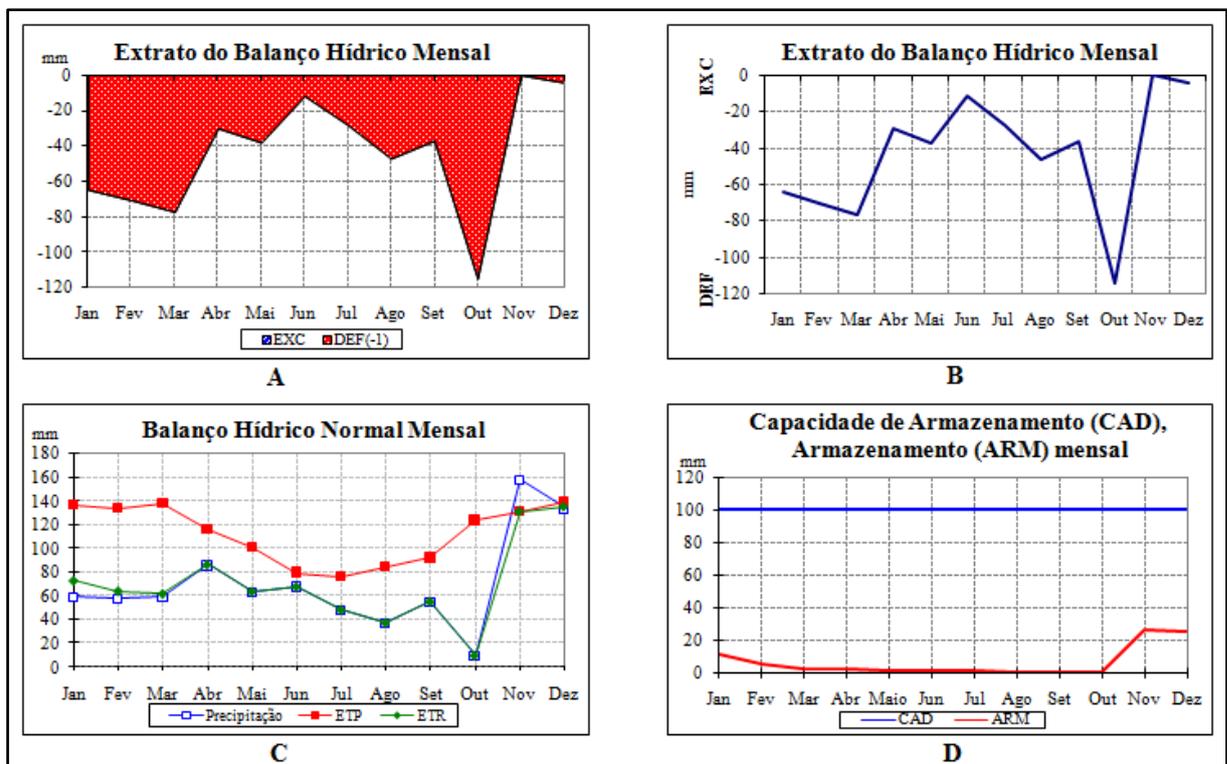
Já a evapotranspiração real, que é a perda de água por evaporação e transpiração baseada nas condições reais atmosféricas e de umidade no solo (FERNANDES, 2015), totalizou-se um valor de 836,6 mm no ano, sendo os meses de novembro e dezembro os que apresentaram as maiores taxas – 131,4 mm e 135,8 mm, respectivamente. Esses meses foram também os mais chuvosos e os que tiveram maior quantidade de água armazenada no solo, o que justifica os meses mais secos terem registrado menores taxas de evapotranspiração.

Nesse contexto, explicam Rocha *et al.* (2017) que “a evapotranspiração depende da disponibilidade de umidade na área ou abaixo da superfície (zona insaturada), que é evaporada diretamente ou através da transpiração da vegetação” (ROCHA *et al.*, 2017, p. 391). A menor taxa de ETR ocorreu em outubro, que foi o mês de pluviosidade mais baixa. A ETR apresentou-se idêntica a ETP no mês de novembro e diferenciou-se levemente no mês de dezembro.

Os gráficos da figura 7, referentes ao extrato do balanço hídrico mensal evidenciam que não houve excedente hídrico no ano de 2000 e que o município apresenta altos valores de

deficiência hídrica, sendo o seu extremo em outubro e o mínimo em dezembro. Já o gráfico do balanço hídrico normal mensal mostra a relação da precipitação e a evapotranspiração potencial e a real, para tanto, verifica-se que enquanto a ETP é superior a precipitação em quase todos os meses, a ETR tem valores semelhantes a P, e por isso, menores do que da ETP. O armazenamento mensal de água no solo foi muito abaixo do seu valor de capacidade de armazenamento (100).

Figura 07 - Gráficos do Balanço Hídrico climatológico do município de Ipirá-BA – 2000



Fonte: Xavier *et al.* (2016); INMET (2019).
Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

De acordo com a tabela 4, no ano de 2009, o município registrou um acumulado pluviométrico de 640,7 mm, um índice menor do que o registrado em 2000 (836,6 mm). Todavia, apresentou uma taxa anual de evapotranspiração potencial (1.523,52 mm) maior que a do ano supracitado (1.357,14 mm), o que significa que em 2009 a demanda hídrica foi muito inferior ao do ano de 2000, e ademais, teve uma deficiência hídrica mais acentuada (882,8 mm) do que a do período anterior (520,5 mm).

Tabela 04 - Balanço hídrico climatológico do município de Ipirá-BA (2009)

Meses	P	ETP	P-ETP	NEG.AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
-------	---	-----	-------	--------	-----	-----	-----	-----	-----

	mm		mm		mm	mm	mm	mm	mm
Jan	25,7	150,94	-125,2	-574,6	0,32	-0,80	26,5	124,4	0,0
Fev	44,4	138,99	-94,6	-669,2	0,12	-0,20	44,6	94,4	0,0
Mar	4,4	175,21	-170,8	-840,0	0,02	-0,10	4,5	170,7	0,0
Abr	64,2	136,02	-71,8	-911,8	0,01	-0,01	64,2	71,8	0,0
Mai	153,8	99,79	54,0	-61,6	54,02	54,01	99,8	0,0	0,0
Jun	40,8	82,97	-42,2	-103,7	35,44	-18,59	59,4	23,6	0,0
Jul	50,9	80,43	-29,5	-133,3	26,38	-9,06	60,0	20,5	0,0
Ago	35,3	80,37	-45,1	-178,3	16,81	-9,57	44,9	35,5	0,0
Set	12,8	112,99	-100,2	-278,5	6,17	-10,64	23,4	89,6	0,0
Out	148,2	139,36	8,8	-189,6	15,02	8,84	139,4	0,0	0,0
Nov	3,6	149,83	-146,2	-335,8	3,48	-11,54	15,1	134,7	0,0
Dez	56,6	176,64	-120,0	-455,9	1,05	-2,43	59,0	117,6	0,0
TOTAIS	640,7	1523,52	-882,8	-	159	-0,07	640,8	882,8	0,0
MÉDIAS	53,4	126,96	-73,6	-	13,2	-	53,4	73,6	0,0

P: precipitação; ETP: evapotranspiração potencial; ALT: alteração do armazenamento de água no solo (+ indica recarga; - indica retirada); ETR: evapotranspiração real; DEF: deficiência hídrica; EXC: excedente hídrico.

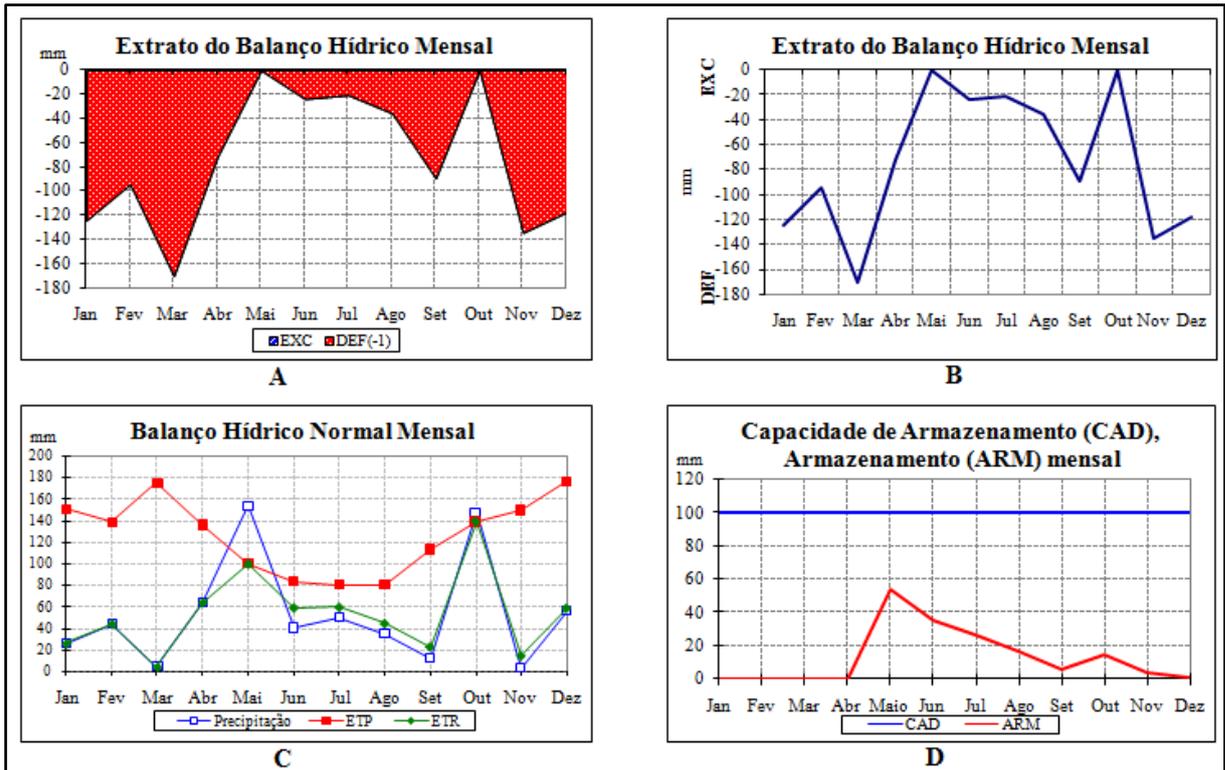
Fonte: Xavier *et al.* (2016); INMET (2019);

Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

Destarte, as chuvas escassas e mal distribuídas durante o ano e a evapotranspiração elevada, fez com que o município apresentasse altos valores de déficit hídrico em um largo período (de janeiro a abril e setembro, novembro e dezembro), sendo sua máxima registrada no mês de março (170,7 mm). Esses meses foram justamente os que apresentaram menores índices pluviométricos e as temperaturas mais altas.

Somente os meses de maio e outubro não tiveram deficiência hídrica, uma vez que o volume de chuvas (153,8 mm e 148,2 mm, respectivamente) superou as taxas de evapotranspiração (99,8 mm e 139,4 mm, respectivamente), sendo estes também, os mais chuvosos do ano. No entanto, esses meses não apresentaram excedente hídrico, assim como no resto do ano (Figura 8).

Figura 08 - Gráficos do Balanço Hídrico climatológico do município de Ipirá-BA - 2009



Fonte: Xavier *et al.* (2016); INMET (2019).
Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

Quanto aos valores referentes à água armazenada no solo (ARM), verifica-se que a situação também foi crítica na maior parte do ano, pois somente entre os meses de maio e agosto o armazenamento foi considerado satisfatório (gráfico D da figura 8).

A evapotranspiração potencial foi maior no verão e mais baixa no inverno, como comumente acontece, sendo dezembro o mês com maior perda de água para a atmosfera (176,64 mm) e agosto o de menor perda (89,3 mm). No que se refere à evapotranspiração real, os meses de maio e outubro foram os que registraram maiores taxas, justamente porque foram os de maiores acumulados pluviométricos.

A ETR apresentou-se inferior a ETP na maior parte do ano, somente nos meses de maio e outubro tiveram valores iguais, repercutindo assim, em déficit hídrico zerado. A evapotranspiração potencial maior que a disponibilidade de água no solo está relacionada às baixas precipitações e elevadas temperaturas, características do clima semiárido.

A tabela 5, referente ao balanço hídrico de 2019 evidencia que o total de chuvas (626 mm) nesse ano foi um pouco menor que a do ano de 2009, que totalizou 640,7 mm, o mesmo ocorreu com a evapotranspiração, que registrou perda de água para atmosfera equivalente ao que entrou no sistema, por meio da precipitação. Além disso, o déficit hídrico também foi

mais baixo, isto é, em 2009 o valor foi de 882,8 mm, enquanto que em 2019 foi de 787,9 mm, uma diferença de quase 100 mm.

Tabela 05 - Balanço hídrico climatológico do município de Ipirá-BA (2019)

Meses	P mm	ETP	P-ETP mm	NEG.AC	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Jan	14,0	147,64	-133,6	-670,7	0,12	-0,34	14,3	133,3	0,0
Fev	32,6	158,88	-126,3	-797,0	0,03	-0,09	32,7	126,2	0,0
Mar	131,9	150,85	-18,9	-815,9	0,03	-0,01	131,9	18,9	0,0
Abr	35,6	125,22	-89,6	-905,5	0,01	-0,02	35,6	89,6	0,0
Mai	53,1	115,07	-62,0	-967,5	0,01	-0,01	53,1	62,0	0,0
Jun	90,1	77,47	12,6	-206,9	12,64	12,63	77,5	0,0	0,0
Jul	78,6	70,90	7,7	-159,3	20,34	7,70	70,9	0,0	0,0
Ago	68,5	70,85	-2,4	-161,6	19,87	-0,47	69,0	1,9	0,0
Set	53,6	86,32	-32,7	-194,3	14,32	-5,55	59,1	27,2	0,0
Out	13,3	117,28	-104,0	-298,3	5,06	-9,26	22,6	94,7	0,0
Nov	36,2	139,41	-103,2	-401,5	1,80	-3,26	39,5	99,9	0,0
Dez	18,5	154,02	-135,5	-537,0	0,47	-1,34	19,8	134,2	0,0
TOTAIS	626,0	1413,89	-787,9	-	75	0,00	626,0	787,9	0,0
MÉDIAS	52,2	117,82	-65,7	-	6,2	-	52,2	65,7	0,0

P: precipitação; ETP: evapotranspiração potencial; ALT: alteração do armazenamento de água no solo (+ indica recarga; - indica retirada); ETR: evapotranspiração real; DEF: deficiência hídrica; EXC: excedente hídrico.

Fonte: Xavier *et al.* (2016); INMET (2019);

Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

Com base na tabela 5, pode-se observar que as chuvas de verão nesse ano foram tardias, ocorrendo o maior volume no mês de março (131,9 mm). Diferente dos anos anteriores analisados, nesse ano, a concentração de chuvas se deu de forma maior no período do inverno, o qual também registrou altas taxas de evapotranspiração real, ficando atrás somente do mês de março, que teve uma taxa de 131,9 mm.

Isso resultou em baixos valores de déficit hídrico na estação fria, sendo as chuvas do inverno suficientes apenas para que o déficit hídrico fosse zerado nos meses de junho e julho e baixo em agosto (1,9 mm). Os valores mais elevados foram registrados no verão, sendo dezembro o mês com maior deficiência hídrica no ano, como pode ser visualizado nos gráficos A e B da figura 9.

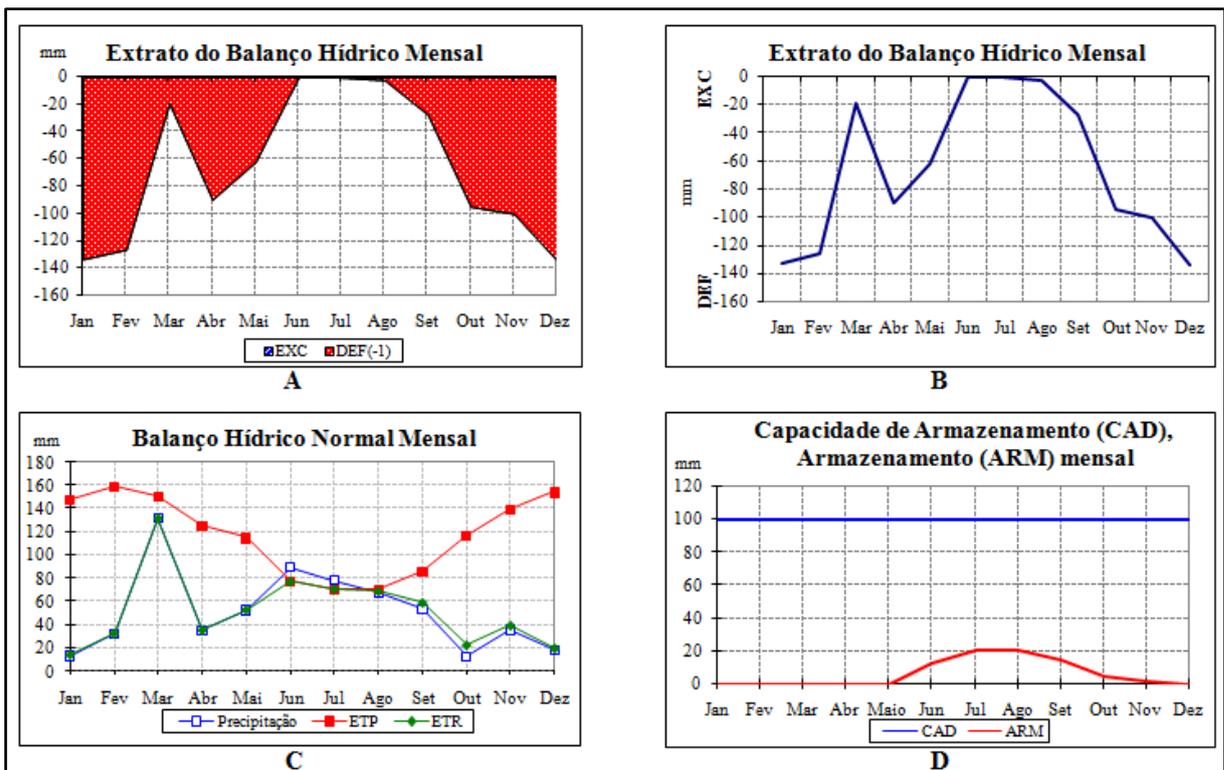
Por conseguinte, não houve excedente hídrico em nenhum mês e o armazenamento de água no solo foi muito baixo na maior parte do ano. Os maiores valores foram registrados no

inverno, justamente por conta dos maiores índices pluviométricos atrelados às baixas temperaturas e maior umidade.

Com base no gráfico C da figura 9, pode-se observar que a evapotranspiração real se apresentou igual à evapotranspiração potencial nos meses de junho e julho e bem próxima no mês de agosto. Na maior parte do ano, a evapotranspiração potencial foi elevada, passando de 100 mm mensais, sendo o mês de dezembro o de maior taxa (154 mm). O inverno foi o período de menores taxas registradas, com o menor valor ocorrido em agosto (70,8 mm). Isso acontece porque no verão são registradas as maiores temperaturas e no inverno as mais baixas do ano.

Em relação aos valores de água armazenada no solo (ARM), observa-se que foram muitos baixos, bem próximos a zero, apresentando-se de forma insatisfatória na maior parte do ano. Com exceção de junho a setembro que tiveram valores mais favoráveis, variando de 12,6 mm a 14,3 mm.

Figura 09 - Gráficos do Balanço Hídrico climatológico do município de Ipirá-BA - 2019



Fonte: Xavier *et al.* (2016); INMET (2019).
Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

Verificou-se que o balanço hídrico dos anos analisados (2000, 2009 e 2019), evidenciou as características típicas do clima semiárido, como irregularidade pluviométrica e

chuvas escassas, elevadas temperaturas, altas taxas de evapotranspiração, deficiência hídrica e baixo armazenamento de água no solo.

3.2 Cobertura vegetal

A Serra da Caboronga apresenta um contraste marcante entre sua fitofisionomia e a da área ao entorno, uma vez que abriga uma floresta com extrato arbóreo (Figura 10), com grande diversidade de espécies e árvores com dossel fechado, enquanto é cercada por uma vegetação arbustiva baixa e rala, típica da caatinga. Essa diferenciação na vegetação implica em uma singularidade na sua ambiência dentro do âmbito do município.

Figura 10 - Fragmento de Floresta na Serra da Caboronga em Ipirá-BA, 2020



Foto: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

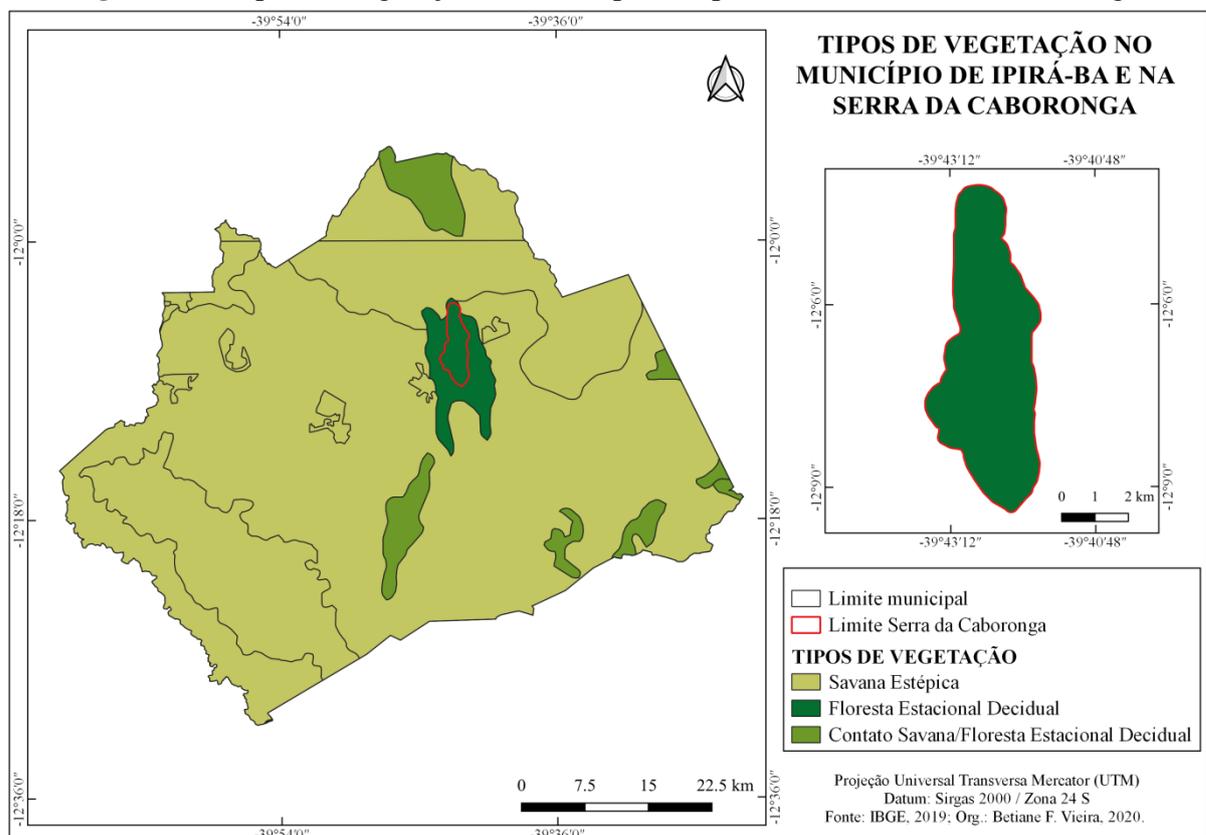
O município de Ipirá está inserido no domínio da Caatinga (IBGE, 2019) e por isso, tem como formação vegetal predominante a Savana Estépica, como pode ser visto no mapa da figura 11. Conforme apontam Freitas *et al.* (2020), a Caatinga é um bioma típico do semiárido nordestino e é caracterizado por apresentar florestas sazonalmente secas, com espécies

vegetais xerófilas, que são plantas com morfologia e fisiologia adaptadas às condições adversas do clima seco, como a deficiência hídrica.

O nome Caatinga é de origem Tupi-Gurani e significa floresta branca, o que define bem a fisionomia da vegetação na estação seca, quando as árvores perdem as suas folhas e apenas os troncos brancos permanecem na paisagem seca (COE *et al.*, 2017). Segundo Marangon *et al.* (2016) a vegetação da Caatinga, ou seja, a Savana Estépica é caracterizada por espécies de pequeno porte, do tipo arbustiva e herbácea, geralmente espinhosas e caducifólias e sendo representadas dentre outras por plantas cactáceas e bromeliáceas.

Diferenciando-se de todo o município, a Serra da Caboronga, juntamente com duas serras circunvizinhas, possui como tipologia vegetal a Floresta Estacional Decidual (IBGE, 2019). Também chamada de Floresta Estacional Caducidófila ou Mata Seca, é um tipo de vegetação do bioma Mata Atlântica, que ocorre em áreas com duas estações climáticas bem definidas, uma seca e outra chuvosa. Sendo a vegetação tipicamente decídua, as árvores perdem mais de 50% de suas folhas no período seco. Entretanto, os índices de deciduidade da floresta podem ser variáveis, a depender do regime pluviométrico de cada região (GONÇALVES, 2015).

Figura 11 - Tipos de vegetação no município de Ipirá-BA e na Serra da Caboronga



De acordo com Ribeiro e Walter (2008) a floresta estacional decidual é composta por espécies arbóreas, com altura média entre 15 e 25 metros, sendo a grande maioria das árvores ereta e com dossel mais fechado. Dentre as espécies mais frequentes encontram-se: *Amburana cearensis* (cerejeira, imburana), *Anadenanthera colubrina* (angico), *Cariniana estrellensis* (bingueiro, jequitibá), *Cassia ferruginea* (canafístula-preta), *Cedrela fissilis* (cedro), *Centrolobium tomentosum* (araribá), *Chloroleucon tenuiflorum* (jurema), *Dilodendron bippinatum* (maria-pobre), *Guazuma ulmifolia* (mutamba), *Jacaranda brasiliana* (caroba), *Lonchocarpus sericeus* (imbira-de-porco), *Myracrodruon urundeuva* (aroeira), *Physocallimma scaberrimum* (cega-machado), *Platycyamus regnellii* (pau-pereira, folha-de-bolo), *Tabebuia* sp (ipês, pau-d'arco), *Terminalia spp* (capitão), *Trichilia elegans* (pau-de-ervilha; catiguá) e *Zanthoxylum rhoifolium* (maminha-de-porca) (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Dentre essas, foi possível encontrar e identificar na Serra da Caboronga, durante trabalho de campo, espécies como a Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), a Jequitibá (*Cariniana estrellensis*), o Cedro (*Cedrela fissilis*) e o Ipê (*Tabebuia* sp) (Figura 12A). É comum ver também o Jatobá (*Hymenaea courbaril*) (Figura 12B), que segundo alguns autores (GONZAGA *et al.*, 2016; SCHIEVENIN, 2016; PEREIRA, 2017) é uma espécie naturalmente encontrada na Floresta Estacional Semidecidual. Nesse caso, acredita-se que sua ocorrência na Serra da Caboronga se deva a introdução da espécie, tendo em vista que alguns moradores relatam práticas de reflorestamento na área.

Figura 12 - Espécies encontradas na Serra da Caboronga



Legenda: Jequitibá, à esquerda e Ipê, à direita (A); e Jatobá (B).
Fotos: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

Almeida *et al.* (2015) consideram que a Floresta Estacional Decidual possui uma grande diversidade florística e que isso está relacionado às condições climáticas, de solo e regime hídrico. Nesse sentido, Ribeiro e Walter (2008) afirmam que a Floresta Estacional Decidual ocorre principalmente em solos de alta fertilidade como Terra Roxa Estruturada, Brunizém ou Cambissolos e de média fertilidade como Latossolos Roxo e Vermelho-Escuro.

Esse tipo de floresta é encontrado em interflúvios – que são áreas elevadas entre rios ou vales – e geralmente em solos mais ricos em nutrientes, não estando associado aos cursos d’água (RIBEIRO; WALTER, 2008). Nesse viés, Santos, Miranda e Silva Neto (2020) apontam que esse ecossistema ocorre “na forma de fragmentos naturais, em relevos acidentados de morros e encostas, cuja fertilidade do solo promove o estabelecimento e predomínio de espécies arbóreas” (SANTOS; MIRANDA; SILVA NETO, 2020, p. 19).

Esses fatores ambientais justificam a ocorrência desse tipo de vegetação na Serra da Caboronga, uma vez que esta consiste em terrenos acidentados, com fortes desníveis e elevadas altitudes, o que desencadeia a formação de características peculiares e diferenciadas do contexto geográfico, o qual se encontra inserida.

Nesse caso, o fator topografia é o principal elemento que faz com que a Serra da Caboronga apresente vegetação e condições ambientais diferentes da área ao seu redor. Segundo Araújo, Machado e Souza (2019), a disposição orográfica implica em um desenvolvimento diferenciado do regime de chuvas, solos e vegetação. Assim, devido à elevada altitude, a umidade é maior, o que propicia o desenvolvimento de uma flora mais exuberante, típica da Mata Atlântica.

Isso ocorre porque regiões que abrigam serras e planaltos favorecem a formação de ilhas de umidade, onde o relevo acidentado cria uma barreira natural às massas de ar, ocorrendo assim às chuvas orográficas e tornando mais úmidas as vertentes expostas a barlavento. Isso confere a área peculiaridades fisionômicas, florísticas e ecológicas, bem diferentes das áreas adjacentes (NASCIMENTO, 2017).

Devido às condições ambientais favoráveis, a Serra da Caboronga abriga diversas árvores frutíferas (Figura 13), a saber: Mangueira (*Mangifera indica*), Bananeira (*Musa*), Laranjeira (*Citrus sinensis L.*), Cafeeiro (*Coffea*), Cacaueiro (*Theobroma cacao*), Abacateiro (*Persea americana*), Jaqueira (*Artocarpus heterophyllus*), Ciriguela (*Spondias purpúrea*), entre outras. Esses cultivos, durante anos, ajudam a abastecer feiras livres de Ipirá e de outras localidades próximas, assim relatam alguns moradores da área, que tem como fonte de renda a venda desses produtos.

Figura 13 - Plantas frutíferas na Serra da Caboronga



Legenda: Jaqueira (A); Bananeiras (B); Mangueira (C); Abacateiro (D)
Fotos: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

Esses cultivos foram vistos, durante as visitas de campo, nas áreas mais baixas da Serra, isto é, em altitudes em torno de 400 a 500 m, encontrando-se distribuídos de forma significativa na paisagem. Observou-se que geralmente as árvores frutíferas estão cercadas por arbustos, como na figura 13 A e estão espalhadas de forma pontuais na Serra.

Dessa forma, a cobertura vegetal da Serra da Caboronga é composta por um extrato arbóreo nativo, localizado nas partes mais elevadas, bem como, por uma vegetação secundária oriunda de reflorestamento, de arbustos e gramíneas e por cultivos de plantas frutíferas. Notou-se, em campo, que a vegetação é bastante antropizada, sendo comuns áreas de capoeira, que como definem Santos *et al.* (2015) é uma vegetação secundária “que varia de mato ralo até um estágio florestal de porte baixo e está intimamente ligada a atividades de pousio e agricultura itinerante” (SANTOS *et al.*, 2015, p.518).

3.3 Geomorfologia

A Geomorfologia é a ciência que estuda as formas do relevo, considerando seus aspectos genéticos e evolutivos (CAVALCANTE; BASTOS, 2019). É considerada como um importante elemento no planejamento ambiental, pois o estudo do relevo pode orientar as ações humanas em relação ao uso e ocupação do espaço, apontando vulnerabilidades ou potencialidades de um terreno.

Para analisar as características do relevo, foram utilizadas as duas variáveis geomorfométricas: declividade e hipsometria. De acordo com Dias *et al.* (2020), a declividade corresponde à inclinação do terreno em relação a um plano horizontal. A gradiente do declive de um terreno é expressa em graus ou em porcentagem. Já a hipsometria, é definida por Andrade-Oliveira *et al.* (2018), como a representação altimétrica do relevo. Assim, ao se analisar a hipsometria de uma área, tem-se a distribuição da variação de altitudes (em metros) de um espaço.

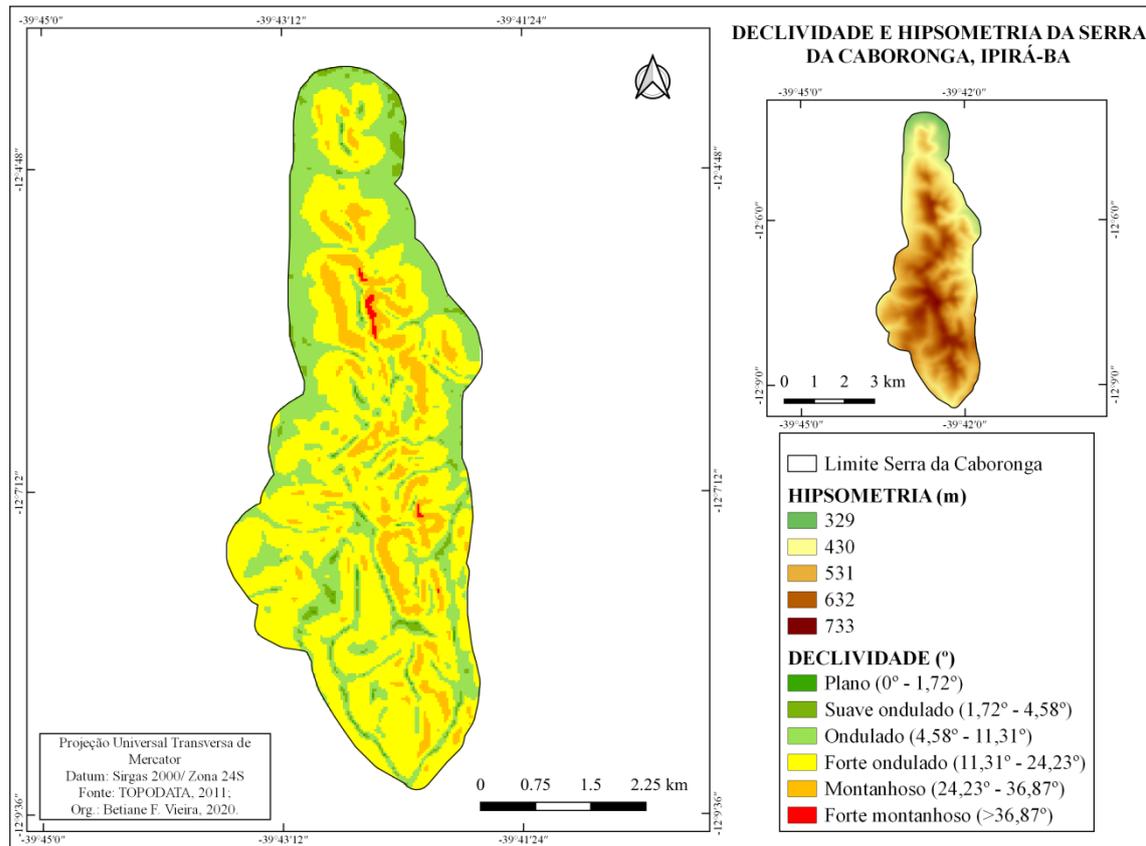
Conforme apontam Dias *et al.* (2020):

O conhecimento da altitude do relevo – distância relativa do relevo em relação ao nível do mar – é relevante, pois sua variação acarreta diferenças significativas na temperatura média, causando variações na evapotranspiração e nas precipitações, na infiltração de água no solo e no escoamento superficial da água (DIAS *et al.*, 2020, p. 273).

Por se tratar de uma área de estudo cujo relevo é serrano, a realização de análises do mapeamento da declividade e da hipsometria é de grande importância para o diagnóstico ambiental, pois possibilita conhecer a distribuição da altimetria e das inclinações do terreno, obtendo informações acerca das formas do relevo, de modo a identificar as áreas mais propensas a ocorrências de processos erosivos, de restrições de uso e ocupação dos solos e de Áreas de Preservação Permanente (APP), o que pode auxiliar em planejamentos ambientais e manejos das terras.

A figura 14 apresenta os mapas de declividade e hipsometria da Serra da Caboronga. Conforme pode ser observado nos mapas, o relevo é fortemente ondulado, com classes de declividade que vai desde plano (0 – 1,72°) ao forte montanhoso (>36,87°), e altitudes que variam de 329 a 733 m, caracterizando-se assim, como uma área de terreno bastante elevado e declivoso.

Figura 14 - Mapas de Declividade e Hipsometria da Serra da Caboronga, Ipirá-BA



A Serra da Caboronga apresenta uma variação gradativa da altitude, à medida que vai da base ao topo. A amplitude altimétrica – diferença entre a altitude máxima e a altitude mínima – é de 404 m, sendo a altitude mínima de 329 m, na base da Serra, enquanto sua altitude máxima chega a 733 m, no topo. Deve-se destacar que predominam as cotas altimétricas situadas entre 430 e 632 m, demonstrando que na maior parte da área registram-se altitudes médias e elevadas.

Para definição das classes de declividade utilizou-se a metodologia da EMBRAPA (1999), que reconhece seis classes associadas aos tipos de relevos, porém modificou-se a unidade de porcentagem para graus. A seguir, estão dispostas na tabela 6 as classes de declividade em porcentagem e em graus com base na EMBRAPA (1999).

Tabela 06 - Classes de declividade com base na EMBRAPA (1999) da Serra da Caboronga, em Ipirá-BA

Classes de declividade (%)	Classes de declividade (°)	Relevo	Área (km ²)	Área (%)
0 - 3	0 - 1,72	Plano	0,04	0,20
3 - 8	1,72 - 4,58	Suave ondulado	0,62	2,90

8 - 20	4,58 - 11,31	Ondulado	6,31	29,40
20 - 45	11,31 - 24,23	Forte ondulado	12,23	56,94
45 - 75	24,23 - 36,87	Montanhoso	2,21	10,28
>75	>36,87°	Forte montanhoso	0,06	0,28

Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2021.

Fonte: EMPRAPA (1999)

Como pode se observar na figura 14 e na tabela 6, a maior parte da área (67,5%) apresenta declividade superior a 11,31°, caracterizando a Serra da Caboronga como uma área de terreno bastante acidentado, com predominância de declives acentuados. A classe de maior ocorrência é a de relevo forte ondulado, que varia de 11,31° a 24,23°, representada pela cor amarela, compreende uma área de 12,23 km², o equivalente a mais da metade da área total (56,94%).

A segunda classe de maior ocorrência é a de relevo ondulado (4,58 a 11,31°) e acontece principalmente nas áreas de borda e nos topos. A área total com esse intervalo de declives é de 6,31 km² e corresponde a 29,4% da área da Serra.

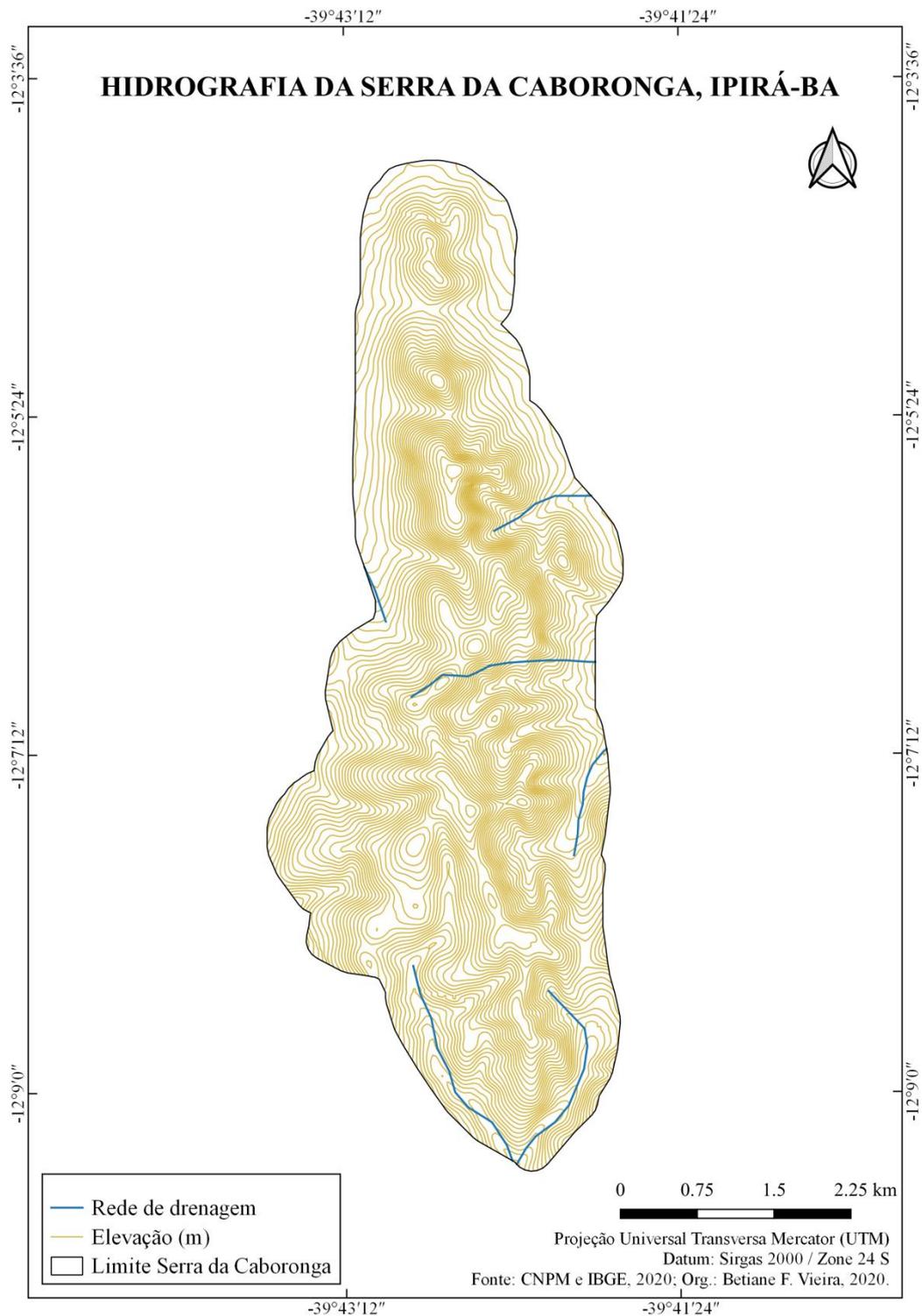
O relevo montanhoso é também bastante significativo quanto a sua ocorrência, ou seja, 10,28% da área total da Serra têm declividades entre 24,23° e 36,87°. Nessas áreas, o risco de erosão é ainda mais forte, pois a alta altitude (em torno de 600 a 700m) somada à declividade acentuada faz com que o escoamento superficial da água seja mais intenso, arrastando os materiais para a parte mais baixa do relevo, havendo assim uma maior desagregação e perda de solo, além do acúmulo de partículas sólidas nos cursos d'água.

O relevo forte montanhoso que corresponde às declividades maiores que 36,87° incluindo assim, as áreas com declividade de 45° - consideradas como APPs pela legislação brasileira - acontece em 0,28% da área total da Serra. Já o relevo plano é o menor em ocorrência, compreendendo apenas 0,20% do total.

3.4 Recursos hídricos

A rede de drenagem da Serra da Caboronga é composta basicamente por riachos. Como podem ser observados no mapa da figura 15, esses cursos d'água começam nas partes mais elevadas da Serra, o que caracterizam esses locais como nascentes.

Figura 15 - Mapa de hidrografia da Serra da Caboronga, Ipirá-BA



Os riachos situados na porção leste e oeste são subafluentes do Riacho do Cipó, de regime permanente e de grande extensão. Já os canais da porção sul, um é o Riacho do Anum (lado esquerdo) e o outro (lado direito) é um afluente dele. Esses riachos também são de regime permanente.

Essas nascentes fazem com que em muitos locais da Serra, os solos fiquem encharcados ou úmidos, o que favorece o desenvolvimento de espécies arbóreas e de cultivos de plantas frutíferas.

Moradores da Serra relatam que essas nascentes foram por muito tempo uma fonte abundante de água para a população local e que atualmente observa-se uma diminuição na disponibilidade desse recurso hídrico. Em visita a campo foi possível ver uma barragem desativada (figura 16) e dois riachos secos (figuras 17 e 18).

Figura 16 – Barragem desativada



Foto: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

Figura 17 – Riacho seco, afluente do Riacho do Anum na Serra da Caboronga



Foto: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

Figura 18 – Riacho seco na Serra da Caboronga



Foto: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

Além disso, populares relatam também o desaparecimento de uma importante fonte de água, denominada de Bica da Caboronga, que era uma nascente muito utilizada para abastecimento de água pela população local. A figura 19 mostra a Bica da Caboronga inativa, ou seja, sem presença de água jorrando.

Figura 19 – Bica da Caboronga seca

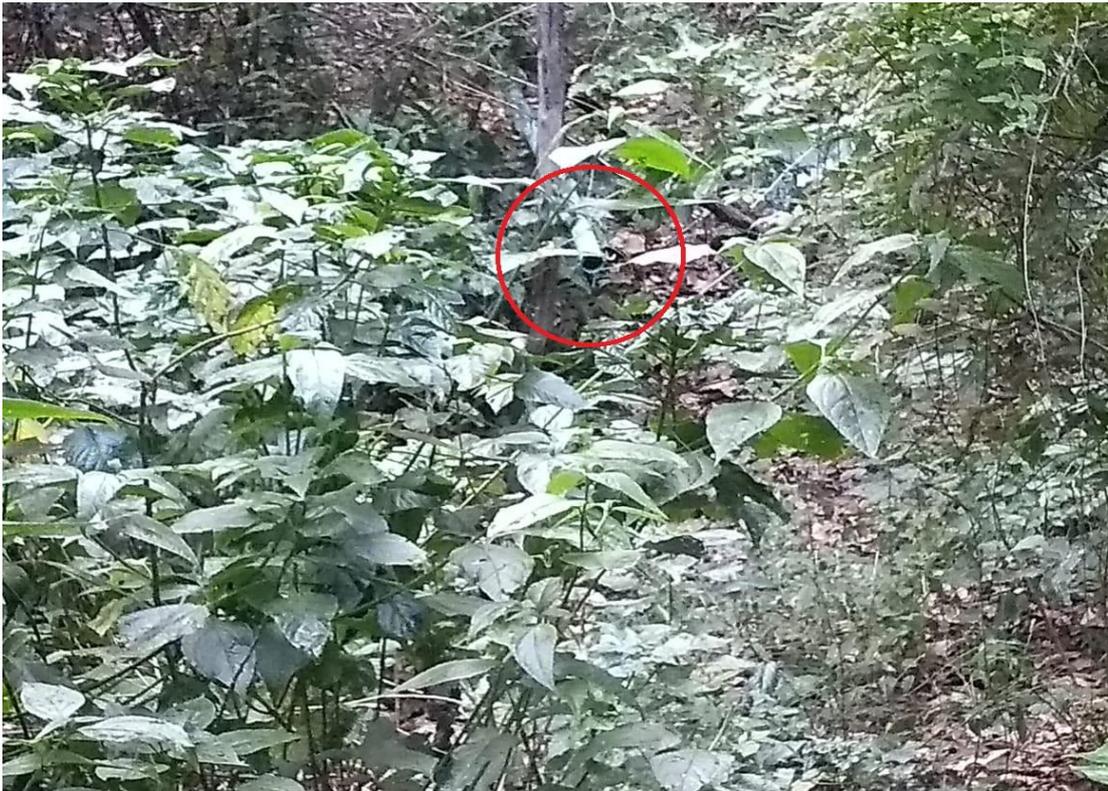


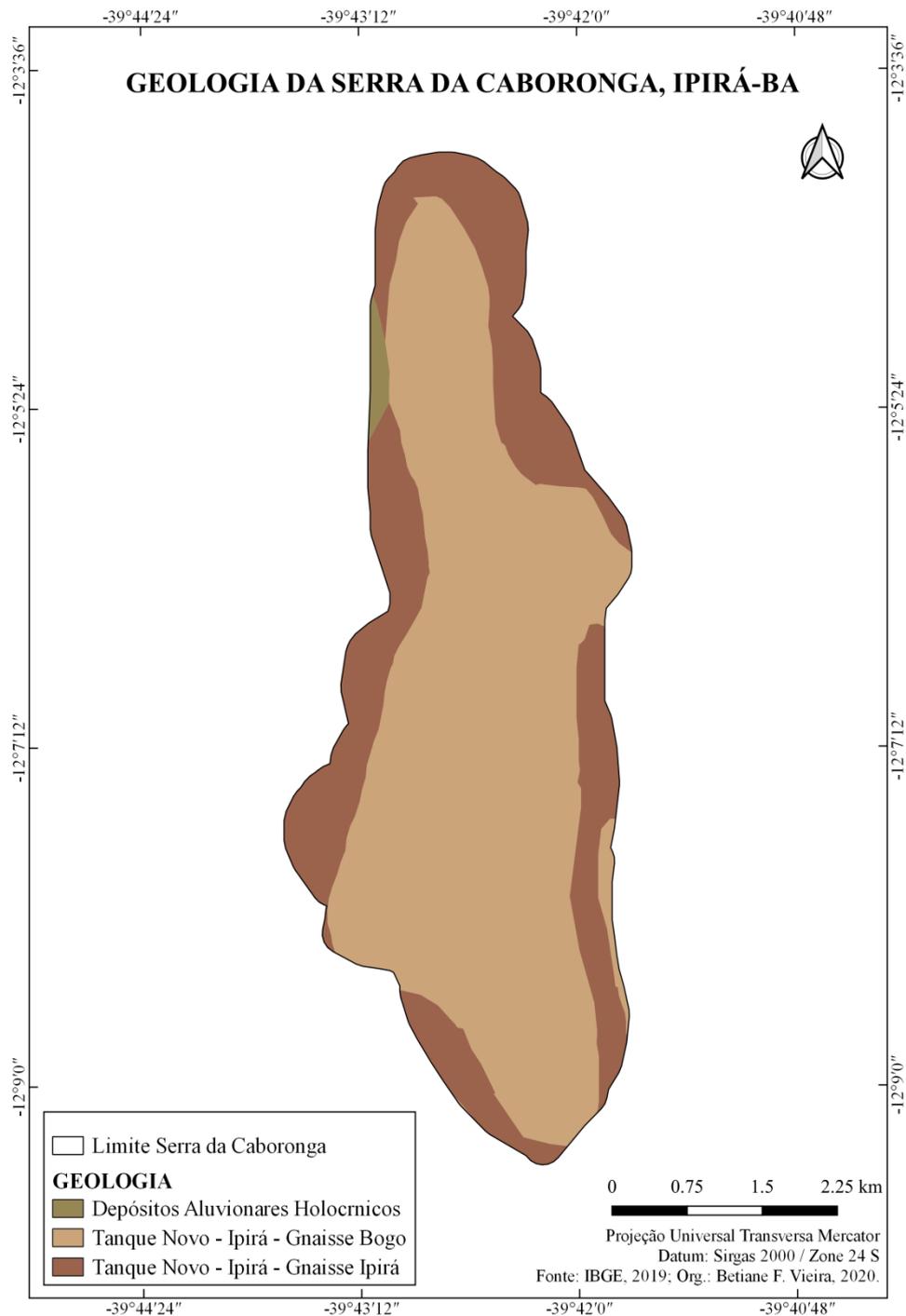
Foto: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

Dessa forma, infere-se que houve uma forte exploração dos recursos hídricos na Serra da Caboronga, pois o mapa de hidrografia com base em dados do IBGE mostra a existência de riachos de regime permanente na área e em *locus* foi observado que alguns desses riachos estão secos, além do desaparecimento de nascentes como a Bica da Caboronga, também verificado em campo. Isso demonstra indícios de impactos ambientais na Serra da Caboronga.

3.5 Geologia

A Serra da Caboronga é constituída por três unidades geológicas: Depósitos Aluvionares Holocênicos, Tanque Novo – Ipirá – Gnaisse Bogo e Tanque Novo – Ipirá – Gnaisse Ipirá, como podem ser visualizados no mapa da figura 20. Os Depósitos Aluvionares Holocênicos foram formados por sedimentos provenientes de processos deposicionais, enquanto os complexos de Tanque Novo – Ipirá – Gnaisse Bogo e Gnaisse Ipirá são formações rochosas oriundas do processo de metamorfismo em rochas preexistentes.

Figura 20 - Geologia da Serra da Caboronga, Ipirá-BA



A Serra da Caboronga é majoritariamente constituída pelo complexo Tanque Novo – Ipirá. Segundo Silveira *et al.* (2015) esse complexo “é constituído por uma sequência vulcanossedimentar metamorfizada a alto grau” (SILVEIRA *et al.*, 2015, p. 456), que foi desenvolvida entre o Arqueano e o Paleoproterozóico (RIBEIRO, 2016).

Essa interação vulcanossedimentar ocorre pelo recobrimento ou contato da lava/derrame com sedimentos, dando origem assim a produtos da interface vulcânica-sedimento (RIOS; MIZUSAKI; LIZZONI, 2018). Assim, os terrenos metavulcanossedimentares passaram por uma complexa evolução geológica, com longos períodos de intrusões ígneas, vulcanismo, sedimentação, metamorfismo e deformação (RIBEIRO; SÁ; MISI, 2017).

Esse complexo rochoso é dividido em duas unidades litológicas na Serra: Gnaisse Bogo e Gnaisse Ipirá. O Gnaisse Bogo é constituído por gnaisses quartzo-feldspáticos, em parte granadíferos, frequentemente associados a níveis de quartzitos. Já o Gnaisse Ipirá é composto por gnaisse kinzigítico, rocha calcissilicática, quartzito, formação ferrífera, grafita gnaisse e anfibolito/metamafito (CPRM, 2004).

Os Depósitos Aluvionares Holocênicos são formados por sedimentos do tipo cascalho, areia, silte e argila, acumulados ao longo das margens de um canal fluvial (MEDEIROS; PINTO, 2015). Esses sedimentos aluvionares, situados na borda da Serra da Caboronga, formam uma faixa alongada à margem direita do curso subafluente do Riacho do Cipó, se conectando ao prolongamento da formação Tanque Novo – Ipirá – Gnaisse Bogo, dentro da área delimitada da Serra.

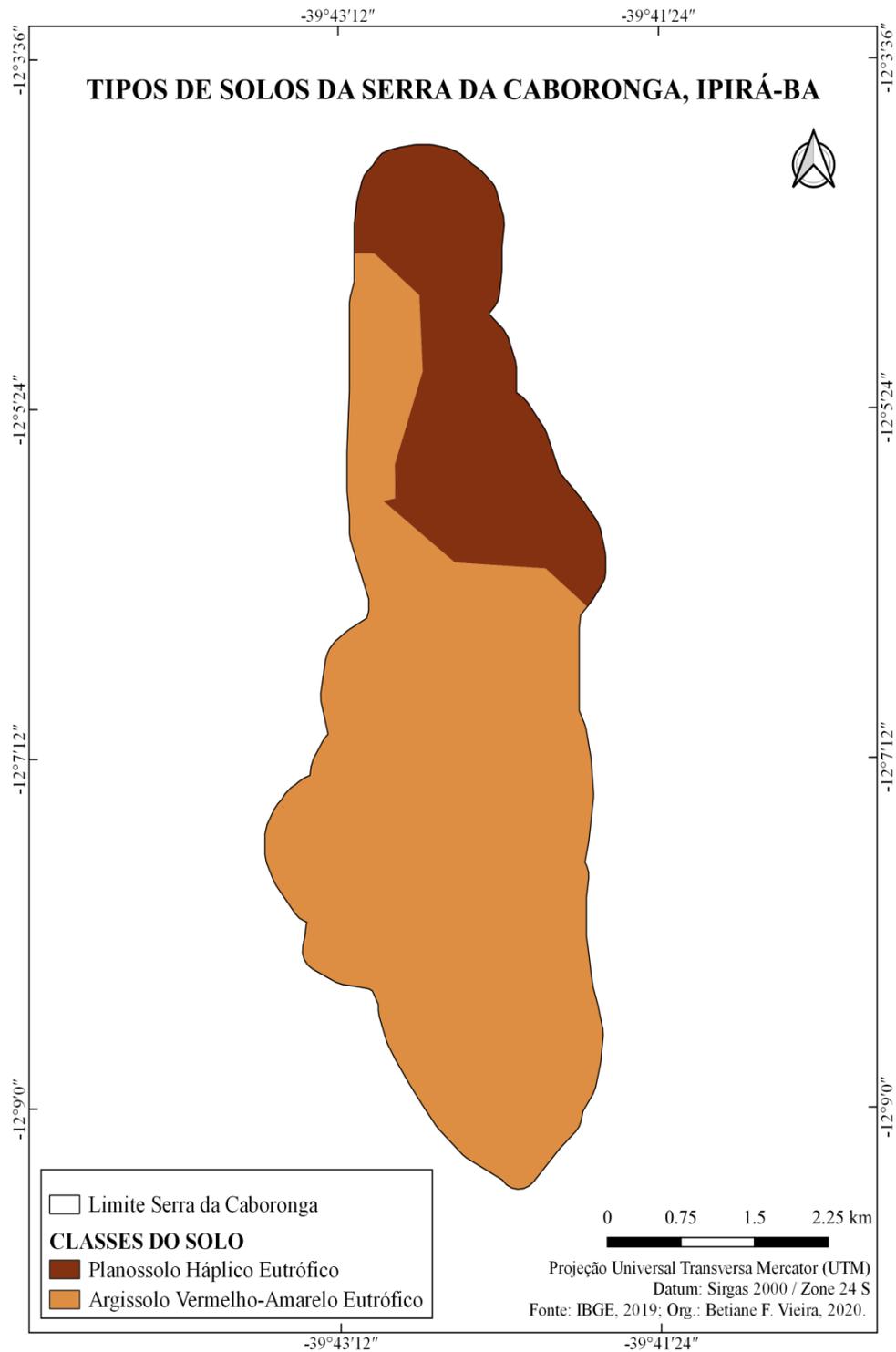
Morfologicamente, representam feições deposicionais associados ao momento climático atual (Holoceno), que agrega tanto sedimentos do leito do riacho quanto das áreas mais elevadas da Serra. Nesse último caso, a declividade acentuada favorece o carreamento dos sedimentos para a parte mais baixa, que é justamente a área em que se encontram os depósitos aluvionares. Assim, esses depósitos contêm materiais detríticos principalmente do curso d’água, mas também das áreas mais elevadas, que estão conectadas à planície fluvial.

3.6 Pedologia

A Serra da Caboronga apresenta somente dois tipos de solos: Planossolo Háplico Eutrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, como pode ser visto no mapa da figura 21. O primeiro é característico de áreas de várzea, relevo suave-ondulado e possui alta

saturação por bases, conforme apontam Caumo *et al.* (2020). Enquanto o segundo possui textura média argilosa, alta fertilidade natural e boa drenagem.

Figura 21 - Mapa de solos da Serra da Caboronga, Ipirá-BA



O solo predominante na área é o Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (Figura 22), que segundo Ferreira, Franco e Souza (2020) é um solo constituído por material mineral, com um expressivo aumento no teor de argila do horizonte A para o B. Como aponta Farias (2019), o horizonte B textural está logo abaixo do A ou E, apresentando argila de atividade baixa. Como o nome já indica, esse solo possui cores vermelho-amareladas e/ou amarelo avermelhadas.

Figura 22 - Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico na Serra da Caboronga



Fotos: Betiane Figueredo Vieira, 2021.

Nascimento *et al.* (2006) caracteriza o Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico como um solo raso a profundo moderado, bem drenado, com textura argilosa, com fertilidade natural média a alta, associado geralmente a um relevo dissecado, com impedimentos a mecanização e marcado por uma transição abrupta entre os horizontes A e B, favorecendo assim a ocorrência de processos erosivos.

Dessa forma, trata-se de um solo que ocorre geralmente em relevo ondulado a forte ondulado, com textura argilosa a muito argilosa (SANTOS *et al.*, 2017; EDUARDO; MARQUES NETO; SILVA, 2017). Conforme destacam Rodrigues, Santos e Barbosa (2019), as limitações desse solo estão relacionadas à baixa fertilidade, acidez, altas taxas de alumínio e a suscetibilidade aos processos erosivos.

O Planossolo Háptico Eutrófico (Figura 23) ocupa uma pequena área da Serra, ocorrendo somente na sua porção norte. De acordo com Costa *et al.* (2019), este é um solo mineral imperfeitamente ou mal drenado, geralmente com grande concentração de argila e permeabilidade lenta.

É caracterizado por apresentar uma transição abrupta entre os horizontes superficial (A) e o subsuperficial (B), pois como apontam Sousa *et al.* (2013), o horizonte A possui

textura arenosa, estrutura fraca e boa drenagem, enquanto o horizonte B, é argiloso, com drenagem imperfeita, possuindo facilidade de compactação. Sendo que “tem a presença de sódio trocável no horizonte B, com estrutura prismática e colunar, o que o torna muito endurecido quando seco, e muito plástico e pegajoso quando úmido e de difícil manejo” (SOUSA *et al.*, 2013, p.274).

Figura 23 - Planossolo Háptico Eutrófico na Serra da Caboronga



Foto: Betiane Figueredo Vieira, 2021.

Esse tipo de solo apesar de possuir boas condições de fertilidade natural apresenta alguns fatores limitantes ao uso agrícola, a saber: as altas concentrações de sódio trocável nos horizontes subsuperficiais, o que pode causar estresse hídrico nas plantas e desequilíbrio nutricional; as condições físicas desfavoráveis podem levar a má drenagem e dificultar o desenvolvimento do sistema radicular, facilitando assim a erosão do solo (SANTOS *et al.*, 2013). Assim como a impossibilidade de mecanização, uma vez que, que esta pode aumentar a tendência à compactação do solo e com isso a sua deterioração (SOUSA *et al.*, 2013).

4 USO E COBERTURA DO SOLO E ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NA SERRA DA CABORONGA

4.1 Uso e cobertura do solo da Serra da Caboronga

O conhecimento e o monitoramento do uso e cobertura do solo são fundamentais para a compreensão das condições de um ambiente. O monitoramento permite conhecer a dinâmica da ação humana em determinada área, a caracterização de categorias de vegetação que cobre o solo, assim como, sua distribuição espacial. Além disso, possibilita avaliar a dimensão da conservação da vegetação natural.

Leite e Rosa (2012, p.92) afirmam que a expressão uso da terra ou uso do solo “pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem”, ou seja, o termo uso da terra diz respeito à utilização cultural da terra, onde o ser humano, por meio das atividades desenvolvidas no espaço faz uso dos recursos naturais da terra. Já o vocábulo cobertura da terra refere-se ao revestimento da superfície terrestre por vegetação natural ou artificial (LEITE; ROSA, 2012).

Abreu (2010) exemplifica essa diferenciação afirmando que:

Um tipo de cobertura pode ter diferentes usos, assim como um determinado uso pode estar associado a mais de uma cobertura. Por exemplo, uma cobertura de floresta pode ter diferentes tipos de uso: área protegida, área recreativa, uma propriedade particular etc. Assim como em uma área protegida pode ter variados tipos de cobertura como floresta, afloramentos rochosos, vegetação herbácea etc (ABREU, 2010, p.7).

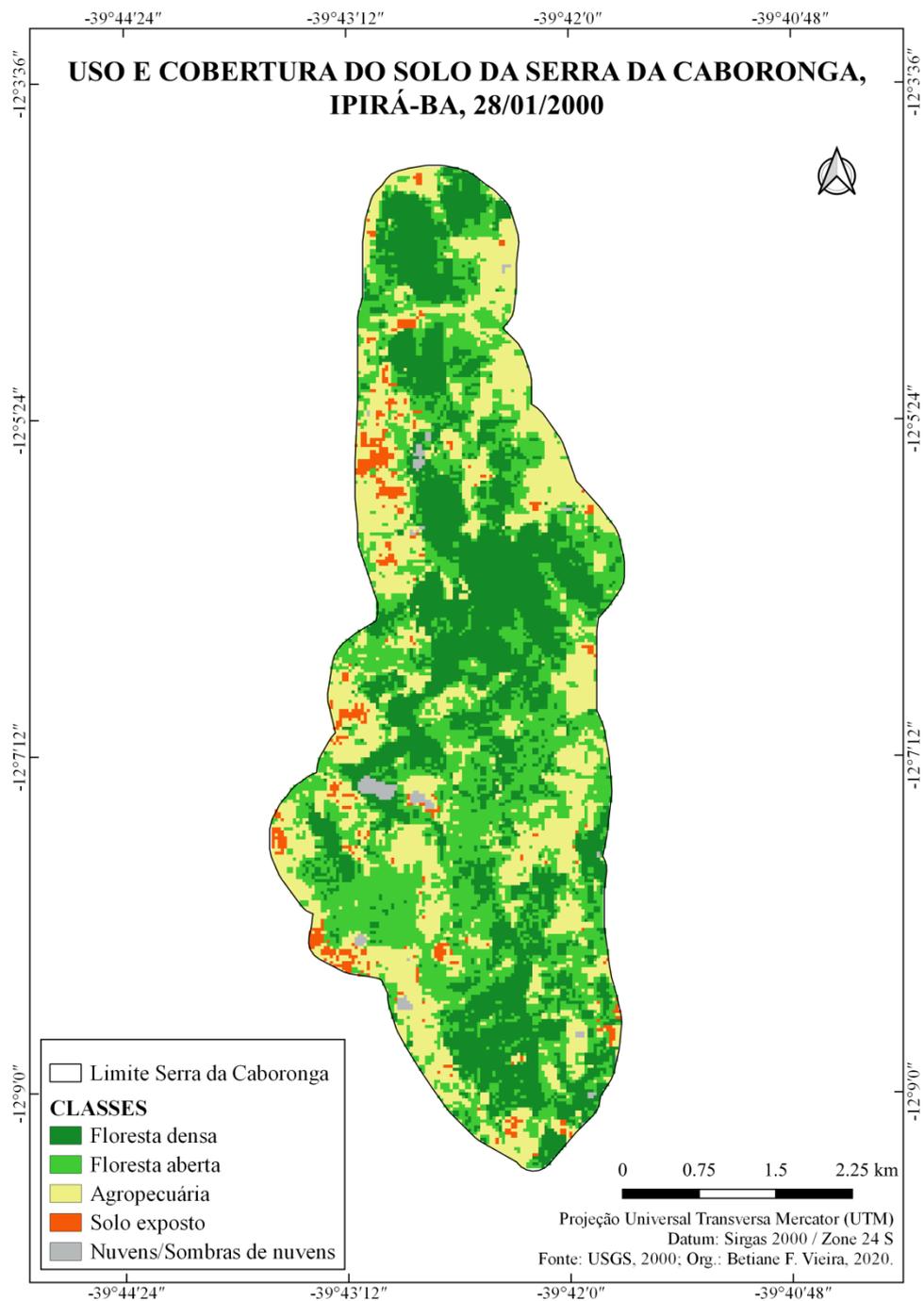
A análise do uso e cobertura do solo é primordial ao planejamento e a gestão da ocupação ordenada e racional do terreno. Constituindo-se em um instrumento importante para promover o desenvolvimento sustentável local ou regional. A avaliação do uso e cobertura do solo da Serra da Caboronga, em uma série temporal (2000, 2009 e 2019) – conforme justificada na metodologia, página 48 – permitiu verificar a dinâmica da vegetação e da ação humana no ambiente, consistindo em parte do diagnóstico ambiental.

As figuras 24, 25 e 26 são produtos obtidos através da classificação automática supervisionada em imagens de satélites LANDSAT-5 e LANDSAT-8, datadas de 28/01/2000, 12/05/2009 e 02/12/2019 e mostram a evolução temporal do uso e cobertura da terra na Serra da Caboronga. As supracitadas imagens foram escolhidas em função da pouca interferência de

nuvens e levando em consideração o recorte temporal de 2000 a 2020, como justificado na metodologia.

A partir da classificação supervisionada, puderam ser discriminadas as seguintes classes: Floresta densa, Floresta aberta, Agropecuária, Solo exposto e Nuvens/Sombras de nuvens. A Figura 24 mostra a espacialização das classes de uso e cobertura do solo em 2000.

Figura 24 - Mapa de uso e cobertura do solo da Serra da Caboronga a partir de imagem Landsat de 28/01/2000



Conforme pode ser observado na figura 24 e na tabela 7, em 2000, a Serra possuía uma predominância das classes de floresta (densa e aberta), demonstrando, uma relativa conservação da mata em grande parte da área, uma vez que, somadas as áreas de Floresta densa e Floresta aberta, têm-se um valor de 14,41 km² de vegetação, o que equivale a 67,11% da área total da Serra. Ou seja, mais de 60% da área era de cobertura florestal, sendo que a classe de Floresta densa abrangia 33% da área total e a classe de Floresta aberta 34,12%, apresentando-se assim, uma diferença bem pequena entre elas, quanto à ocorrência na Serra.

Tabela 07 - Uso e cobertura do solo na Serra da Caboronga em 28/01/2000

Classe temática	Área (km²)	Percentual de cobertura (%)
Floresta densa	7,08	33,0
Floresta aberta	7,32	34,12
Agropecuária	6,30	29,37
Solo exposto	0,58	2,74
Nuvens/Sombra de nuvens	0,16	0,77

Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2020

Neste estudo, considera-se floresta densa aquela vegetação de médio a grande porte, com uma grande concentração de árvores por área e com pouca ou nenhuma influência humana, podendo ser caracterizada como uma mata fechada. De acordo com o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2006), a floresta densa refere-se a “estrutura florestal com cobertura superior contínua” (IBGE, 2006, p. 29).

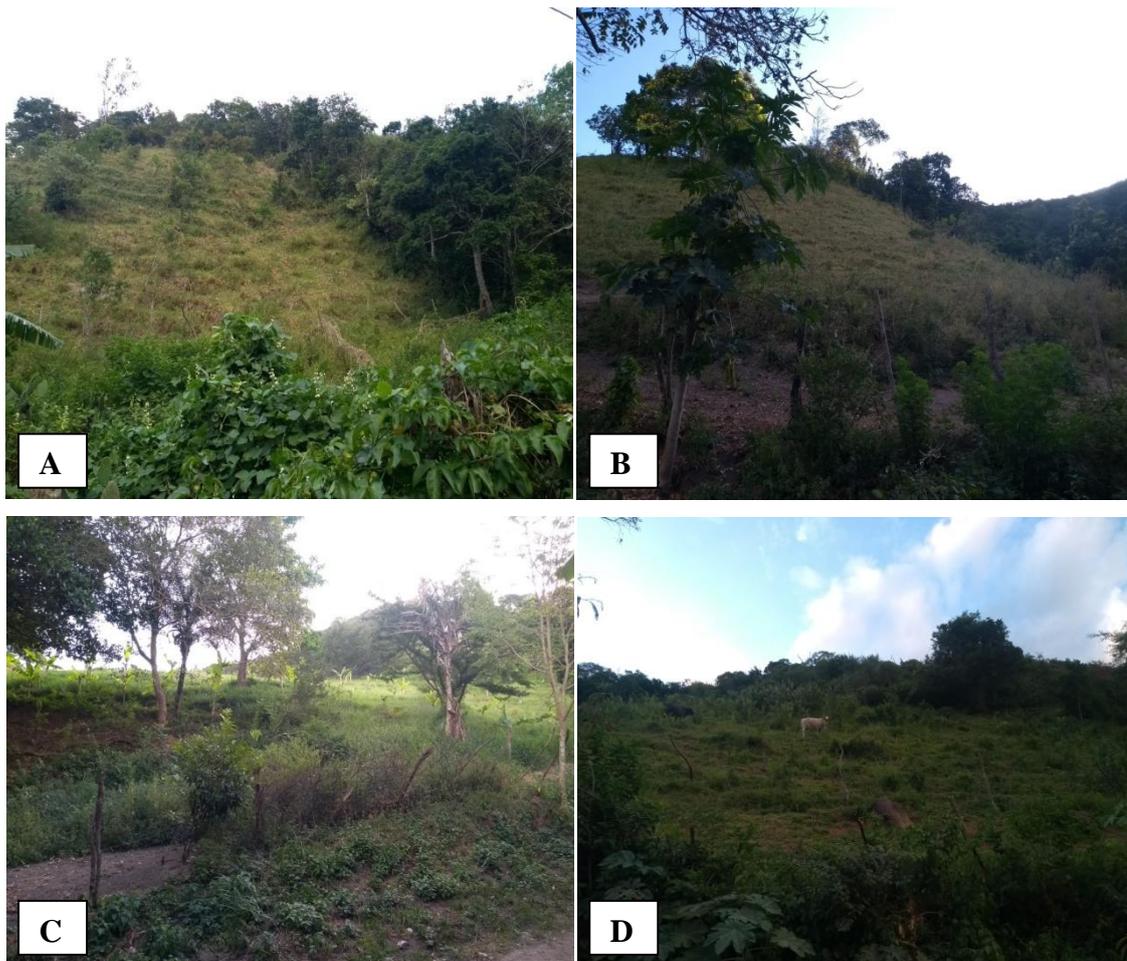
Já a floresta aberta refere-se também a uma vegetação de médio a grande porte, porém, os indivíduos estão distribuídos de forma esparsa na área, resultado da interferência humana no ambiente, como a prática de desmatamento. O IBGE (2006) define a floresta aberta como a “estrutura florestal com diferentes graus de descontinuidade da cobertura superior, conforme seu tipo – com cipó, bambu, palmeira ou sororoca” (IBGE, 2006, p. 29).

A classe de agropecuária é uma classe mista composta por áreas de pastagem e de lavoura. E cabe destacar que, os pastos dominam essas áreas, no entanto, como se trata de pequenas produções agrícolas, o classificador do SIG não distinguiu esses dois usos, agrupando-as na mesma categoria, levando então a denominar essa classe de agropecuária.

A classe de agropecuária era a terceira classe de maior ocorrência na Serra nesse ano, abrangia 29,37% da área total. Essa classe compreende aquelas áreas onde houve intervenção

humana para uso da terra, descaracterizando a vegetação primária (Figura 25). Dessa forma, o desmatamento e as queimadas vão transformando a paisagem, que até então era constituída por floresta, inserindo gradualmente ou de forma abrupta, práticas agropecuárias, com a introdução de pastagem e lavouras temporárias e permanentes. Essa classe representa as áreas com alternância de pastagem e cultivos.

Figura 25 - Áreas destinadas à agropecuária na Serra da Caboronga, Ipirá-BA



Legenda: Áreas de pastagens (A,B); Pastagem e cultivo de bananas (C); Pecuária (D)
Fotos: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

A presença expressiva da classe agropecuária na Serra da Caboronga demonstra um alto grau de transformação da paisagem. A vegetação natural vem dando lugar a pastagens e cultivos, o que deve ser alvo de monitoramento ambiental, uma vez que as Serras são consideradas como Áreas de Preservação Permanente (APP), pela Lei nº 12.651/2012, que dispõe o Novo Código Florestal Brasileiro. Segundo o inciso II do artigo 3º da mesma Lei, APP é uma

Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012, p. 2)

Desse modo, no art. 4º dessa Lei constam que são consideradas como APPs, as encostas com declividade superior a 45º (inciso V), os topos de morros, montes, montanhas e **serras** com altitude mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25º, bem como, relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação (inciso IX) (BRASIL, 2012).

Além disso, está prevista na Constituição Federal de 1988, no seu Art. 225, inciso 4º, a preservação do bioma Mata Atlântica e, por isso, a Serra da Caboronga, sendo uma área que abriga uma vegetação do tipo Floresta Estacional Decidual, típica desse bioma, deveria ter seus recursos naturais utilizados de forma racional e sustentável, como está descrita na lei.

As atividades agropecuárias na Serra evidenciam que vem ocorrendo um desflorestamento na área. Nesse sentido, destaca-se a importância da adoção de medidas de conservação no manejo do solo, pois a sua ausência pode levar a um quadro de deterioração ambiental. Como aponta o PAN-BRASIL (2006):

As atividades agropecuárias são as principais degradadoras dos solos. O pastoreio excessivo provoca empobrecimento e compactação do solo, deixando-o propenso ao estabelecimento de processos erosivos. As práticas agrícolas sem adoção de medidas de conservação também contribuem para a queda da qualidade das características físicas, químicas e biológicas do solo. (PAN-BRASIL, 2006, p. 84).

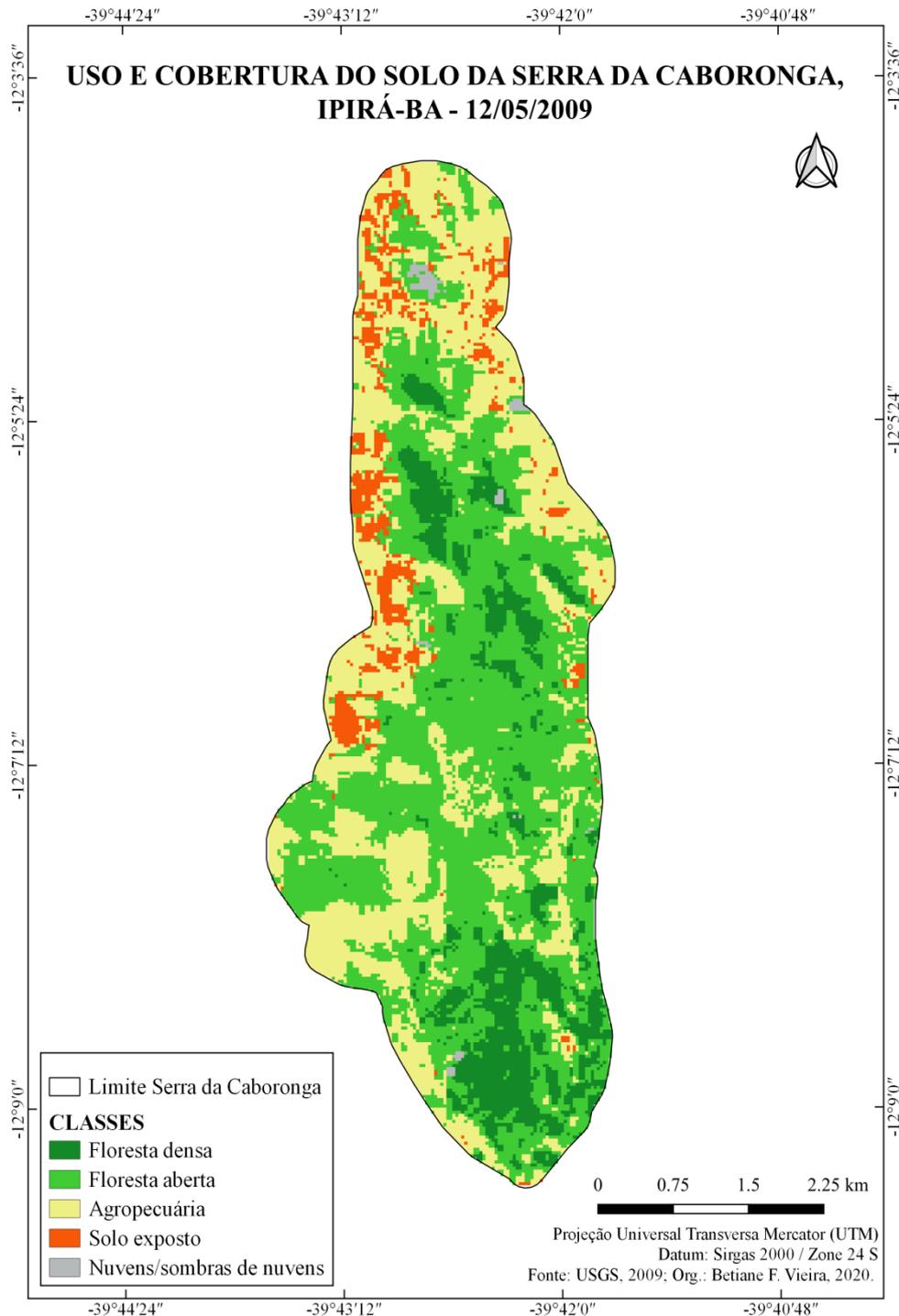
A classe de solo exposto corresponde às áreas desprovidas de cobertura vegetal (Haubricht *et al.*, 2019). A remoção da vegetação geralmente ocorre para fins de exploração mineral, uso agrícola, pecuária e outros tipos de manejo, deixando o solo desprotegido e exposto aos agentes intempéricos. Com isso, os processos erosivos podem levar ao empobrecimento e compactação do mesmo, gerando um quadro de degradação da terra.

Podem-se observar no mapa da figura 24 que as manchas de solo exposto estão presentes no domínio das áreas de ocorrência da agropecuária e estão distribuídas de forma pontuais, o que indica que são resultantes do desenvolvimento dessas atividades. A classe de solo exposto abrangia 2,74% da área total da Serra nesse ano.

A figura 26 apresenta o mapa de uso e cobertura do solo da Serra da Caboronga referente ao ano de 2009. Pode-se observar ao comparar as imagens 22 e 24, que entre 2000 e

2009 houve uma redução das áreas de Floresta densa e um aumento das áreas de Floresta aberta. Isso é resultado de uma maior interferência humana na Serra, demonstrando que houve alteração na área de floresta, diminuindo a sua densidade de biomassa no decorrer do período 2000 a 2009. A exatidão global do algoritmo RF para essa classificação foi de 88,4%.

Figura 26 - Mapa de uso e cobertura do solo da Serra da Caboronga a partir de imagem Landsat de 12/05/2009



Isso pode ser verificado também na tabela 08 que mostra os valores referentes às áreas ocupadas por cada classe. A classe de Floresta densa no ano de 2000 abrangia 33% da área total, enquanto em 2009, o percentual foi de 12,91%, ou seja, uma redução de mais de 60% da sua área. Já a Floresta aberta passou de 34,11% do total em 2000 para 46,82 em 2009, registrando um aumento de 27,2% de sua área.

Tabela 08 - Uso e cobertura do solo na Serra da Caboronga em 12/05/2009

Classe temática	Área (km²)	Percentual de cobertura (%)
Floresta densa	2,77	12,92
Floresta aberta	10,06	46,83
Agropecuária	7,24	33,71
Solo exposto	1,29	5,98
Nuvens/Sombra de nuvens	0,12	0,56

Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

A classe de pastagem também teve um aumento significativo em sua abrangência na área. Passando de 6,30 km², o que equivale a 29,37% da área total em 2000 para 7,23 km², ou 33,70% do total em 2009, registrando um aumento de 12,85% de sua área na Serra (Tabela 8). Isso indica que houve uma expansão das áreas destinadas à agropecuária, onde antes eram cobertas por floresta. Muitos autores apontam a expansão da agropecuária como uma das principais causas da diminuição de áreas de florestas no Brasil (RIVERO *et al.*, 2009; NASCIMENTO, 2019; ROSSONI; MORAES, 2020; ABADIAS; FONSECA; BARBOSA, 2020; SOUZA *et al.*, 2020).

Segundo Pinto, Rossato e Coronel (2019), no cenário latino-americano, a exploração da agropecuária é responsável por grande parcela da degradação ambiental existente, pois ela causa uma profunda transformação no local que é inserida. Nesse viés, Silva *et al.* (2012) destacam que:

A alteração do uso da terra de floresta para pastagem influencia diretamente na perda de solo e na sua degradação, uma vez que a retirada da cobertura vegetal mais densa, dificulta a infiltração de água no solo, bem como o aumento do escoamento superficial, que remove sedimentos gerando incisões – caminhos preferenciais para a água (SILVA *et al.*, 2012, 46).

Noletto e Cristo (2020) em estudo desenvolvido sobre uso e cobertura da terra no município de Brejinho de Nazaré verificaram transformações ambientais que ocorreram no município em decorrência do uso e ocupação da terra, destacando-se principalmente a redução

da vegetação de Cerrado em prol das atividades agropecuárias desenvolvidas. De acordo com eles, no município pesquisado existe uma tendência pelo aumento de áreas agropecuárias em detrimento da vegetação natural, causando assim impactos negativos sobre a biodiversidade local.

Sobre a perspectiva do uso e ocupação, Crispim (2020, p. 497), afirma que o desmatamento provocado no município de Quixadá, em sua maioria realizada sobre as depressões sertanejas, caracteriza-se pelo uso intenso de várias atividades. Porém, ele destaca a prática de agropecuária como fator primordial na intensificação da degradação ambiental nesse ambiente.

Assim, de modo semelhante, na Serra da Caboronga, no intervalo de nove anos (2000-2009), houve uma expressiva transformação de áreas de florestas para pastagens e lavouras, o que revela uma tendência ao desmatamento e uma supressão de vegetação mais densa para incorporação de terras à agropecuária.

Sobre esse contexto, Costa, Ribeiro e Albuquerque (2020) salientam que:

Com a redução da vegetação natural, causadas essencialmente pelas atividades antrópicas, diversas são as consequências não só para a qualidade de vida da população, como também na manutenção dos recursos hídricos e na conservação da biodiversidade, em virtude da intensa simbiose que há entre flora e fauna (COSTA; RIBEIRO; ALBUQUERQUE, 2020, p. 232).

A classe de solo exposto também aumentou sua abrangência na Serra, no período entre 2000 a 2009. Passou de 0,58 km², ou 2,74% da área total em 2000 para 1,29 km², o equivalente a 5,98% da área total em 2009. Dessa forma, registrou um aumento de 2,24% na área da Serra. As manchas de solo exposto estavam situadas nas áreas destinadas à agropecuária, estando assim, atreladas às suas práticas.

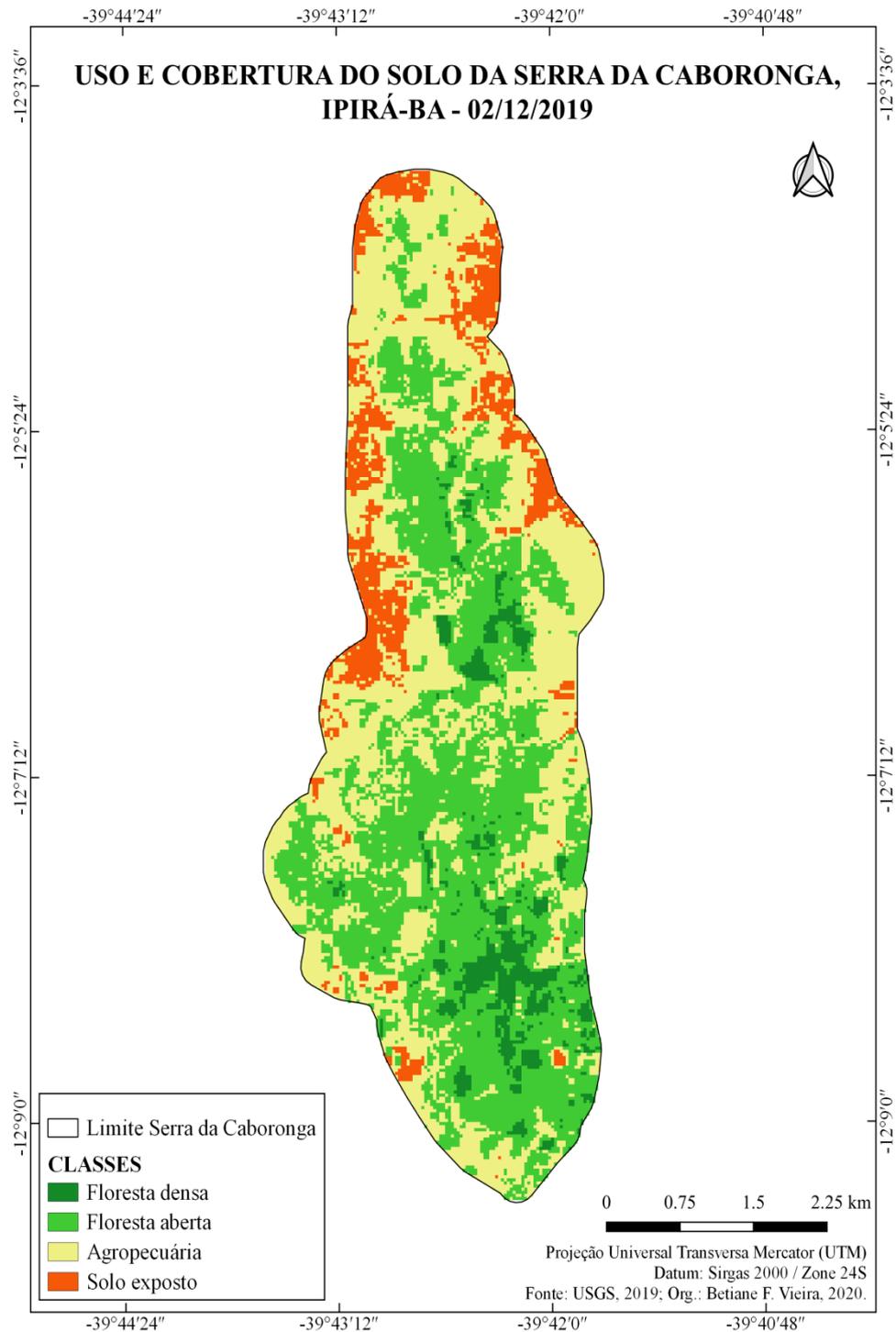
O solo desnudo fica propenso a ocorrência de processos erosivos, sendo o risco ainda mais acentuado em terrenos íngremes com altas declividades (MARINHESKI, 2016), como é o caso da Serra da Caboronga. Sobre isso Zamberlan *et al.* (2014) alerta que:

O cultivo agrícola em áreas de encostas está mais suscetível à degradação do solo e da água devido às acentuadas declividades. O fato de se manter o solo exposto sem cobertura vegetal reduz a taxa de infiltração de água, aumentando o deflúvio superficial, ocorrendo desta forma o carreamento de material para jusante, promovendo a sedimentação e alterando o estado qualitativo dos corpos hídricos de maneira nociva (ZAMBERLAN *et al.*, 2014, p. 96).

Dessa forma, o uso e a ocupação dos solos pelas atividades agropecuárias interferem e alteram os sistemas naturais, principalmente, quando o manejo da terra ocorre sem adoção de

medidas de conservação, o que contribui para a queda da qualidade das características físicas, químicas e biológicas do solo. A exatidão global do algoritmo RF para essa classificação foi de 90,3%.

Figura 27 - Mapa de uso e cobertura do solo da Serra da Caboronga a partir de imagem Landsat de 02/12/2019



Conforme a figura 27 e a tabela 9, a classe de Floresta densa em 2019 apresentou-se de forma bem reduzida, se comparada aos anos anteriores analisados. Nesse ano, a Floresta densa abrangia 5,71% da área total da Serra, o que correspondia a 1,22 km², menos da metade do que foi registrada em 2009 – 2,77 km². A exatidão global do algoritmo RF para essa classificação foi de 85,3%.

Tabela 9 -Uso e cobertura do solo na Serra da Caboronga em 02/12/2019

Classe temática	Área (km²)	Percentual de cobertura (%)
Floresta densa	1,23	5,72
Floresta aberta	9,06	42,20
Agropecuária	9,09	42,32
Solo exposto	2,10	9,76

Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

Quanto a Floresta aberta, também apresentou redução em sua área de abrangência, no decorrer do intervalo de dez anos (2009-2019). Passou de 10,05 km² (46,82% da área total) em 2009 para 9,06 km² (42,19% da área total) em 2019, ou seja, uma perda de 1 km² de floresta.

Em contrapartida, nesse ano, a classe de agropecuária ocupava uma área maior do que a de 2009, registrando uma diferença de 1,85 km² a mais, o que revela uma expansão da agropecuária para as áreas de floresta, transformando a paisagem natural em áreas de pastagens e cultivos.

Nesse contexto, justifica-se tal quadro com as considerações de Crispim (2020, p. 486) quando afirma que “soma-se a ausência da aplicabilidade dos instrumentos legais que devem nortear a forma como o uso do solo é regido. Estes instrumentos são essenciais no estabelecimento de normas legislativas na consideração da preservação e conservação dos elementos naturais”.

Houve um aumento também das áreas de solo exposto, registrando quase o dobro do total de sua ocorrência em 2009. A classe de solo exposto nesse ano foi de 2,10 km², o que correspondia a 9,76% da área total da Serra. Sobre as áreas de solo exposto, Figueiredo (2012) aponta que:

Essas áreas apresentam um grande potencial de degradação ambiental devido ao fato de não possuir cobertura vegetal podendo ser transportadas com a água da chuva para lugares mais baixos. A cobertura vegetal funciona com

caráter estabilizador, protegendo os solos das influências naturais, dos fluxos de radiação, das gotas da chuva e da ação modeladora do vento, que podem desestabilizar o sistema (FIGUEIREDO, 2012, p. 9).

Em campo, no dia 20/12/2020 foi visualizada uma grande mancha de queimada na Serra, registrada na fotografia a seguir (Figura 28). Segundo Carmo e Carmo (2019), as queimadas são corriqueiramente utilizadas no preparo da terra para incorporação de lavouras e pastagens, principalmente, por se tratar de uma alternativa barata (CARMO; CARMO, 2019). No entanto, é uma prática que causa diversos danos ambientais como perda e fragmentação da cobertura florestal, perda de fauna, de flora, além da emissão de gases do efeito estufa, implicando assim em grandes mudanças ambientais (BRAGA; JOHN, 2019).

Figura 28 - Manchas de queimadas na Serra da Caboronga (2020)



Foto: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

A expansão das áreas ocupadas por atividades agropecuárias, o aumento significativo de manchas de solo exposto e a redução expressiva das áreas de floresta, no período de 2000 a 2019, demonstra uma tendência ao desmatamento e supressão da vegetação mais densa, indicando uma propensão à degradação da terra.

A degradação das terras na região semiárida nordestina é atribuída principalmente à agropecuária, que no geral utiliza práticas tradicionais como o desmatamento e a queima da vegetação no preparo do solo, que somada às condições climáticas adversas, tem levado a um

histórico de deterioração dos solos e suscetibilidade à desertificação (FARIAS; BATISTA; ANDRADE, 2018).

Matallo Jr. (2001) define a desertificação como sendo “a degradação das terras nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, entre eles as variações climáticas e atividades humanas” (MATALLO JR, 2001, p. 24). Pereira, Oliveira Jr. e Lobão (2020) apontam que a agropecuária está no cerne das causas antrópicas da desertificação, sendo o desmatamento, etapa que antecede as práticas agrícolas, o facilitador desse processo por expor os solos, motivar os processos erosivos e diminuir a biodiversidade.

4.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Dentre os produtos derivados do sensoriamento remoto destaca-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, que permite monitorar e avaliar o vigor da vegetação natural e o desenvolvimento de culturas agrícolas, identificando mudanças e padrões da cobertura vegetal (LIMA *et al.*, 2013).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN ou NDVI, em inglês), foi proposto por Rouse *et al.* (1973) e consiste em uma aplicação de processos de realce por operações matemáticas entre bandas de sensores satelitários (MELO *et al.*, 2011). Esse índice é utilizado para diversas aplicações, dentre elas, na avaliação de mudanças do ambiente natural, permitindo fazer comparações de séries temporais da cobertura vegetal (MELO *et al.*, 2019).

Essa técnica é muito utilizada para compreender as mudanças nos usos da terra, porém não se restringe a isso, possuindo uma série de aplicações. Estudos recentes tem usado o NDVI em análises de dinâmica hidrotermal da vegetação (DENG *et al.*, 2018), aspectos fenológicos (WU *et al.*, 2017), dinâmica do uso e cobertura da terra (BAEZA; PARUELO, 2020), dentre outras abordagens (FERREIRA; SILVA; ALMEIDA, 2020).

O NDVI é o índice de vegetação mais utilizado no mundo, sendo assim, o mais popular dentre os demais (AYANLADE, 2017; XUE; SU, 2017; PONZONI; SHIMABUKURO, 2010). Amplamente utilizado para caracterizar a biomassa de formações florestais e sua distribuição espacial e temporal (BERGER *et al.*, 2019).

De acordo com Jensen (1996, apud MELO *et al.*, 2011) para obter o cálculo do NDVI usa-se a seguinte equação: $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$, onde: **NDVI** é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada; **NIR** é a reflectância no comprimento de onda

correspondente ao Infra-vermelho Próximo (0,76 a 0,90 μm); **R** é a reflectância no comprimento de onda correspondente ao Vermelho (0,63 a 0,69 μm).

Dessa forma, para obtenção do NDVI utiliza-se a banda do infravermelho próximo e a banda do vermelho. Essas duas bandas são utilizadas para o cálculo do NDVI devido as suas características. A vegetação possui uma intensa absorção devido à clorofila na região do vermelho (0,63 – 0,69 μm) e por uma intensa energia refletida na região do infravermelho próximo (0,76 – 0,90 μm) devido à estrutura celular das folhas (DIAS, 2019). Esse comportamento antagônico da refletância da vegetação na região espectral do visível e do infravermelho próximo é o princípio básico que consiste no NDVI (SOUSA *et al.*, 2014).

Assim, a cor verde da vegetação sadia, em virtude da sua pigmentação, reflete mais no infravermelho próximo e menos na região do visível, o que gera altos valores para o NDVI. Já a folha seca por ter perdido a pigmentação verde, aumenta sua reflectância no visível e reduz no infravermelho próximo, resultando em valores menores de NDVI (SOUSA *et al.*, 2014).

Os valores do NDVI variam de -1 a +1. Quanto mais próximo de 1, maior a densidade da cobertura vegetal. Cabe destacar que, a vegetação apresenta valores positivos e os corpos hídricos, valores negativos. Isso porque a água reflete menos no infravermelho próximo do que no vermelho. Já as áreas sem vegetação (solo exposto) refletem de forma semelhante no infravermelho próximo e no vermelho, o que faz o NDVI ficar em torno de zero (DIAS, 2019).

Com base no intervalo de variação do NDVI (-1 a 1) e nos valores obtidos a partir dos cálculos das imagens, foi definida uma classificação padrão quanto a densidade da vegetação (Quadro 3). Assim, a densidade da biomassa foi dividida em quatro classes, a saber: muito baixa, baixa, média e alta.

Quadro 3 - Classes de NDVI

Intervalo NDVI	Classe
0,000 - 0,350	Baixa densidade
0,351 - 0,500	Média densidade
0,501 - 0,700	Média alta densidade
0,701 - 1,000	Alta densidade

Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

A análise multitemporal (2000, 2009 e 2019) do NDVI permitiu verificar a dinâmica da cobertura vegetal da Serra da Caboronga, viabilizando a identificação do período de maior e menor vigor vegetativo na área. Para isso, foram escolhidas imagens dos sensores Landsat-5

e Landsat-8, obtidas gratuitamente do catálogo da *United States Geological Survey* (USGS), datadas de 28/01/2000, 12/05/2009 e 02/12/2019. As figuras a seguir mostram a distribuição do NDVI para cada data.

Como pode ser observado na figura 29, o NDVI na Serra da Caboronga referente ao ano de 2000, apresentou na maior parte da área índices entre 0,501 a 1,000, demonstrando assim, ter uma alta densidade de biomassa vegetal nesse ano. Essa situação pode ser notada na imagem por meio da contiguidade de áreas contendo os dois tons de verdes mais escuros.

Figura 29 - Mapa de NDVI da Serra da Caboronga a partir de imagem Landsat de 28/01/2000



Verifica-se uma expressiva ocorrência da classe que varia de 0,701 a 1,000, representada pelo tom de verde de maior intensidade. Tais valores de NDVI indicam a presença de uma vegetação verde e sadia – ou seja, uma vegetação com folhas, bem suprida de água e desempenhando adequadamente suas funções metabólicas e fisiológicas (PEREIRA; SILVA; PAMBOUKIAN, 2016) – e com alta densidade. Embora as manchas de floresta densa estejam distribuídas em variados tamanhos em grande parte da Serra, os maiores fragmentos estão localizados justamente nas áreas com picos de altitude.

Segundo Figueiredo, Augustin e Ávila (2008), as áreas de topos e encostas escarpadas geralmente possuem uma vegetação mais preservada, justamente pela dificuldade de acesso. No mesmo sentido, Candido e Nunes (2010) apontam que áreas de relevo mais irregular desfavorecem o uso agrícola das terras, o que explica uma maior preservação das florestas nesses locais.

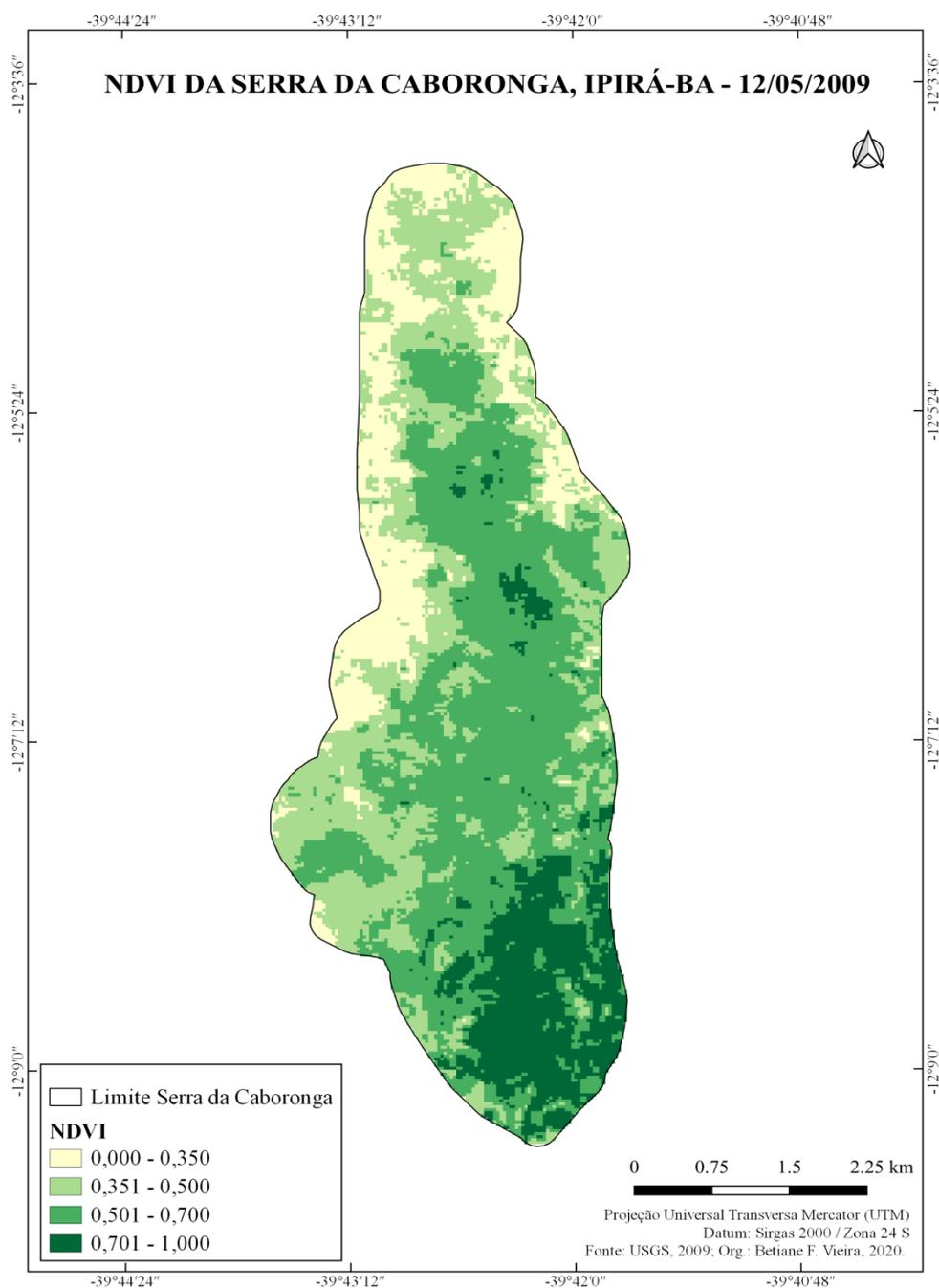
A classe de maior ocorrência na Serra foi à de 0,501 a 0,700, indicando assim, que na maior parte da área havia uma média alta densidade vegetal. Esses valores correspondem à presença de uma vegetação aberta, porém apresentando um significativo vigor vegetativo.

As manchas em verde claro correspondem à classe de 0,351 a 0,500 e representam baixos valores de NDVI. Essas manchas eram pequenas e estavam dispersas, demonstrando serem resultantes de usos pontuais da terra, como por exemplo, de atividades agrícolas. Tais manchas, além de possuírem formato geométrico, estão localizadas na parte mais baixa do relevo (como mostra mapa hipsométrico, Figura 14), o que indica a ocorrência de atividades agrícolas ou pecuárias nesse local, uma vez que existe uma tendência de maior uso agrícola nas áreas mais planas, conforme argumentam Candido e Nunes (2010).

A classe de 0,000 a 0,350 consiste nos valores mais baixos de NDVI na área e é representada pela cor amarela. Essas manchas mostram que havia uma baixa densidade de biomassa vegetal nessas áreas, acusando a ocorrência de uma vegetação rala ou esparsa, podendo está associada a pastagens degradadas ou solo exposto.

A figura 30 representa a distribuição do NDVI na Serra da Caboronga, calculado a partir da imagem Landsat-5, datada de 12/05/2009. Foram registrados baixos valores de NDVI em boa parte da área, o que compreendem às classes de 0,000 a 0,350 e 0,351 a 0,500 e que são representadas pelas cores amarelo e verde claro, respectivamente. Esses baixos índices caracterizam áreas de vegetação aberta e rala, bem como de solo exposto. Ao comparar a imagem de 2009 e a de 2000, nota-se um aumento das áreas de baixa densidade de vegetação.

Figura 30 - Mapa de NDVI da Serra da Caboronga a partir de imagem landsat de 12/05/2009



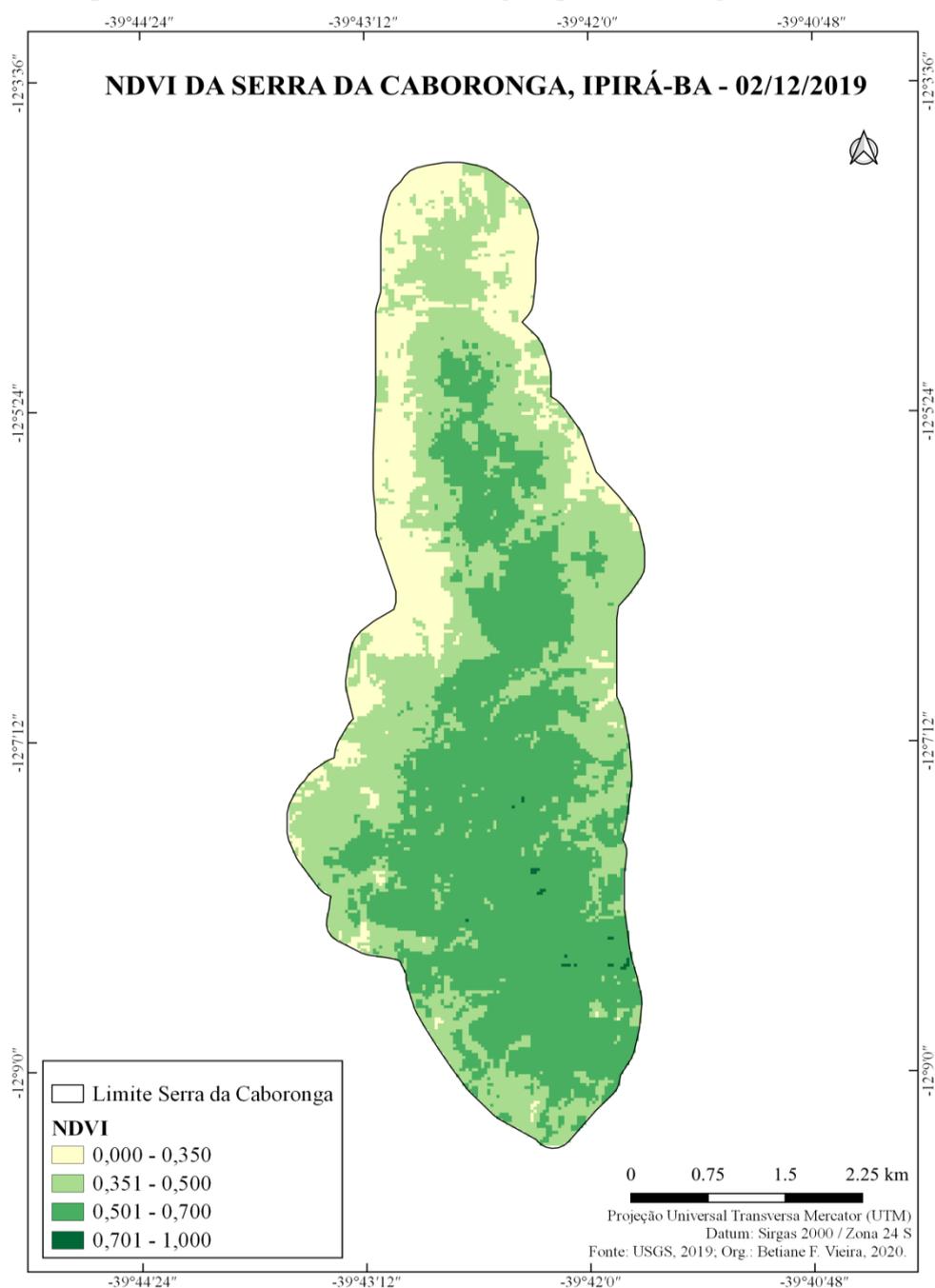
A classe de 0,501 a 0,700, correspondente a média alta densidade de vegetação, apresentou no período de 2000 a 2009 uma redução da sua ocorrência na área. Em 2009 esses índices foram registrados nas áreas mais elevadas, ao longo do espinhaço da Serra, no sentido norte a sul. Essa cobertura vegetal é caracterizada por uma floresta levemente aberta.

Quanto à classe de 0,701 a 1,000, representada pelo verde escuro, corresponde às áreas de floresta densa. Nesse ano, pode se observar que houve uma menor abrangência dessa

classe, apresentando-se de forma concentrada espacialmente na porção sul da Serra. Enquanto que no ano de 2000 essa classe de NDVI estava distribuída em três porções da Serra, no sentido norte sul.

A figura 31 mostra o produto de NDVI da Serra da Caboronga gerado a partir da imagem Landsat-8, datada de 02/12/2019. É notável que houve uma expressiva redução das manchas em verde escuro, referente a classe de maior densidade (0,701 a 1,000), indicando que nesse período a Serra apresentou uma menor ocorrência dessa classe do NDVI.

Figura 31 - Mapa de NDVI da Serra da Caboronga a partir de imagem landsat de 02/12/2019



A classe de alta densidade de biomassa (0,701 – 1,000) foi a de menor ocorrência na Serra nesse ano, sendo representada por poucas e pequenas manchas em verde escuro. Já as classes com maior preponderância foram as de baixa e média alta densidade, correspondendo aos tons de verdes mais claros (0,351 a 0,500 e 0,501 a 0,700, respectivamente).

A tabela 10 mostra o cálculo das áreas em km² e em porcentagem segundo a ocorrência de cada classe de NDVI para os anos de 2000, 2009 e 2019. Pode se perceber que houve um aumento no decorrer dos anos das áreas com baixa e média densidade vegetal. Enquanto que a classe de alta densidade sofreu uma redução significativa da sua área. Já a média alta densidade de vegetação apresentou uma variação no período, passando de 72,55% em 2000 para 41,26% em 2009 e 45,15% em 2019, o que evidencia uma queda na sua abrangência, seguida por um acréscimo.

Tabela 10 – Evolução temporal das áreas em km² e em porcentagem de acordo com cada classe de densidade do NDVI

Classe/Densidade	2000	%	2009	%	2019	%
1 - Baixa	0,005	0,03	3,47	16,18	3,51	16,35
2 – Média	0,29	1,35	6,18	28,76	8,24	38,38
3 – Média alta	15,58	72,55	8,86	41,26	9,69	45,15
4 - Alta	5,60	26,08	2,96	13,8	0,02	0,12

Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

Dessa forma, o NDVI mostrou que no período de 2000 a 2019 houve uma diminuição expressiva da vegetação densa e um aumento da vegetação aberta (média e média alta densidade). Sendo que as áreas com pouca ou nenhuma vegetação (baixa densidade) também apresentou um incremento significativo.

Essa variação espaço-temporal do NDVI na Serra da Caboronga pode estar atrelada principalmente à sazonalidade climática inter-anual e intra-anual, pois como explicam Pereira e Silva (2013), existe uma influência direta da sazonalidade pluviométrica na intensidade dos índices de vegetação. Assim, altos valores de NDVI podem está relacionados a ocorrências de chuvas, enquanto os baixos valores às estiagens.

Segundo Bayma e Sano (2015), as séries temporais de NDVI podem identificar se as mudanças ocorridas na cobertura vegetal são decorrentes da sazonalidade climática, por meio da variação do regime pluviométrico ou se são motivadas pelos diferentes usos da terra, nesse último caso, evidenciando a ocorrência de desmatamentos e/ou queimadas.

Santos, Baptista e Moura (2017) mostraram que o tempo de resposta da vegetação aos valores de NDVI ocorre em torno de 28 a 30 dias em relação aos episódios de chuvas. Partindo desse princípio e do fato de não dispor de imagens de dois períodos (seco e chuvoso) para cada ano, buscou-se correlacionar o NDVI aos dados pluviométricos, referentes aos acumulados do mês que antecedeu cada imagem utilizada, disponibilizados na tabela 11.

Tabela 11 – Acumulados pluviométricos (mm) do município de Ipirá-BA referente ao mês de cada imagem de NDVI (2000, 2009 e 2019) e do mês antecedente.

NDVI - 28/01/2000		NDVI - 12/05/2009		NDVI - 02/12/2019	
Dezembro/1999	134,9	Abril/2009	64,2	Novembro/2019	18,5
Janeiro/2000	59,3	Mai/2009	153,8	Dezembro/2019	36,2
Total	194,2	Total	218	Total	54,7

Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2021.

Fonte: Xavier *et al.*, 2016; INMET, 2019.

Com base na tabela 11 e nos mapas das figuras 27, 28 e 29 referentes aos NDVIs obtidos das imagens datadas de 28/01/2000, 12/05/2009 e 02/12/2019, pôde-se perceber que houve uma influência significativa da precipitação na variação do NDVI, pois se verificou que no período de 2000, a Serra apresentou um expressivo vigor vegetativo, bem como um alto acumulado pluviométrico, em contrapartida, no período analisado de 2019 registrou-se um baixo vigor vegetativo na área somado a baixos índices pluviométricos, indicando assim uma relação de causa e efeito entre a ocorrência das chuvas e a dinâmica do NDVI.

Como pontua Ferreira (2019), “para a vegetação, de forma geral, valores altos do NDVI indicam saúde e densidade, enquanto valores baixos caracterizam uma vegetação estressada e esparsa” (FERREIRA, 2019, p. 26). Assim, uma vegetação verde e sadia significa que está bem suprida de água, enquanto que a vegetação estressada se deve a deficiência hídrica nas plantas.

Dessa forma, notou-se que maiores acumulados pluviométricos estão associados a uma vegetação mais viçosa e densa (altos valores de NDVI), enquanto que baixos valores de chuvas resultaram em uma vegetação estressada, menos densa ou até áreas desnudas (baixos valores de NDVI). A distribuição espacial do NDVI mostrou que algumas áreas possuem maiores valores de NDVIs do que outras. Isso está relacionado não só a influência dos eventos pluviométricos, mas também aos diferentes usos da terra e a umidade do solo.

De forma geral, conclui-se que houve influência da precipitação na variação do NDVI ao longo do período analisado, assim como também mudanças nos usos da terra, o que refletiu em baixos valores de NDVI em algumas áreas da Serra, a exemplo das porções Nordeste e Noroeste, que apresentaram em 2009 e 2019 índices entre 0,000 a 0,350, correspondendo assim a menor classe de NDVI e caracterizando áreas de pastagens ou cultivos e áreas de solo exposto.

5 ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM DA SERRA DA CABORONGA

5.1 Unidades de Paisagem da Serra da Caboronga

As unidades de paisagem são espaços territoriais com diferentes níveis de homogeneidade fisionômica, resultado da interação entre os elementos naturais e a ação antrópica sobre eles (SOUZA; NUNES; HERCULANO, 2021). Cada uma das unidades se individualiza pela sua estrutura geocológica (geologia, relevo, solos e vegetação), funcionamento e dinâmica, formando assim, um mosaico de diferentes arranjos espaciais de acordo com suas especificidades.

Para esta pesquisa, adotou-se como conceito de paisagem norteador a definição de Monteiro (2000), o qual entende a paisagem como uma:

Entidade espacial delimitada, segundo um nível de resolução do pesquisador, a partir dos objetivos centrais da análise, de qualquer modo, sempre resultado de integração dinâmica e, portanto, instável dos elementos de suporte, forma e cobertura (físicas, biológicas e antrópicas), expressa em partes delimitáveis infinitamente, mas individualizadas através das relações entre elas que organizam um todo complexo (sistema); verdadeiro conjunto solidário em perpétua evolução. (MONTEIRO, 2000, p. 39)

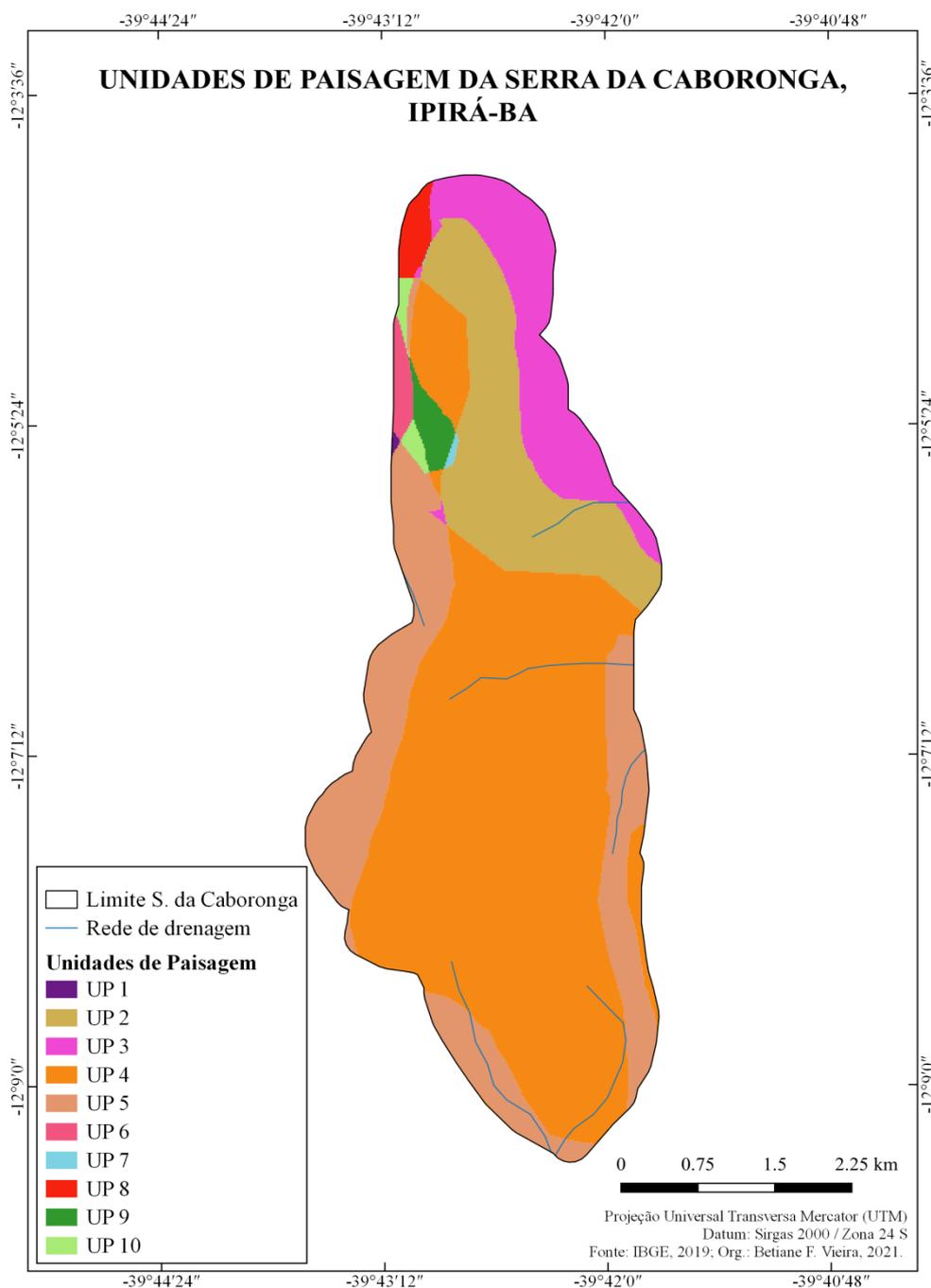
Essa definição deixa clara a responsabilidade e a autonomia do pesquisador, quanto à delimitação das unidades de paisagem, em função dos objetivos da pesquisa. Dessa forma, como destaca Watanabe (2011), cabe ao pesquisador selecionar os elementos de maior importância ou que definem melhor o ambiente para serem utilizados no processo de cartografia das unidades de paisagem.

A delimitação das unidades de paisagem da Serra da Caboronga foi realizada por meio do cruzamento de dados (sobreposição de mapas) dos aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e usos da terra. E para tal, baseou-se nos preceitos da análise integrada da

paisagem de Monteiro (2000) e em estudos recentes de paisagem como: Dias e Santos (2007); Belem e Nucci (2020); Silva, Lima e Boin (2017); Souza, Nunes e Herculano (2021); Barbalho *et al.* (2018); Vasconcelos e Souza (2018) entre outros.

Foram identificadas e delimitadas dez unidades de paisagem para a Serra da Caboronga. No mapa da figura 33, são apresentadas as respectivas UP e no quadro 4, a síntese descritiva integrando os diferentes elementos que compõem a paisagem.

Figura 32 – Mapa de Unidades de Paisagem da Serra da Caboronga



Quadro 04 – Quadro de correlações entre os elementos das Unidades de Paisagem da Serra da Caboronga, Ipirá-Ba.

UP	Unidade Geológica	Hidrografia	Declividade	Forma do relevo	Solos	Uso e cobertura do solo
UP 1	Depósitos aluvionares holocênicos	-	4,58°-11,31°	Topo aguçado	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	Pastagem e solo exposto
UP 2	Tanque Novo – Ipirá – Gnaisse Bogo	Presença de uma nascente	0° a >36,87°	Topo aguçado	Planossolo Háptico Eutrófico	Pastagem, floresta aberta, pequenos fragmentos de floresta densa, manchas de solo exposto
UP 3	Tanque Novo – Ipirá – Gnaisse Ipirá	Pequena porção de um riacho	1,72°-36,87°	Topo aguçado	Planossolo Háptico Eutrófico	Pastagem e solo exposto
UP 4	Tanque Novo – Ipirá – Gnaisse Bogo	Presença de três nascentes	11,31° a >36,87°	Topo aguçado	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	Floresta densa, floresta aberta e pastagens
UP 5	Tanque Novo – Ipirá – Gnaisse Ipirá	Duas nascentes; pequenas porções de dois riachos	1,72°-36,87°	Topo aguçado	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	Pastagem, solo exposto, floresta aberta
UP 6	Depósitos aluvionares holocênicos	-	4,58°-11,31°	Pediplano	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	Pastagem e solo exposto
UP 7	Tanque Novo – Ipirá – Gnaisse Bogo	-	11,31° a 36,87°	Pediplano	Planossolo Háptico Eutrófico	Floresta aberta
UP 8	Tanque Novo – Ipirá – Gnaisse Ipirá	-	1,72°-36,87°	Pediplano	Planossolo Háptico Eutrófico	Pastagem e solo exposto
UP 9	Tanque Novo – Ipirá – Gnaisse Bogo	-	4,58°-36,87°	Pediplano	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	Floresta aberta, pastagem e solo exposto
UP 10	Tanque Novo – Ipirá – Gnaisse Ipirá	-	4,58°-11,31°	Pediplano	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	Pastagem e solo exposto

Elaboração: Betiane Figueredo Vieira, 2021.

Fonte: IBGE (2019); USGS (2019).

Com base no mapa da figura 33, pode-se observar que das dez unidades de paisagem identificadas, quatro delas (UP 2, UP 3, UP 4 e UP 5), compreende a maior parte da Serra. As seis outras paisagens dividem uma pequena área na porção noroeste da Serra, apresentando um tamanho reduzido em relação às demais.

A UP 4 é a maior unidade delimitada na Serra da Caboronga. Essa UP está relacionada às áreas de maiores altitudes e declividades da Serra, além de abrigar maior cobertura florestal, tanto aberta como densa (Figura 33). São áreas com maiores exemplares de vegetação nativa, apresentando uma maior densidade e conservação da cobertura vegetal. A condição do relevo acidentado limita o uso da terra, uma vez que a declividade acentuada dificulta o desenvolvimento de atividades como agricultura e pecuária, o que leva a uma maior preservação da floresta.

Figura 33 – Fragmentos de floresta densa e de floresta aberta na UP 4

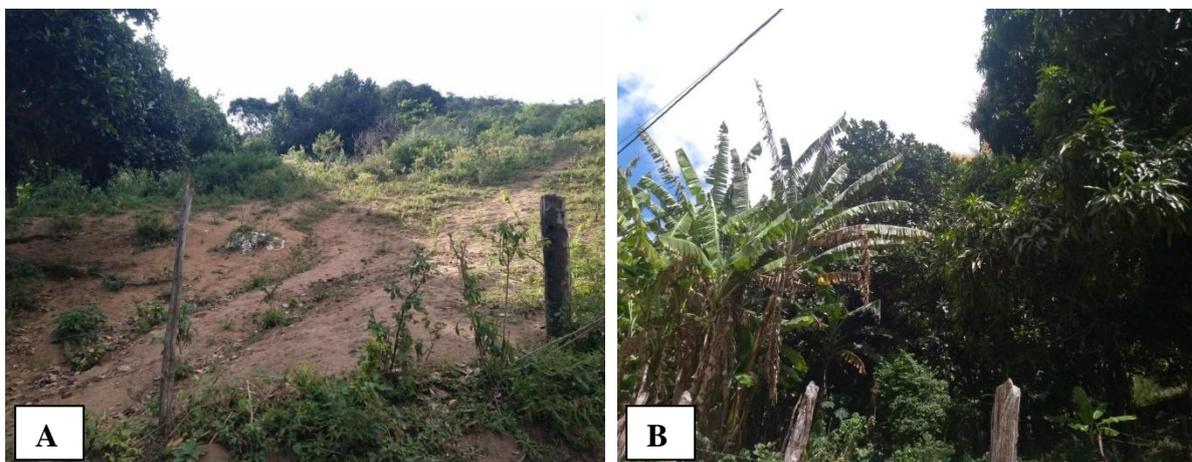


Legenda: Floresta densa (A); Floresta aberta (B).
Fotos: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

Essa UP tem como solo o Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, derivado do grupo Tanque Novo – Ipirá – Gnaissé Bogo, que é composto por rochas graníticas metamorfizadas, denominadas de Gnaisses. Esse solo tem como principal característica a formação em áreas com relevo ondulado ou forte ondulado, o que define bem a geomorfologia dessa UP, a qual apresenta um relevo bastante movimentado, que vai do forte ondulado ($11,31^\circ$ - $24,23^\circ$) ao forte montanhoso ($>36,87^\circ$), com formas de topo aguçado. Além disso, suas terras são mais drenadas por nascentes, haja vista a presença do subafluente do riacho do cipó, do riacho do anum e seu afluente. A hidrografia dessa UP somada as características do solo e do relevo

confere uma maior umidade aos solos, favorecendo o cultivo de frutas e a ocorrência de uma vegetação com predominância de espécies arbóreas (Figura 34).

Figura 34 – Tipo de solo e cultivos de frutas na UP 4



Legenda: Solo Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (A); Cultivo de banana, manga e jaca (B).
Fotos: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

A UP 5 apresenta algumas semelhanças com a UP 4, diferenciando-se em relação à estrutura geológica e por possuir menor área de floresta e menores declividades. No entanto, apresenta uma boa drenagem das suas terras, havendo duas nascentes em sua área, que correspondem aos subafluentes do riacho do Cipó, assim como, pequenas porções do riacho do Anum e do seu afluente. Como na UP 4, o tipo de solo, a forma do relevo e a hidrografia confere a UP 5 (Figura 35) uma maior umidade e potencialidades ambientais.

Figura 35 – Feições da Unidade de Paisagem 5



Foto: Betiane Figueredo Vieira, 2020.

A UP 9 também assemelha-se a UP 4 por apresentar igual embasamento geológico e mesmo tipo de solo, porém distingue-se em relação à forma de relevo e por não ter nenhum curso d'água, além de possuir maior variação da declividade. Na UP 9 (Figura 36) ocorre o processo de pediplanação, que se dar por meio de processos erosivos, levando a regressão das vertentes e o desenvolvimento de áreas aplainadas. Já os topos aguçados, presentes na UP 4 foram oriundos de processo de dissecação, resultando em entalhamento do relevo.

Figura 36 – Feições da Unidade de Paisagem 9



Foto: Betiane Figueredo Vieira, 2021.

A UP 1 e a UP 6 apresentam características similares, pois possuem o mesmo embasamento geológico (Depósitos Aluvionares Holocênicos), o mesmo tipo de solo (Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico) e igual intervalo de declividade ($4,58^\circ$ a $11,31^\circ$), além de apresentar solo exposto e pastagem como classes do uso da terra, diferenciando-se somente em relação a forma do relevo (topo aguçado na UP 6 e pediplano na UP 1).

Sendo assim, a UP 6 é uma paisagem mais instável, já que é marcada pelo processo de pediplanação, apresentando uma transformação em curso, através da ocorrência de processos erosivos nas vertentes e consequentemente aplainamento do relevo. Trata-se de uma área de transição da Floresta Estacional Decidual para a Caatinga (Figura 37). Convém ressaltar, que a formação dos Depósitos Aluvionares Holocênicos está associada à morfogênese, que consiste no processo de modelagem do relevo por meio da erosão e sedimentação.

Figura 37 – Área de transição para a caatinga na UP 6



Foto: Betiane Figueredo Vieira, 2021.

A UP 2 e a UP 7 também apresentam similaridades, uma vez que, possuem o mesmo embasamento geológico e o mesmo tipo de solo, distinguindo-se pela forma de relevo e por apresentar diferentes usos da terra. A UP 7 apresenta um processo de aplainamento do relevo e a UP 2 uma dissecação homogênea, resultando em topos aguçados. Além disso, a UP 7 possui como cobertura da terra a floresta aberta, enquanto que a UP 2 (Figura 38) apresenta maior diversidade no uso e cobertura da terra, pois além da floresta aberta, possui fragmentos de floresta densa, pastagens e áreas desnudas.

Figura 38 – Feições da Unidade de Paisagem 2



Foto: Betiane Figueredo Vieira, 2021.

A UP 8 e a UP 10 tem o mesmo embasamento geológico, a mesma forma de relevo e os mesmos usos da terra, diferenciando-se quanto ao tipo de solo. Já a UP 3 (Figura 39) possui o mesmo embasamento geológico, o tipo de solo, intervalo de declividade e usos da terra da UP 8, distinguindo-se quanto a forma de relevo.

Figura 39 – Feições da Unidade de Paisagem 3



Fotos: Betiane Figueredo Vieira, 2021.

Como se observa, as unidades de paisagem na Serra da Caboronga se individualizam com base nas diferenças que cada feição apresenta. Cada unidade de paisagem possui singularidades devido à distribuição de umidade, calor e dinâmica em relação à troca de energia e matéria, implicando assim em arranjos espaciais que se distinguem um dos outros quanto à forma de relevo, o tipo do solo, a estrutura geológica, a vegetação, a hidrografia e o uso do solo.

Verificou-se que algumas unidades de paisagem como a UP 2, UP 4 e a UP 5 apresentam maior umidade que as demais, refletindo assim em uma maior densidade e vigor da vegetação. A UP 2 e a UP 4 são as que possuem maior ocorrência de fragmentos florestais, o que as deixam numa situação mais favorável.

As unidades UP 1, UP 3, UP 6, UP 8 e UP 10 são as que apresentam maiores processos de transformação da paisagem natural, devido a um intenso uso da terra pela agropecuária. Sendo assim, essas áreas são consideradas como de significativa fragilidade ambiental, uma vez que apresenta maior suscetibilidade a ocorrência de degradação ambiental.

6 CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste estudo denotam as condições ambientais da Serra da Caboronga. Como revelado pela análise ambiental, é possível concluir que a Serra da Caboronga se mostra um ambiente frágil e muito vulnerável à intervenção humana, uma vez que apresenta características predisponentes à ação de processos erosivos, como a presença de solos altamente suscetíveis a erosão, as acentuadas declividades e o relevo movimentado.

Além disso, os usos da terra na Serra revelam uma suscetibilidade à ocorrência de impactos ambientais, devido às transformações ocorridas no espaço, diretamente relacionadas ao desenvolvimento de atividades agropecuárias. A substituição da cobertura vegetal original por pastagens e cultivos é um dos fatores mais responsáveis por deixar às áreas propensas ao desencadeamento de processos de erosão, impactando negativamente os solos e favorecendo assim, a ocorrência de degradação ambiental.

As atividades agropecuárias na Serra da Caboronga têm implicado na redução da sua cobertura vegetal original, pondo em risco a sobrevivência de espécies animais e vegetais, causando assim, a perda da sua biodiversidade. Nesse contexto, chama-se atenção para as pastagens degradadas, pois têm deixando muitas áreas com o solo exposto, o que causa desgaste e perda de solos.

A exploração intensa dos recursos hídricos, aliada ao desmatamento, tem causado modificações na paisagem, como o desaparecimento de nascentes e riachos na superfície, demonstrando assim, indícios de impactos ambientais na Serra da Caboronga. Assim, partindo do princípio de que os sistemas ambientais, considerados como sistemas abertos, ao sofrer qualquer modificação em um dos elementos, podem mudar ou alterar os demais, causando um desequilíbrio em todo o sistema.

Diante desse contexto, destaca-se a importância e urgência de ações conjuntas entre o poder público e a sociedade civil em prol da conservação e preservação dos recursos naturais da Serra da Caboronga. É necessário estruturar e implantar políticas específicas de incentivo às atividades rurais, como o cultivo de frutas e a pecuária de forma sustentáveis, de modo que tenha geração de renda sem agredir e exaurir o meio ambiente. Implantar e estimular programas fundamentais de educação ambiental, de proteção das nascentes, de recuperação de áreas degradadas, de reflorestamento e de fomento à preservação da floresta.

Além disso, deve-se intensificar o monitoramento e a fiscalização ambiental para zelar pelo cumprimento da política de conservação dos recursos naturais. Desse modo, destaca-se a importância da criação de um plano de manejo para orientar o uso racional dos recursos

naturais e assim efetivar a gestão ambiental da área, regulamentando, estimulando ou restringindo as atividades econômicas em determinadas áreas, a ocupação e os usos do solo, além de estabelecer medidas de prevenção e controle de incêndios naturais e antrópicos.

Em virtude dos condicionantes naturais, a Serra da Caboronga possui muitas potencialidades ambientais dignas de serem aproveitadas de forma sustentáveis, por exemplo, através do ecoturismo, uma vez que a beleza e os atrativos paisagísticos locais, aliado ao déficit de áreas destinadas ao lazer no município, funcionam como estimulantes ao desenvolvimento dessa atividade. Cabendo ao poder público, incentivar e destinar investimentos para o aproveitamento turístico sustentável da área.

Diante disso tudo convém reforçar a ideia da criação de uma unidade de conservação na Serra da Caboronga para garantir a sua proteção através da lei, visando à conservação dos recursos naturais e a biodiversidade existentes na área. O presente estudo apresenta um diagnóstico ambiental e a evolução da paisagem, bem como, as vulnerabilidades e potencialidades ambientais da Serra da Caboronga, podendo servir como fonte de informações para auxiliar no planejamento e gestão ambiental da área e ampliar as discussões sobre a implantação de uma unidade de conservação nesse espaço.

Portanto, confirma-se parcialmente a hipótese inicial do estudo que “devido ao uso inadequado dos recursos naturais da Serra da Caboronga, principalmente do solo, da água e da vegetação, vem ocorrendo alterações na paisagem natural, apresentando problemas ambientais diversos.” Não foram encontrados registros referentes ao monitoramento e fiscalização ambiental dessa área.

Os resultados dessa pesquisa serão divulgados em meios científicos, a partir da apresentação em seminários e congressos, bem como, publicados em revistas científicas, anais de eventos e periódicos. A divulgação também será realizada junto a órgãos públicos do município e a sociedade civil, através de palestras sobre a importância da preservação da Serra da Caboronga.

Como principais sugestões de pesquisas futuras sobre essa área pode-se citar: levantamento botânico e identificação de espécies florestais; estudo fitossociológico; análise dos lençóis freáticos e desaparecimento de nascentes; estudos sobre medidas de recuperação florestal; estudos sobre potencialidades turísticas; e análise da vulnerabilidade ambiental da área.

7 REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo. Ateliê Editorial, 2003, p. 9-26.
- ABADIAS, I. M.; FONSECA, P. R. B.; BARBOSA, C. H. Manejo da pecuária: uma análise sobre impactos ambientais. **Revista EDUCAmazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente**, Humaitá, Ano 13, Vol XXV, Núm 1, Jan-Jun, 2020.
- ABDI, A. M. Desempenho da cobertura e classificação do uso da terra de algoritmos de aprendizado de máquina em uma paisagem boreal usando dados Sentinel-2. **GIScience & Remote Sensing**, 57: 1, 1-20, 2020.
- ABREU, M. B. **Análise Espaço temporal da Cobertura e Uso da Terra no Estado do Rio de Janeiro de 1994 até 2007**. 2010. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- AGUIAR, J. V.; BASTOS, N. Uma reflexão teórica sobre as relações entre natureza e capitalismo. **Revista Katálisys**, Florianópolis, 2012.
- AGUILAR, D. J.; KRUKER, J. M.; CALHEIROS, R. de O.; SILVA, C. A. S. da. **Determinação da evapotranspiração potencial e balanço hídrico da região da grande Dourados, MS**. Dourados: EMBRAPA-UEPAE, 1986. 150 p.
- ALMEIDA, C. M.; ARAUJO, M. M.; LONGHI, S. J.; ROVEDDER, A. P.; SCCOTI, M. S. V.; AIMI, S. C.; TONETTO, T. S. Análise de agrupamentos em remanescente de floresta estacional decidual. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 781-789, 2015.
- ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ANDRADE-OLIVEIRA, D. P.; BARROS-SANTOS, J.; RODRIGUES-MAIA, M.; OLIVEIRA, E.; MAIA-LIMA, E. Geoprocessamento aplicado a análise geoambiental no Município de Vitória da Conquista-Bahia. **Revista Geográfica de América Central** n. 60, pp. 329-348, 2018.
- ARAÚJO, A. C. M.; GOUVEIA, L. B. Uma revisão sobre os princípios da Teoria Geral dos Sistemas. **Estação Científica** - Juiz de Fora, nº 16, 2016.
- ARAÚJO, C. M. A. As diferentes concepções de natureza no mundo ocidental: uma abordagem geográfica. **Revista Eletrônica da Faculdade Metodista Granbery**, n.21, Juiz de Fora-MG, 2016.
- ARAÚJO, E. D. S; SOUZA, J. O. P.; MACHADO, C. C. C. Comparação entre o IVDN e o IVAS para vegetação de caatinga nas Serras Sertanejas-PB. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 71, p. 328-343, 2019.
- AYANLADE, A. Remote Sensing vegetation dynamics analytical methods: a review of vegetation indices techniques. **Geoinformatica Polonica**, v. 16, p. 11-17, 2017.

BACANI, V. M.; LUCHIARI, A. Geoprocessamento aplicado ao zoneamento ambiental da bacia do alto rio Coxim-MS. **GEOUSP – Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 184-197, 2014.

BAEZA, S.; PARUELO, J. M. Land use/land cover change (2000–2014) in the Rio de la Plata grasslands: an analysis based on MODIS NDVI time series. **Remote Sensing**, v. 12, n. 3, p. 381, 2020.

BARBALHO, M. G. S.; LEAL, A. C.; NUNES, J. O. R.; MORAES, C. G.; PEIXOTO, J. C. Unidades da paisagem da bacia do Rio das Almas, microrregião de Ceres/GO. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 10, p. 153-166, 2019.

BARBOSA, G. S. O desafio do Desenvolvimento Sustentável. **Revista Visões**, 4ª Edição, Nº4, V. 1, 2008.

BARBOSA, L. G.; GONÇALVES, D. L. A paisagem em geografia: diferentes escolas e abordagens. **Élisée, Rev. Geo. UEG – Anápolis**, v.3, n.2, p.92-110, 2014.

BARROS, L. L. Aplicações da Geoecologia da Paisagem no planejamento ambiental e territorial dos parques urbanos brasileiros. **Revista Geográfica de América Central**, Costa Rica Número Especial EGAL, p. 1-14, 2011.

BAYMA, A. P.; SANO, E.E. Time series of vegetation indexes (NDVI and EVI) from MODIS for detecting deforestation in the Cerrado biome Bol. **Ciênc. Geod.**, sec. Artigos, Curitiba, v. 21, no 4, p.797-813, 2015.

BELEM, A. L. G.; NUCCI, J. C. Unidades de paisagem no bairro Santa Felicidade, Curitiba-PR: contribuição para uma cartografia de síntese. **Geo UERJ**, n. 36, p. 28982, 2020.

BERGER, R.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; CANDEIAS, A. L. B.; RUBILAR, R. Índices de vegetação para a estimativa do índice de área foliar em plantios clonais de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 885-899, 2019.

BERNARDES, J. A. FERREIRA, F. P. M. Sociedade e Natureza. In: CUNHA, S. B. GUERRA, A. J. T. (Orgs.) **A Questão Ambiental: Diferentes Abordagens**. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2003.

BERNARDINO, D. S. M.; OLIVEIRA, A. M.; DINIZ, M. T. M. Georges Bertrand e a Análise Integrada da Paisagem em Geografia. **REGNE**, v. 4, n. 2, 2018.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1977. 351 p.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **R. RA´E GA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Editora UFPR. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/raega>.

BRAGA, A. R. O; JOHN, V. Sensibilização ambiental para minimização das queimadas urbanas no município de Itacoatiara-AM. **Nexus Revista de Extensão do IFAM**, Vol.3, Nº1, Jun. 2017.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 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 nos 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. 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 102, 28 de maio de 2012. Seção 1, p.1. 2012a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de Combate à Desertificação – Proágua Semiárido – Antidesertificação. Versão Final.** Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente; Secretaria de Recursos Hídricos, 2006.

BRUSEKE, F. J. **A modernidade técnica: contingência, irracionalidade e possibilidade.** Florianópolis: Insular, 2010.

CÂMARA, G., et al. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** INPE, 2000. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso em: 10 mar. 2019.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000.

CANDIDO, D. H.; NUNES, L. H. Distribuição espacial dos fragmentos de vegetação arbórea da região metropolitana de campinas: uma análise com uso de ferramentas de geoprocessamento. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba-SP, v. 5, n. 1, p. 82-105, 2010.

CARMO, W.; CARMO, M. G. Desmatamento, queimadas e ameaça de extinção da flora e fauna na Amazônia brasileira. **REVISTA CIENTÍFICA DO INSTITUTO IDEIA**, RJ, nº 2 – ANO 8, 2019.

CASTRO, C. M. **Planejamento Ambiental.** Fundação CECIERJ/CEDERJ. Rio de Janeiro, Volume Único, p. 336, 2015. Disponível em: <https://canalcederj.cecierj.edu.br/082018/ebb8cb0a8a579c640cf20a7eda84aa6c.pdf>

CAUMO, M.; PAIM, L. P.; AVRELLA, E. D.; ORLANDI, C. R.; FREITAS, E. M. F.; FIOR, C. S. Diversidade florística em Áreas de Preservação Permanente de um plantio comercial de eucalipto no bioma Pampa, sul do Brasil. **Rodriguésia**, v. 71, 2020.

CAVALCANTE, D. R.; BASTOS, F. H. Caracterização geomorfológica da Bacia do Rio Coreaú, Noroeste do Ceará. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, Sobral-CE, v. 21, n. 2, p. 192-204, 2019.

CAVALCANTI, A. P. B. **Métodos e técnicas da pesquisa ambiental.** Teresina: UFPI, 2006.

CAVALCANTI, L. C. A. M. **Detecção de elementos antrópicos em imagens aéreas da floresta amazônica.** 2016. Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do Amazonas, 2016.

CAVALCANTI, L. C. S. **Cartografia de paisagens, fundamentos**. São Paulo: Oficina de textos, 2014. 96p.

CAVALCANTI, L. C. S. **Da Descrição de Áreas à Teoria dos Geossistemas: uma Abordagem Epistemológica sobre Sínteses Naturalistas**. 2013. Tese (Doutorado em Geografia). Recife: UFPE. 2013. 217p.

CAVALCANTI, L. C. S. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. Oficina de Textos, 2018.

CAVALCANTI, R. P. Desenvolvimento Sustentável: uma análise a partir da perspectiva dos BRICS. **Rev. secr. Trib. perm. revis.** Ano 6, Nº 11, 2018.

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

CINTRA, G. V. MACÊDO, M. P. Cartografia Digital: Ferramenta auxiliar no estudo de áreas verdes em ambientes urbanos. In: SANTOS, F. R. dos; MACÊDO, M. P. **Ambiente e Sociedade: Condicionais e potencialidades no espaço goiano**. Jundiaí: Paco Editorial, p.165-186, 2016.

COE, H. H. G.; RICARDO, S. F.; SOUSA, L. O. F.; DIAS, R. R. Caracterização de fitólitos de plantas e assembleias modernas de solo da caatinga como referência para reconstituições paleoambientais. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 8, n. 2, 2017.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CONCEIÇÃO, L. A. B. S. **Diagnóstico ambiental através do uso de técnicas de Sensoriamento Remoto como apoio para o planejamento de unidades administrativas: O caso de Osório, RS**. 2004. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), CEPARM/UFRGS: Porto Alegre, 2004.

CONTI, J. B. Geografia e Paisagem. **Ciência e Natura**, v. 36, Ed. Especial, p. 239–245, 2014.

CORRÊA, R. L. Carl Sauer e Denis Cosgrove: a Paisagem e o Passado. **Espaço Aberto**, PPGG - UFRJ, V. 4, N.1, p. 37-46, 2014.

COSTA, A. P. L.; MARTINS, R. A. Diagnóstico ambiental do meio físico: ausência de análises geoquímicas nos relatórios de controle ambiental para obtenção de licença prévia para perfuração de poços de petróleo *onshore* do Rio Grande do Norte. **Geochimica Brasiliensis** 28(1): 108-115, 2014.

COSTA, D. **A saga do Camisão rumo a Ipirá: História, Literatura e Dados Comentados**. Ipirá – Bahia, 2003.

COSTA, F. R.; SOUZA, R. F.; SILVA, S. M. P. Geoprocessamento aplicado a caracterização geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Doce–RN/Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 75, 2019.

COSTA, G. J. A.; RIBEIRO, K. V.; ALBUQUERQUE, E. L. S. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Avaliação da Cobertura Vegetal do Município de Regeneração, Estado do Piauí, Brasil. *Revista GeoNordeste*, São Cristóvão, Ano XXXI, n. 2, p. 230 -246, Jul./Dez 2020.

COUTO, S. **Gestão Ambiental: O caminho da Sustentabilidade**. Disponível em: www.academiadetalentos.com.br/05.pdf. Acesso em 22 jun. 2019

CRISPIM, A. B. Análise do Uso e Ocupação em Quixadá-Brasil como Subsídio ao Planejamento Ambiental. *Terra Livre*, n. 54 (1): 477-507, 2020.

DANTAS, M. E.; ARMESTO, R. C. G.; SILVA, C. R.; SHINZATO, E. Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica. *Terræ Didática*, 11(1), 2015, p. 04-13. <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>>.

DENG, Y.; WANG, S.; BAI, X.; TIAN, Y.; WU, L.; XIAO, J.; CHEN, F.; QIAN, Q. Relationship among land surface temperature and LUCC, NDVI in typical karst area. *Scientific reports*, v. 8, n. 1, p. 1–12, 2018.

DIAMOND, J. **Armas, germes e aço: os destinos das sociedades humanas**. Rio de Janeiro: Record, 2010a.

DIAS, A. A.; AQUINO, C. M. S.; SANTOS, F. A. Caracterização ambiental e análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Itaueira, Piauí, Brasil. *Revista Geosaberes*, Fortaleza-CE, v. 11, p. 265-276, 2020.

DIAS, M. B. G. Análise do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) na bacia hidrográfica do Córrego do Cedro, município de Presidente Prudente, SP, Brasil. *Revista de Geografia*, Recife, v. 36, n. 3, 2019.

DIBIESO, E. P. **Planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos: estudo aplicado à bacia hidrográfica do manancial do alto curso do Rio Santo Anastácio/SP**. 2013. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2013.

DUPAS, G. **O mito do progresso**. São Paulo: Editora UNESP, 2006.

DURIGAN, G. Métodos para análise de vegetação arbórea. In: Cullen Junior L, Rudran R, Valladares-Pádua C, organizadores. **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. Curitiba: UFPR; Fundação Boticário de Proteção à Natureza; 2003.

EDUARDO, C. C.; MARQUES NETO, R.; SILVA, F. P. Mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Cágado (MG). In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Campinas-SP, 2017. Anais. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2498>

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999. 412p.

FARIAS, P. K. P. **Caracterização, classificação e as inter-relações entre os atributos do solo em agroecossistemas, Martins-RN.** 2019. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Rural do Semiárido, Mossoró, 2019.

FEEMA. **Vocabulário Básico de Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: Feema. 1991.

FERNANDES, A. V. B. Evapotranspiração e sua influência na Engenharia Civil. **Caderno de Graduação Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT**, v. 2, n. 3, p. 21-36, 2015.

FERNANDES, S. B. V.; TEIXEIRA, E. B.; GADONSKI, M. G.; GRZYBOVSKI, D. Impactos e estratégias ambientais: uma análise em empresas da Região Noroeste do Estado do RS, **Revista de Estudos de Administração**, v. 9, n. 17, art. 7, p. 171-190, 2008.

FERRAZ, A. S.; SOARES, V. P.; SOARES, C. P. B.; RIBEIRO, C.; BINOTI, D. H. B.; LEITE, H. G. Estimativa do estoque de biomassa em um fragmento florestal usando imagens orbitais. **Floresta e Ambiente**, v. 21, p. 286-296, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.052213>

FERREIRA, F. A. O.; FRANCO, A. C. S.; SOUZA, J. C. Caracterização geomorfométrica e pedológica da bacia hidrográfica do Rio Bagagem (Goiás-GO). **Revista de Geografia**, Recife, v. 37, n. 2, 2020.

FERREIRA, F. F. **Análise de persistência do estado da vegetação usando NDVI na bacia do Rio Itapemirim-ES.** 2019. Dissertação (Mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2019.

FERREIRA, G. H. C.; SILVA, L. A. P.; ALMEIDA, R. P. Mapeamento do uso e cobertura do solo e comportamento do NDVI para diferentes usos da terra em áreas de Cerrado no Norte de Minas Gerais. **Revista Tocantinense de Geografia**, v. 9, n. 18, p. 143-159, 11 jul. 2020.

FERREIRA, I. A.; MONTEIRO, R. N. F. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Lupércio-SP. **Revista Mirante**, Anápolis (GO), v. 10, n. 5a, dez. 2017.

FERREIRA, P. S.; GOMES, V. P.; GALVÍNCIO, J. D.; SANTOS, A. M.; SOUZA, W. M. Avaliação da tendência espaço-temporal da precipitação pluviométrica em uma região semiárida do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, 2017.

FERREIRA, R. Q. S.; BATISTA, E. C.; SOUZA, P. A.; SOUZA, P. B.; SANTOS, A. S. Diagnóstico ambiental do córrego Mutuca, Gurupi – TO. **Revista Verde**, Pombal-PB, v. 10, n. 4, p. 08-12, 2015.

FIGUEIREDO, A. C.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; ÁVILA, F. F. Distribuição Fitofisionômica e sua Correlação com o Relevo na Bacia do Córrego dos Pereiras, Município de Gouveia/MG-Brasil. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia e Encontro Latino-Americano de Geomorfologia**, 6 e 2, Belo Horizonte: UFMG, 2008.

FIGUEIREDO, V. S. Perspectivas de recuperação de solo para áreas em processo de desertificação no semiárido da Paraíba-Brasil. **Scripta Nova**, v. 17, n. 453, 2013.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na Geografia Aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, v.17, 2005, p.24-29.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2002.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

FREITAS, F. A.; HOLANDA, A. C.; MARACAJÁ, P. B.; ANDRADE, A. B. A.; SANTOS, J. L. G.; OLIVEIRA, F. S. Estrutura fitossociológica da vegetação arbóreo-arbustiva em área de caatinga com histórico de perturbação antrópica na Paraíba, Brasil. **Acta Biológica Catarinense**, v. 7, n. 1, p. 92-102, 2020.

GALVANI, E., LUCHIARI, A. Critérios para a classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido, in: Galvani, E., Lima, N.G.B. (Orgs.), *Climatologia Aplicada: resgate aos estudos de caso*. 2012. CRV, Curitiba.

GARCÍA-RIVERO, A. E.; SÁNCHEZ, B. L. M.; CHÁVEZ, E. S.; GONZALEZ, A. Z. D. A cartografia das paisagens com sistemas de informação geográfica como base para o diagnóstico geoecológico da bacia hidrográfica do rio Ariguanabo (Cuba). **Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege)**, v. 15, n. 27, p. 169-194, 2019.

GAVALDÃO, M. Avaliação da percepção ambiental e dos impactos sócio-econômicos do projeto “Conservador das Águas” Extrema, Minas Gerais, Brasil. **The Nature Conservancy**, p. 1-113, 2008.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (org.); **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOERGEN, L. C. G. **Uso da reflectância de imagens LANDSAT 5 TM na identificação de plantios de Eucalyptus dunnii e Eucalyptus urograndis e sua correlação com o volume de madeira**. 2014. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2014. 100 p.

GONÇALVES, C. W. P. **Os (des)caminhos do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 1998.

GONÇALVES, D. L.; PASSOS, M. M. Planejamento ambiental do varjão do Rio Paranapanema, Rosana-SP: estudo para a criação de um corredor ecológico, sob a ótica do sistema GTP (Geossistema-Território-Paisagem). **Revista FORMAÇÃO (ONLINE)**, Vol. 24; n.43, 2017. p. 213-240.

GONÇALVES, T. S. A floresta estacional decidual no Brasil: distribuição geográfica e influência dos aspectos pedogeomorfológicos na vegetação. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n. 1, p. 144-153, 2015.

GONÇALVES, W. G.; RIBEIRO, H. M. C.; SÁ, J. A. S.; MORALES, G. P.; FERREIRA FILHO, H. R. ALMEIDA, A. C. Classificação de extratos florestais utilizando redes neurais

artificiais e dados de sensoriamento remoto. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, vol. 11, n. 3, 2016.

GONDIM, J.; FIOREZE, A. P.; ALVES, R. F. F.; SOUZA, W. G. A seca atual no Semiárido nordestino—Impactos sobre os recursos hídricos. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 277-300, 2017.

GONZAGA, L. M.; SILVA, S. S.; CAMPOS, S. A.; FERREIRA, R. P.; CAMPOS, A. N. R.; CUNHA, A. C. M. C. M. Recipientes e substratos na produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 6, n. 1, 2016.

GUERRA, M. D. F.; SOUZA, M. J. N.; LUSTOSA, J. P. G. Revisitando a teoria geossistêmica de Bertrand no século XXI: aportes para o GTP(?). **Geografia em questão**, v.05, n. 02, 2012, pág. 28-42.

GUERRA, M. D. F.; SOUZA, M. J. N.; LUSTOSA, J. P. G. Revisitando a teoria geossistêmica de Bertrand no século XXI: aportes para o GTP (?). **Geografia em questão**, v. 5, n. 2, 2012.

GURGEL, A. L.; MEDEIROS, J. F. Caracterização das condições climáticas de Pau dos Ferros-RN. **Revista Geotemas**, v. 8, n. 2, p. 100-115, 2018.

HAUBRICHT, D. M.; CAIONI, C.; COCHEV, J. S.; NEVES, S. M. A. S.; DALLACORT, R.; SILVA, A. C. S. Dinâmica da paisagem da microbacia Novo Horizonte, Amazônia Meridional. **Acta Iguazu**, Cascável, v. 8, n. 1, p. 32-40, 2019.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2. ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades@**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/ipira/panorama>. Acesso em: 15 jun. 2019.

JESUS, S. S.; SANTOS, J. M. Contribuição Geomorfológica para o planejamento ambiental no Semiárido: Serra da Caboronga - Ipirá-BA. **Anais**. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, Crato-CE, 2018. Disponível em: <http://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/10/10-311-2000.html>. Acesso em: 10 jun. 2019.

LARRÈRE, C.; LARRÈRE, R. **Do bom uso da natureza: para uma filosofia do meio ambiente**. Tradução de Armando Pereira da Silva. Lisboa: Editora Instituto Piaget, 1997.

LEFF, E. Subdesenvolvimento e degradação ambiental. In: LEFF, E. **Ecologia, capital e cultura: a territorialização da racionalidade ambiental**. Petrópolis: Vozes, 2009.

LEITE, E. F.; ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 4, n. 12, 2012.

LIMA, B. S.; SILVA, C. A.; BOIN, M. N. Unidades de paisagens da Serra de Maracaju para o turismo de natureza, folha Nioaque/MS. **Anais do XII Encontro Nacional da enanpege, Porto Alegre**, v. 12, 2017.

LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.; UMMUS, M. E. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). **Revista ambiente & água**, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013.

LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.; UMMUS, M. E. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). **Ambi-Água**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013.

LIMA, S. C.; LIMA, F. C.; BASÍLIO, R. F.; MORAES NETO, J. M. Geoprocessamento na análise espaço-temporal da cobertura vegetal do município de Seridó – PB. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**. Ariquemes: FAEMA, v. 9, n. 1, jan./jun., 2018. ISSN: 2179-4200.

LOCH, C. **A interpretação de Imagens Aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais**. Florianópolis, UFSC, 2ª ed. Série Didática, 1989.

LOPES, L. G.; SILVA, A. G.; GOURLART, A. C. O. Novos caminhos na análise integrada da paisagem: abordagem geossistêmica. **Natureza on line**, 12 (4), 2014, p. 156-159.

MACEDO, R. R. **Sistemas de Informações Geográficas (SIG) aplicado a Gestão de Recursos Naturais: Atlas do aproveitamento de água da chuva nas ilhas de Belém-PA - Iniciativas, Demandas e Potencialidades**. 2016. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia (PPGEDAM), Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

MACHADO, P. J. O. **Diagnóstico ambiental e ordenamento territorial: instrumentos para a gestão da Bacia de Contribuição da Represa de Chapéu D'Uvas, MG**. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

MAGALHÃES, G. B.; SILVA, E. V.; ZANELLA, M. E. Análise Geossistêmica: caminhos para um entendimento holístico. **GeoPuc**, Rio de Janeiro, v. 3, p. 1-17, 2010.

MAGALHÃES, J. P. **Recursos Naturais, Meio Ambiente e sua defesa no Direito brasileiro**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1982.

MARANGON, G. P.; FELKER, R. M.; ZIMMERMANN, A. P. L.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A. Análise de agrupamento de espécies lenhosas da Caatinga no estado do Pernambuco. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 347-353, 2016.

MARCUZZO, F. F. N.; ROMERO, V. Influência do El Niño e La Niña na precipitação máxima diária do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 4, p. 429-440, 2013.

MARINHESKI, V. Aspectos sobre a erosão pluvial em usos agropecuários. **Revista ESPACIOS**, v. 37, n. 05, 2016.

MARX, K. **O capital: crítica da economia política**. Trad. Rubens Enderle. São Paulo: Boitempo, 2013. Livro 1.

MATALLO JR., H. **Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas**. Cadernos da

UNESCO, Brasil, série Meio Ambiente e Desenvolvimento, v.2. Brasília: UNESCO, 2001.

MATOS, R. J.; PIROLI, E. L. Abordagem geossistêmica ao estudo geocológico da bacia do córrego do Botafogo – Presidente Prudente – São Paulo –Brasil. **Revista Geonorte**, Edição Especial, V.3, N.4, p. 423-434, 2012.

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **R. RA'EGA**, Curitiba, n. 8, p. 83-91, 2004.

MEDEIROS, R. B.; PINTO, A. L. Influência das características geoambientais sobre o transporte de sedimentos em suspensão na bacia hidrográfica do Córrego Moeda, Três Lagoas/MS. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 33, p. 13-32, 2015.

MELO, B. M. D.; MIRANDA, P. R. S.; GONÇALVES, T. S.; ASSIS, A. L.; CABACINHA, C. D.; MARCATTI, G. E.; CASTRO, R. V. O.; ARAÚJO JR, C. A. Análise temporal do NDVI como ferramenta para o planejamento do ecoturismo na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. **Caderno de Ciências Agrárias**, UFMG, v. 11, p. 01–08, 2019.

MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B.; Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE. Curitiba, UFPR, **RA'EGA**, 2011.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T.; SANTA ROSA, A. N. C.; SANO, E. E.; SOUZA, E. B.; BAPTISTA, G. M. M.; BRITES, R. S. **Introdução ao processamento de imagens digitais de satélites e sensoriamento remoto**. Brasília, DF: Universidade de Brasília. 2012. 266 p

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. BRASIL. **Os desafios da implementação dos sistemas municipais de meio ambiente**. Ministério do Meio Ambiente/Ministério Público do Estado da Bahia. Brasília, DF: MMA; Salvador, BA: MPBA, 2018.

MONTEIRO, C. A. DE F. **Geossistema a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000. 127p.

MONTEIRO, C.A. de F. **Qualidade Ambiental – Recôncavo e Regiões Limítrofes**. Salvador, Centro de Estatística e Informações, 1987, 48p. e 3 cartas.

MOREIRA, R. **A geografia do espaço-mundo: conflitos e superação no espaço do capital**. 1. ed. Rio de Janeiro: Consequência Editora, 2016. p. 29-34.

MORIN, E.; KERN, A. B. **Terra-Pátria**. Tradução de Paulo Azevedo Neves da Silva. Porto Alegre: Sulina, 1995.

MOTA, S. **O homem e o seu meio ambiente**. Imprensa Universitária, Fortaleza, 1979.

MOURA, D. V.; SIMÕES, C. S. A evolução histórica do conceito de paisagem. **Ambiente & Educação**, vol. 15(1), 2010.

NASCIMENTO, F. R.; CUNHA, S. B.; ROSA, M. F. Classes de solos e unidades morfo-pedológicas na bacia hidrográfica do Rio Acaraú – Ceará. In: **VI Simpósio Nacional de**

Geomorfologia, Goiânia-GO, 2006. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/6/1/016.pdf>.

NASCIMENTO, J. E.; GOMES, J. M. A.; FÉ, E. G. M.; VIANA, L. J. M. Análise ambiental da cobertura e do uso da terra da Comunidade Quilombola Piqui da Rampa, município de Vargem Grande-MA. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, 2019.

NASCIMENTO, S. P. G. **Semiárido alagoano: dinâmica socioambiental de nascentes em Poço das Trincheiras**—AL. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Sergipe, 2017.

NERES, N. G. C.; SOUZA, P. A.; SANTOS, A. F.; GIONGO, M.; BARBOSA, L. N. L. Avaliação ambiental e indicação de medidas mitigadoras para a nascente do córrego Mutuca, Gurupi-TO. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21, 2015, p. 2825.

NEVES, C. E.; MACHADO, G.; HIRATA, C. A.; STIPP, N. A. F. A importância dos geossistemas na pesquisa geográfica: uma análise a partir da correlação com o ecossistema. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, 26 (2): 271-285, 2014.

NÓBREGA, R. S.; FARIAS, R. F. L.; SANTOS, C. A. C. Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica em Pernambuco através de índices de extremos climáticos. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 30, n. 2, p. 171-180, 2015.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F.; SOARES, D. B. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista de geografia Norte Grande**, n. 63, p. 9-26, 2016.

NOLETO, J. P. S. ; CRISTO, S. S. V. Análise das Transformações Ambientais da Porção Central do Estado do Tocantins: Ênfase nos Aspectos de Uso e Ocupação da Terra no Município de Brejinho de Nazaré. **DESAFIOS - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 7, 2020, n. Especial, p. 107-112.

NOVO, E. L. M. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4 ed, São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2010.

OLIVEIRA, B. S. **Avaliação da percepção ambiental de moradores de comunidades rurais de Presidente Kubitschek/MG**. 2016. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Lavras, 2016. 126 p.

OLIVEIRA, F. F. G. **Caracterização e diagnóstico dos impactos ambientais em Natal/RN, com o apoio do Geoprocessamento**. 2003. Dissertação (Mestrado em Geografia). Natal: PPGE/UFRN, 2003.

OLIVEIRA, M. M. **Tamanho e forma de parcelas para inventários florestais de volume de madeira e estoque de carbono de espécies arbóreas da Amazônia Central**. 2010. Dissertação de Mestrado, INPA, Manaus, 2010.

OLIVEIRA, M. M.; MEDEIROS, M. H. A. S; SILVA, R. L.; LUCAS, G. A. P. Desenvolvimento Sustentável nas organizações como oportunidade de novos negócios. **Revista Valore**, 1 (1): 42-66, Volta Redonda, 2016.

OLIVEIRA, M. S.; OLIVEIRA, H. C.; FERREIRA, A. W. C.; SILVA JUNIOR, W. R.; SILVA, M. J. C. Levantamento florístico das espécies utilizadas no paisagismo do município de São João do Sóter, Maranhão, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 16, n. 29, 2019.

PAL, M. Random forest classifier for remote sensing classification. **International Journal of Remote Sensing**, 26:1, 217-222, 2005.

PASSOS, M. M. **A Raia Divisória: geossistema, paisagem e eco-história**. Maringá: Eduem, 2006.

PEÑA, Y. A.; PINO, M. M.; LEÓN, I. S. La Gestión Ambiental de la Cuenca del Río Magdalena desde un Enfoque Socialmente Responsable. **Revista Amauta**, Universidad del Atlántico, Barranquilla (Col.), N. 26, p.193-218, 2015.

PEREIRA, A. J.; OLIVEIRA JUNIOR, I.; LOBÃO, J. S. B. Análise da susceptibilidade à desertificação em ambiente de caatinga. **Geo UERJ**, n. 37, 2020.

PEREIRA, F. C.; LENZA, E.; MARACAHIPES-SANTOS, L.; MEWS, H. A.; GOMES, L.; LIMA, S. L.; SANTOS, K. S. M. Comparação dos métodos de parcelas e pontos-quadrantes para descrever uma comunidade lenhosa de Cerrado Típico. **Revista Biotemas**, 28 (2), 2015.

PEREIRA, G., SILVA, M. E. S. 2013. Modelagem numérica da variação trimestral dos parâmetros físicos da vegetação. **GEOUSP**, 35, 70-80.

PEREIRA, L. C. S. M. **Estudos genéticos de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em área natural e restauração florestal com espécies nativas**. 2017. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

PEREIRA, L. S.; SILVA, D. O.; PAMBOUKIAN, S. V. D. Sensoriamento remoto aplicado à agricultura de precisão no cultivo de bambu. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 8-33, 2016.

PETRUCCI, E. **Características do clima de Uberlândia-MG: análise da temperatura, precipitação e umidade relativa**. 2018. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Uberlândia-MG, 2018.

PINTO, N. G. M.; ROSSATO, V. P.; CORONEL, D. A. Degradação Ambiental Agropecuária na América Latina: uma abordagem de índices nos países da região. **Desenvolvimento em Questão**, v. 17, n. 46, p. 218-235, 2019.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. **Bacias hidrográficas: integração ente meio ambiente e desenvolvimento**. In: Ciência hoje. São Paulo, v.19, nº 110, jun, 1995. p. 40-45.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. São José dos Campos: Parêntese, 127 p, 2010.

POPPER, K. R. S. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo, SP: Cultrix, p. 567, 2007.

PORTO-GONÇALVES. **A globalização da natureza e a natureza da globalização**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

REIS, J. G. **Desertificação no Nordeste**. Recife: SUDENE/DPG/PRN, 1988.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. S. (Ed.) *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2008. Cap.5

RIBEIRO, T. S. **Caracterização Geológica das Rochas Calcissilicáticas e Metacarbonáticas do Complexo Tanque Novo-Ipirá na Folha Pintadas-Ba: Potencial Metalogenético para Fosfato**. 2016. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, 2016.

RIBEIRO, T. S.; SA, J. H. S.; MISI, A. **Evolução Metamórfica das rochas supracrustais do Complexo Tanque Novo - Ipirá, Cráton do São Francisco, Bahia, Brasil**. João Pessoa - PB: **XXVII Simpósio de Geologia do Nordeste**, 2017.

RIOS, F. R.; MIZUSAKI, A. M. P.; MICHELIN, C. R. L. **Feições de interação vulcano-sedimentares—exemplos na Bacia Do Paraná (RS)**. **Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 37, n. 3, p. 493-495, 2018.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÀVILA, S.; OLIVEIRA, W. **Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia**. **Nova economia**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 41-66, 2009.

ROBINOVE, C. J. **Computation with physical values from Landsat digital data**. **Photogramm. Eng. Remote Sens.**, vol. 48, p. 781–784, 1982.

ROCHA, V. M.; CORREIA, F. W. S.; SILVA, P. R. T.; GOMES, B. W.; VERGASTA, L. A.; MOURA, R. G.; TRINDADE, M. S. P.; PEDROSA, A. L.; SILVA, J. J. S. **Reciclagem de Precipitação na Bacia Amazônica: O Papel do Transporte de Umidade e da Evapotranspiração da Superfície**. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 3, p. 387-398, 2017.

RODRIGUES, A. J. ; PEREIRA, M. A.; MARTINS, I. C. M.; SOUZA, P. A. **Diagnóstico ambiental de um trecho da Área de Preservação Permanente (APP), Margens do Córrego Pouso do Meio, em Gurupi-TO**. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.11, nº 21, p. 3105, 2015.

RODRIGUES, L. O.; SOUZA, W. M.; COSTA, V. S. O.; PEREIRA, M. L. T. **Influência dos eventos de El Niño e La Niña no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco**. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 6, 2017.

RODRIGUES, M. L. G. B.; SANTOS, L. C. A.; BARBOSA, R. S.; **Fomento do Empreendedorismo pela Gestão Pública: Estudo de Caso do Município de Tietê**. **Rev. FSA**, Teresina, v.16, n. 6, art. 9, p. 174-189, nov./dez. 2019.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica**. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, ano 01, nº 01, 2002.

RODRÍGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica**. Fortaleza: 3.ed. Edições UFC, 2018.

RODRÍGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Teoria dos Geossistemas: o legado de V. B. Sochava**. v. 1, Fundamentos Teórico-metodológico, Edições UFC, Fortaleza, 2019. p. 176.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 5. ed. - Fortaleza: Edições UFC, 2017, 222 p.

RODRIGUEZ-GALIANO, V. F. ; GHIMIRE, B.; ROGAN, J.; CHICA-OLMO, M.; RIGOL-SANCHEZ, J. P. An assessment of the effectiveness of a random forest classifier for land-cover classification. **Elsevier**, v. 67, p. 93-104, 2012.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente Excel para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

ROSSONI, R. A; MORAES, M. L. Agropecuária e desmatamento na amazônia legal brasileira: uma análise espacial entre 2007 e 2017. **Geografia em Questão**, v. 13, n. 3, p. 130-148, 2020.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS**. Third Symposium of ERTS, Greenbelt, Maryland, USA. NASA SP-351, V1:309-317, 1973.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 495 p., 2008.

SANTOS, C. L.; GIRÃO, O. A teoria geossistêmica na pesquisa geomorfológica: uma abordagem teórico-conceitual. **Revista Geográfica de América Central**, nº 55, 2015, pp. 49-65.

SANTOS, C. V. B.; S.; BAPTISTA, G. M. de M.; MOURA, M. S. B. de. Seasonality of Vegetation Indices in different land uses in the São Francisco Valley. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 7, n. 3, p. 158-167, 2017.

SANTOS, E. L.; BRAGA, V.; SANTOS, R. S.; BRAGA, A. M. S. Desenvolvimento: um conceito multidimensional. **Revista Eletrônica do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional da Universidade do Contestado**. Ano 2, n. 1, 2012.

SANTOS, J. L. D.; SANTOS, L. G.; SOUZA, V. N.; BAHIA, B. L; RODRIGUES, T. F. Caracterização física e química de um Planossolo localizado no semiárido Baiano. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.16; p. 625, 2013.

SANTOS, J. P.; COTA, G. E. M.; LIMOEIRO, B. F.; PEDRAS, K. C.; COSTA, A. M.; VIANA, J. H. M. Susceptibilidade à erosão no Rio Gualaxo do Norte-MG. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, MG, v.18 n.63, 2017.

SANTOS, L. A. C.; MIRANDA, S. C.; SILVA NETO, C. M. Fitofisionomias do Cerrado: definições e tendências. **Élisée, Rev. Geo. UEG – Goiás**, v.9, n.2, jul./dez. 2020.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: Técnica, Razão e Emoção**. 4. ed . São Paulo: Edusp,

2006.

SANTOS, M. **Técnica, espaço e tempo: globalização e meio técnico científico informacional**. 5ª ed. São Paulo: Edusp, 2008.

SANTOS, R. D. B.; DELGADO, R. C.; ARAÚJO, E. J. G. A.; SILVA, E. V. Avaliação da dinâmica da vegetação em áreas desmatadas na Floresta Amazônica. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 512-523, 2015.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SAUER, C. O. A morfologia da paisagem. In: CORRÊA, R. L.; ROSENDHL, Z. **Paisagem, tempo e cultura**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1998.

SCHIEVENIN, D. F. **Regeneração natural sob talhões puros de espécies nativas com diferentes atributos funcionais**. 2016. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016.

SEN, A. **Desenvolvimento com liberdade**. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

SILVA, A. S. A. Trilhando a paisagem: uma abordagem de conceitos e diálogos. **Revista Eletrônica História, Natureza e Espaço**, v. 5, n. 2, 2016.

SILVA, G. J. F.; ALMEIDA, N. V. Degradação ambiental no município de Parari-PB: uma análise por meio de sensoriamento remoto. **Revista Geografar**, Curitiba, v.10, n.2, p.140-164, 2015.

SILVA, J. A. **Direito ambiental constitucional**. 5.ed. São Paulo: Malheiros, 2004.

SILVA, J. S. V.; SANTOS, R. F. Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.21, n. 2, p.221-263, 2004.

SILVA, L. F. T. C.; CASTRO, U. N.; GUERRA, A. J. T.; LIMA, F. S.; MENDES, S. P.; BEZERRA, J. F. R. Degradação ambiental em áreas destinadas à pecuária na sub-bacia hidrográfica do rio Sana, Macaé-RJ. **Revista de Geografia (UFPE)**, Recife, v. 29, n. 1, p. 45-59, 2012.

SILVA, M. A. O.; ANDRADE, A. C. Geração de Imagens de Reflectância no Topo da Atmosfera e na Superfície de um Ponto de Vista Geométrico. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013.

SILVA, M. R.; MOURA, F. P.; JARDIM, C. H. O diagrama de caixa (Box Plot) aplicado à análise da distribuição temporal das chuvas em Januária, Belo Horizonte e Sete Lagoas, Minas Gerais-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.01, 2017, 023-040.

SILVA, R. A.; PEREIRA, J. A. A.; BORGES, L. A. C. Paisagem como retrato do desenvolvimento social, econômico e ambiental de uma sociedade: o caso de Ouro Preto, MG. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v.4, n.4, p.167-174, 2017.

SILVA, V. C. B.; MACHADO, P. S. SIG na análise ambiental: susceptibilidade erosiva da bacia hidrográfica do córrego Mutuca, Nova Lima – Minas Gerais. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 31, No. 2, 2014.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; ALMEIDA, R. S. R. Estudo da variabilidade anual e intra anual da precipitação da região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, p. 163-172, 2012.

SILVEIRA, C. J. S.; FRANTZ, J. C.; MARQUES, J. C.; QUEIROZ, W. J. A.; ROOS, S.; PEIXOTO, V. M. Geocronologia U-Pb em zircão de rochas intrusivas e de embasamento na região do Vale do Jacurici, Cráton do São Francisco, Bahia. **Brazilian Journal of Geology**, v. 45, n. 3, p. 453-474, 2015.

SILVEIRA, L. M.; PETRINI, M. Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social Corporativa: uma análise bibliométrica da produção científica internacional. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 25, n. 1, p. 56-67, 2018.

SOARES, P. **Levantamento fitossociológico da regeneração natural em reflorestamento misto no município de Cotriguaçu, estado de Mato Grosso**. 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Cuiabá, 2009.

SOUSA, A. C.; CANDIDO, L. A.; ANDREOLI, R. V. Variabilidade interanual da precipitação e fluxo de umidade sobre a Amazônia usando o QTCM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 1, p. 41-56, 2018.

SOUSA, A. M. L.; ROCHA, E. J. P.; VITORINO, M. I.; SOUZA, P. J. O. P.; BOTELHO, M. N.. Variabilidade espaço-temporal da precipitação na Amazônia durante eventos ENOS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, 13-24, 2015.

SOUSA, A. R.; ALBUQUERQUE, S. F.; LOPES, G. M. B.; SILVA, A. B.; NUNES FILHO, J. Caracterização e interpretação de um Planossolo Háplico Eutrófico do Agreste Pernambucano, Brasil. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma**, Recife, v. 10, p. 271-279, 2013.

SOUSA, L. F.; BRAGA, C. C.; SANTOS, E. G.; RIBEIRO, R. E. P.; ÁVILA, P. L. R. Sazonalidade da vegetação em função do regime pluviométrico no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol.07, n.05, 2014.

SOUZA, C. L. O.; NOGUEIRA, V. F. B.; NOGUEIRA, V. S. Variabilidade interanual da precipitação em cidades do semiárido brasileiro entre os anos de 1984 e 2015. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 4, p. 740-747, 2017.

SOUZA, J. C.; NUNES, N. N. A.; HERCULANO, R. M. C. S. Unidades de paisagem e dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do Rio das Pedras, Goiás, Brasil. **Revista Cerrados**, v. 19, n. 01, p. 03-22, 2021.

SOUZA, M. C. S. A.; ARMADA, C. A. S. Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade: evolução epistemológica na necessária diferenciação entre os conceitos. **Rev. de Direito e Sustentabilidade**. Maranhão, v. 3, n. 2, p. 17 – 35, 2017.

SOUZA, M. F. P.; SANTOS, H. C.; LIMA, Y. S.; TURCO, S. H. N. SILVA, E. M. S. Desenvolvimento de abelhas melíferas em colmeias com diferentes cores e materiais de cobertura no semiárido brasileiro. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, 2020.

SOUZA, R. A.; MOURA, V.; SILVA, G.; LÓ, T. B.; BRITO, M. V. A.; TAVARES, B. L.; JOHANN, J. A. O Desmatamento na Amazônia Legal Brasileira: Case Região do Cone-Sul de Rondônia. **Revista UD y la Geomática**, n. 15, p. 50-58, 2020.

STEFFEN, C. A. **Radiometria Óptica Espectral**. In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - TUTORIAL, INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) São José dos Campos – SP, 1996.

STRACHULSKI, J. O percurso do conceito de paisagem na ciência. **Revista Sapiência: sociedade, saberes e práticas educacionais** – UEG/Campus de Iporá, v. 4, n. 2, p. 03-33, 2015.

SUDENE/CPE/EEP/SRU; LINS, C. C. in: **Região Semi-árida**. SUDENE, 1989.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). **Estatísticas dos Municípios Baianos**. Salvador: SEI, v.4, nº2, 2014.

TARIFA, J. R. Alterações climáticas resultantes da ocupação agrícola no Brasil. **Revista Do Departamento De Geografia**, 8, 15-27, 2011.

TAUK-TORNISIELO, S. M.; GOBBI, N.; FOWLER, H. G. **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 1995.

TAVARES, E. G.; PEREIRA, A. O. K.; CALGARO, C. Da sociedade industrial à sociedade de risco: abordagens acerca da relação direta e proporcional entre atividade econômica e aumento do risco ecológico segundo as obras de Ulrich Beck. **Revista Jurídica – CCJ**, v. 21, nº. 45, p. 63 - 88, 2017.

TEIXEIRA, A. M. A.; CANDEIAS, A. L. B.; TAVARES JÚNIOR, J. R.; Analysis and Comparison with UAV Multispectral Images for Precision Viticulture. **Journal for Geographic Information Science**, v.6, 105-116. 2017.

TEIXEIRA, N. F. F.; SILVA, E. V.; FARIAS, J. F. Geocologia das paisagens e planejamento ambiental: discussão teórica e metodológica para a análise ambiental. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, Macapá, n. 9, p. 147-158, 2017.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance: publications in climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p.

UEHARA, T. D. T.; CORRÊA, S. P. L. P.; QUEVEDO, R. P.; KÖRTING, T. S.; DUTRA, L. V.; Rennó, C. D. Landslide Scars Detection using Remote Sensing and Pattern Recognition Techniques: Comparison Among Artificial Neural Networks, Gaussian Maximum Likelihood, Random Forest, and Support Vector Machine Classifiers. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, n. 4, p. 665-680, 2020.

VALLE, C. E. **Qualidade ambiental: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente.** São Paulo: Pioneira, 1995.

VIOLA, E.; BASO, L.O Sistema Internacional no Antropoceno. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 31 n. 92, 2016.

VITTE, A. C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza, vol. 6, n. 11, p. 71-78, 2007.

WATANABE, M. **Análise integrada da paisagem da bacia do rio Mutum-Paraná.** 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Núcleo de Ciências Exatas e da Terra (NCET), Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia, 2011.

WEBER, E. J.; FREIRE-SILVA, J.; OLIVEIRA, J. S. S. Considerações e procedimentos para o processamento do balanço de energia no software GRASS GIS 7.4. 0: um estudo no município de Floresta (Pernambuco–Brasil). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 1, n. 1, p.51-65, 2020.

WU, C. et al. Land surface phenology derived from normalized difference vegetation index (NDVI) at global FLUXNET sites. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 233, p. 171–182, 2017.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644-2659, 2016.

XUE, J.; SU, B. Significant remote sensing vegetation indices: a review of developments and applications. **Journal of Sensors**, v. 2017.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos.** Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZAIDAN, R. T. Geoprocessamento conceito e definições. **Revista de Geografia – PPGeo - UFJF**. Juiz de Fora, v.7, n.2, p.195-201, 2017.

ZAMBERLAN, J. F.; ZAMBERLAN, C. O.; SCHUCH JR, V. F.; GOMES, C. M.; KNEIPP, J. M. Produção e manejo agrícola: impactos e desafios para sustentabilidade ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. SPE, p. 95-100, 2014.

ZANATTA, P. Gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 296-312, 2017.