

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**JOÃO MARCOS AUGUSTO CHIPOLESCH**

**DETECÇÃO DE ÁREAS DESMATADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
JUCU ENTRE 2007 A 2020 COM AUXÍLIO DE GEOTECNOLOGIAS**

**VITÓRIA,  
2022**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**JOÃO MARCOS AUGUSTO CHIPOLESCH**

**DETECÇÃO DE ÁREAS DESMATADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
JUCU ENTRE 2007 A 2020 COM AUXÍLIO DE GEOTECNOLOGIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.  
Orientador: Prof. Dr. André Luiz Nascentes Coelho

**VITÓRIA,  
2022**

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

C541d Chipolesch, João Marcos Augusto, 1984-  
DETECÇÃO DE ÁREAS DESMATADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUCU ENTRE 2007 A 2020 COM AUXÍLIO DE GEOTECNOLOGIAS / João Marcos Augusto Chipolesch. - 2022.  
132 f.: il.

Orientador: André Luiz Nascentes Coelho.  
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Sensoriamento Remoto. 2. Meio Ambiente. 3. Bacia Hidrográfica. 4. Paisagem. I. Nascentes Coelho, André Luiz. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III. Título

CDU: 91

---

João Marcos Augusto Chipolesch

# “DETECÇÃO DE ÁREAS DESMATADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUCU ENTRE 2007 E 2020 COM AUXÍLIO DE GEOTECNOLOGIAS”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Geografia.

Aprovada em 26 de maio de 2022.

Comissão Examinadora:

**Prof. Dr. André Luís Nascentes Coelho (UFES)**  
**Orientador e Presidente da Sessão**

O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por ANDRE LUIZ NASCENTES COELHO - SIAPE 3436722 Departamento de Geografia - DG/CCHNEm 30/05/2022 às 14:37



**Prof. Dr. Antonio Celso de Oliveira Goulart (UFES)**  
**Examinador Interno**

O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por ANTONIO CELSO DE OLIVEIRA GOULART – SIAPE 3275310 Departamento de Geografia DG/CCHNEm 26/05/2022 às 17:12



**Dr. Pablo Medeiros Jabor (IJSN)**  
**Examinador Externo**



## INFORMAÇÕES DO DOCUMENTO

Documento capturado em 30/05/2022 14:04:45 (HORÁRIO DE BRASÍLIA - UTC-3) por PABLO MEDEIROS JABOR (COORDENADOR GERAL - CGEO - IJSN - GOVES)  
Valor Legal: ORIGINAL | Natureza: DOCUMENTO NATO-DIGITAL

*Dedico este trabalho,*

*Aos meus pais, Augusto e Carol por priorizarem desde sempre meus estudos, oferecendo os melhores colégios e mestres, além de me guiarem sempre pelo caminho da justiça e honestidade.*

*Á minha esposa e minhas irmãs pelo incentivo e apoio nas horas que pensei em desistir.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram para realização desta pesquisa, em especial:

A Deus pela vida, pela sabedoria e pela oportunidade de cursar o mestrado gozando de excelentes condições físicas e mentais. Gratidão por me alcançar pela graça de Jesus Cristo meu salvador eterno.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo, que ofereceu a estrutura necessária para me tornar mestre em Geografia.

De uma forma muito especial gostaria de agradecer ao meu chefe imediato Patrick Silva Ribeiro que demonstrou empatia durante os 24 meses me auxiliando e proporcionando condições para que eu pudesse finalizar o mestrado. Aos amigos e colegas de trabalho Jackson Fernandes e Patrícia Ferraz do Nascimento pela preciosa ajuda nas análises estatísticas que abrilhantaram ainda mais a pesquisa. Ao amigo e colega Samuel Martins da Costa Coura pela ajuda bibliográfica e por ter me inserido no fantástico mundo do Sensoriamento Remoto.

Ao meu orientador Professor André Luiz Nascentes Coelho, pela confiança e segurança que depositou na minha pesquisa, conduzindo todo o processo com muita tranquilidade e profissionalismo. Os dois anos sob sua orientação me fizeram amadurecer enquanto pesquisador ser humano e claro como geógrafo.

À minha esposa Luciana Jacob pelo sustento, pela compreensão e paciência no decorrer desta jornada, além das revisões e correções gramaticais que tão bem realizou.

## RESUMO:

Nos últimos anos foi possível verificar no Brasil os altos índices de desmatamentos da vegetação da Mata Atlântica, tendo por consequência a substituição da floresta por outros usos relacionados a dinâmica da terra. O uso de geotecnologias e do Sensoriamento Remoto vem contribuindo para o diagnóstico e monitoramento do uso e cobertura da terra nos mais diversos Biomas. A dinâmica na paisagem deve ser analisada observando elementos visíveis e invisíveis, e é nesse contexto que a utilização de imagens de satélites se insere. A pesquisa objetiva a análise da cobertura florestal, entre o período de 2007 a 2020, da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu com o uso do Sensoriamento Remoto. Serão utilizadas imagens de satélites CBERS 4 no lapso temporal supracitados para trazer à baila os padrões referentes a dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia.

Palavras-Chave: Sensoriamento Remoto, Paisagem, Bacia Hidrográfica, Desmatamento, Bacia do Rio Jucu, Geotecnologias, Imagens CBERS 4.

## ABSTRACT

In the past few years, it has been possible to verify in Brazil the high rates of deforestation of the Atlantic Rainforest vegetation, which has resulted in the substitution of the forest for other uses related to the dynamics of the land. The use of geotechnologies and Remote Sensing has contributed to the diagnosis and monitoring of land use and land cover in the most diverse Biomes. We have to analyze the dynamics in the landscape through the observation of visible and invisible elements in which the use of satellite images is present. This research aims to investigate the forest cover of the Jucu River Basin between 2007 and 2020, using Remote Sensing. We will use satellite images in the time-lapse mentioned to discuss the patterns concerning the dynamics of land use and land cover in the basin.

Keywords: Remote Sensing, Landscape, Watershed, Deforestation, Jucu River Basin, Geotechnologies, CBERS Images 4.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO JUCU NO BRASIL, ESPÍRITO SANTO E MUNICÍPIOS PERTENCENTES. ....	32
FIGURA 2 PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL DA BACIA DO RIO JUCU, OBTIDA JUNTO AO INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET) REFERENTE AOS ANOS DE 1984 A 2014. ....	44
FIGURA 3 - MAPA GEOLÓGICO DA BACIA DO RIO JUCU DE ACORDO COM AS FOLHAS SF. 23/24 VOL. 32, EXTRAÍDO DA CARTA RADAMBRASIL (1983). FONTE: ADAPTADO RADAMBRASIL (1983). ....	45
FIGURA 4 - MAPA GEOLÓGICO DA BACIA DO RIO JUCU DE ACORDO COM AS FOLHAS SF. 23/24 VOL. 32, EXTRAÍDO DA CARTA RADAMBRASIL (1983). FONTE: ADAPTADO RADAMBRASIL (1983). ....	46
FIGURA 5: DIVISÃO ENTRE TABULEIROS COSTEIROS E PATAMARES ESCALONADOS DO SUL CAPIXABA. BAIRRO SÃO CONRADO CARIACICA – ES. FOTO COM VISADA NO SENTIDO LESTE-OESTE.....	47
FIGURA 6 - MAPA HIPSOMÉTRICO DA BACIA DO RIO JUCU DE ACORDO COM AS CURVAS DE NÍVEL EXTRAÍDAS DO MAPEAMENTO IEMA 2012/2015. FONTE: O AUTOR (2021). ....	49
FIGURA 7 - TENDÊNCIA DE CRESCIMENTO POPULACIONAL MUNICIPAL E ESTADUAL DE 1991 A 2010. FONTE: IBGE 1991, 2000 E 2010. ORG. JOÃO MARCOS AUGUSTO CHIPOLESCH .....	52
FIGURA 8 - DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO POR TIPO DE DOMICILIO. FONTE: IBGE 2010. ORG. JOÃO MARCOS AUGUSTO CHIPOLESCH .....	52
FIGURA 9: DISTRIBUIÇÃO DO VALOR POR SETOR DA ECONOMIA NOS PIBS MUNICIPAIS RMGV. FONTE: IJSN. ORG. JOÃO MARCOS AUGUSTO CHIPOLESCH .....	54
FIGURA 10: DISTRIBUIÇÃO DO VALOR POR SETOR DA ECONOMIA NOS PIBS MUNICIPAIS DA REGIÃO SERRANA. FONTE: IJSN. ORG. JOÃO MARCOS AUGUSTO CHIPOLESCH.....	55
FIGURA 11: MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA. FONTE: IEMA 2012/2015. ....	58
FIGURA 12: DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA. FONTE: IEMA 2012/2015. ....	59
FIGURA 13: EXTENSAS ÁREAS DE CULTIVOS AGRÍCOLAS EM TRECHO DO BAIXO JUCU LOGO A JUSANTE A ESTAÇÃO FAZENDA JUCURUABA.....	59
FIGURA 14: ÁREAS DE PASTAGENS E CULTIVOS AGRÍCOLAS EM TRECHO DO BAIXO JUCU. ....	59
FIGURA 15: ÁREAS DE MATA NATIVA E CULTURAS AGRÍCOLAS MUNICÍPIO DE DOMINGOS MARTINS .....	60
FIGURA 16: VEGETAÇÃO NATIVA NO MUNICÍPIO DE MARECHAL FLORIANO .....	60
FIGURA 17: RELAÇÃO ENTRE O NÍVEL DE DISTÚRBO E A HETEROGENEIDADE DA PAISAGEM OBSERVADA POR SENSORIAMENTO REMOTO, MEDIDA EM UMA MESMA RESOLUÇÃO ESPACIAL. FONTE: LAMBIN (1999). ....	71
FIGURA 18: FOTO PANORÂMICA DE CORTE RASO EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA. FONTE: IDAF 2020. ....	72
FIGURA 19: ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO E SUAS SUBDIVISÕES. FONTE: MORAES, 2002. ....	75
FIGURA 20: CORTES ESQUEMÁTICOS DE UMA FOLHA ISOLADA. FONTE: JANSEN, 2009.....	78
FIGURA 21: ESPECTRO DE ABSORÇÃO DE ALGUNS PIGMENTOS: FONTE: GATES ET AL. (1965) .....	79
FIGURA 22: IMAGEM DO SATÉLITE CBERS 4: FONTE: INPE, 2021. ....	82
FIGURA 23: FLUXOGRAMA METODOLÓGICO. FONTE: JOÃO MARCOS A. CHIPOLESCH.....	85

FIGURA 24: INTERFACE DO QGIS COM DESTAQUE PARA AS FERRAMENTAS UTILIZADAS NA ETAPA DE INTERPOLAÇÃO DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DA BACIA DO RIO JUCU. FONTE: JOÃO MARCOS A. CHIPOLESCH .....	87
FIGURA 25: APLICAÇÃO DA PALETA DE CORES PARA CONFECÇÃO DO MAPA DE HIPSOMETRIA NO QGIS. ....	88
FIGURA 26: RECORTE DOS DADOS GEOESPACIAIS DE USO E COBERTURA DA TERRA PARA A BACIA DO RIO JUCU. ....	89
FIGURA 27: MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA 2007/2008 E CLASSE MATA NATIVA NA BACIA DO RIO JUCU. FONTE: JOÃO MARCOS A. CHIPOLESCH .....	91
FIGURA 28: CENAS DAS IMAGENS CBERS 4, ÓRBITA PONTO 149/123, COMPOSIÇÃO FALSA COR VERMELHA BANDAS 4-3-2. FONTE: JOÃO MARCOS A. CHIPOLESCH.....	94
FIGURA 29: PONTOS DE CONTROLE PARA CORREÇÃO GEOMÉTRICA DA CENA CBERS4. FONTE: JOÃO MARCOS A. CHIPOLESCH .....	95
FIGURA 30: MÉTODO DE AJUSTE GEOMÉTRICO POR PONTOS DE CONTROLE NO QGIS. FONTE: JOÃO MARCOS A. CHIPOLESCH .....	96
FIGURA 31: IMAGEM CBERS 4 ANTES E DEPOIS DE EQUALIZADA. FONTE: JOÃO MARCOS A. CHIPOLESCH.....	97
FIGURA 32: FUSÃO DAS BANDAS ESPECTRAIS (10M) COM A PAN (5M). FONTE: JOÃO MARCOS A. CHIPOLESCH.....	98
FIGURA 33: POLÍGONOS DE MATA NATIVA SOBREPOSTOS (A) ORTOFOTO DE ORIGEM, (B) IMAGEM CBERS4 E (C) IMAGEM CBERS4 CLASSE MATA NATIVA. FONTE: JOÃO MARCOS A. CHIPOLESCH .....	99
FIGURA 34: SEGMENTAÇÃO DAS IMAGENS CBERS4 NO SPRING. FONTE: JOÃO MARCOS A. CHIPOLESCH.....	100
FIGURA 35: ETAPAS DO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS NO SPRING. FONTE JOÃO MARCOS AUGUSTO CHIPOLESCH .....	102
FIGURA 36: VERIFICAÇÃO DOS POLÍGONOS DE DESMATAMENTO SOBRE AS IMAGENS DO GOOGLE EARTH. FONTE: JOÃO MARCOS A. CHIPOLESCH .....	103
FIGURA 37: MAPA CONTENDO O ROTEIRO DE UMA DAS CAMPANHAS DE CAMPO AO LONGO DA BACIA DO RIO JUCU. FONTE: O AUTOR .....	106
FIGURA 38: ÁREAS VISITADAS E SETORES DA BACIA DO RIO JUCU .....	108
FIGURA 39: GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS ONDE OCORRERAM DESMATAMENTO: FONTE: O AUTOR.....	109
FIGURA 40: GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DO % DESMATADO EM RELAÇÃO AO FRAGMENTO FLORESTAL. FONTE: O AUTOR .....	110
FIGURA 41: GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE A ÁREA DO FRAGMENTO FLORESTAL X % DESMATADO EM RELAÇÃO AO FRAGMENTO. FONTE: O AUTOR.....	111
FIGURA 42: SUPRESSÃO DA VEGETAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DA RODOVIA LESTE OESTE LIGANDO VILA VELHA A CARIACICA. FONTE: O AUTOR .....	113
FIGURA 43: : DESMATAMENTO COMPLETO DA RESTINGA ÀS MARGENS DA RODOVIA DO SOL EM VILA VELHA. FONTE: O AUTOR.....	114
FIGURA 44: FRAGMENTO FLORESTAL CONVERTIDO EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL AO LONGO DA RODOVIA DO SOL, VILA VELHA. FONTE: O AUTOR .....	114

FIGURA 45: GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS ONDE OCORRERAM DESMATAMENTO NO MÉDIO CURSO: FONTE: O AUTOR .....	116
FIGURA 46 GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DO % DESMATADO EM RELAÇÃO AO FRAGMENTO FLORESTAL. FONTE: O AUTOR .....	117
FIGURA 47 GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE A ÁREA DO FRAGMENTO FLORESTAL X % DESMATADO EM RELAÇÃO AO FRAGMENTO. FONTE: O AUTOR.....	118
FIGURA 48: DESMATAMENTO NO MÉDIO CURSO DO RIO JUCU. CONVERSÃO FLORESTAL PARA O CULTIVO DE CAFÉ. FONTE: O AUTOR.....	120
FIGURA 49: CONVERSÃO DE ÁREAS FLORESTAIS EM MORADIAS PROXIMO A BR 262 EM DOMINGOS MARTINS. FONTE: O AUTOR.....	120
FIGURA 50: GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS ONDE OCORRERAM DESMATAMENTO NO ALTO CURSO: FONTE: O AUTOR .....	122
FIGURA 51: GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DO % DESMATADO EM RELAÇÃO AO FRAGMENTO FLORESTAL, ALTO CURSO. FONTE: O AUTOR.....	123
FIGURA 52: GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE A ÁREA DO FRAGMENTO FLORESTAL X % DESMATADO EM RELAÇÃO AO FRAGMENTO. FONTE: O AUTOR .....	124
FIGURA 53: DUAS ÁREAS DESMATADAS CONVERTIDAS EM LAVOURAS DE CAFÉ. FONTE: O AUTOR .....	126
FIGURA 54 REGISTRO DE CAMPO EM ÁREA DESMATADA, COM DESTAQUE PARA INSUMOS AGRÍCOLAS ENCONTRADOS NO LOCAL. FONTE: O AUTOR.....	126
FIGURA 55: MAPA DE CALOR (KERNEL) DO DESMATAMENTO NA BACIA DO RIO JUCU ENTRE OS ANOS DE 2007 A 2020. FONTE: O AUTOR .....	128
FIGURA 56: QUANTIFICAÇÃO DOS USOS DA TERRA NAS COMUNIDADES COM ALTA CONCENTRAÇÃO DE DESMATAMENTO. FONTE ADAPTADO IEMA 2012/2015. ....	129
FIGURA 57: MAPA DE CALOR DESMATAMENTO & ENQUADRAMENTO DA HIPSOMETRIA. FONTE: O AUTOR ..	131

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: ÁREA TERRITORIAL DOS MUNICÍPIOS ABRANGIDOS PELA BACIA .....	42
TABELA 2: POPULAÇÃO ESTIMADA EM 2013 PARA OS MUNICÍPIOS DA BH E DENSIDADE DEMOGRÁFICA.....	50
TABELA 3: EVOLUÇÃO POPULACIONAL DOS MUNICÍPIOS DA BACIA .....	51
TABELA 4: VALOR ADICIONADO POR SETOR (R\$ MIL) – 2010 .....	54
TABELA 5: PIB MUNICIPAL PER CAPITA .....	56
TABELA 6: ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO MUNICIPAL IDHM 2013. ....	57
TABELA 7: APLICAÇÕES DO SR.....	73
TABELA 8: CARACTERÍSTICAS DO SENSOR CBERS 4.....	83
TABELA 9: RELAÇÃO DAS IMAGENS DOS SATÉLITES CBERS 4 UTILIZADAS NO ESTUDO.....	92
TABELA 10: PROPORÇÃO DOS FOCOS DE DESMATAMENTO NO BAIXO CURSO DO RIO JUCU. ....	111
TABELA 11 PROPORÇÃO DA AGROPECUÁRIA NO PIB TOTAL DOS MUNICÍPIOS CAPIXABAS. ....	112
TABELA 12: PROPORÇÃO DOS FOCOS DE DESMATAMENTO NO MÉDIO CURSO DO RIO JUCU. ....	118
TABELA 13: PROPORÇÃO DA AGROPECUÁRIA NO PIB TOTAL DOS MUNICÍPIOS CAPIXABAS. ....	121
TABELA 14: DIAGNÓSTICO DO DESMATAMENTO NO ALTO CURSO DO RIO JUCU.....	124

## LISTA DE SIGLAS

a.a – ao ano

AGERH – Agência Estadual de Recursos Hídricos

ANA – Agência Nacional de Águas

APP – Área de Preservação Permanente

CBERS 4 -

CGEO – Coordenação de Geoprocessamento

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DER – Departamento de Estradas de Rodagem

DETER – Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real

ES – Espírito Santo

ESRI – Environmental Systems Research Institute

Geobases – Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo

GPS – Global Positioning System

HA – Hectares

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

IDAF – Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

IFES – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo

IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

km – Quilômetro

km<sup>2</sup> – Quilômetro quadrado

Landsat – Land Remote Sensing Satellite

PCDs – Plataformas de coleta de dados

PIB – Produto Interno Bruto

PRODES – Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite

REM – Radiação eletromagnética

RMGV – Região Metropolitana da Grande Vitória

SBCDA – Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais

SEAG – Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico Para as Américas

SIUP – Serviços de Infraestrutura e Utilidade Pública

SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas

SR – Sensoriamento Remoto

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

USGS – United States Geological Survey

UTM – Universal Transversa de Mercator

ZACS – Zona de Convergência do Atlântico do Sul

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>31</b>
<b>2</b>	<b>Justificativas</b>	<b>36</b>
2.1	Por que a Bacia do Rio Jucu?	36
2.2	Por que o Sensoriamento Remoto e as Imagens CBERS4?	37
<b>3</b>	<b>Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu</b>	<b>41</b>
3.1	Aspectos Gerais da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu	41
<b>4</b>	<b>Fundamentação Teórico-metodológica</b>	<b>63</b>
4.1	Transformações na Paisagem	63
4.2	Bacias Hidrográficas	67
4.3	Degradação Ambiental e Desmatamento	69
4.3.1	Desmatamento por corte raso	70
4.4	Conceito e Aplicações do Sensoriamento Remoto	72
4.5	Fundamentos do Sensoriamento Remoto	75
4.5.1	Resposta espectral da vegetação	76
4.5.2	Sistema CBERS4	81
<b>5</b>	<b>Materiais e Métodos</b>	<b>85</b>
5.1	Trabalho de Gabinete – Etapa 1	86
5.2	Aplicações em ambiente SIG	87
5.2.1	Levantamento dos dados Socioeconômicos	89
5.3	Trabalho de Gabinete – Etapa 2	89
5.3.1	Mapa de cobertura vegetal 2007/2008	89
5.3.2	Aquisição das imagens CBERS4	92
5.3.3	Correção Geométrica e Equalização das imagens	94
5.3.4	Fusão de Bandas	97
5.3.5	Segmentação e Classificação das Imagens CBERS4	99
5.3.6	Verificação visual e edição dos polígonos de desmatamento	102
5.3.7	Mapas de Calor (Densidade de Kernel)	104
5.4	Campanha de Campo	104
<b>6</b>	<b>Resultados e Discussões</b>	<b>107</b>

<b>6.1</b>	<b>Baixo curso do Rio Jucu</b>	<b>109</b>
<b>6.2</b>	<b>Médio Curso do Rio Jucu</b>	<b>115</b>
<b>6.3</b>	<b>Alto Curso do Rio Jucu</b>	<b>122</b>
<b>6.4</b>	<b>Mapa de Calor referente ao desmatamento entre os anos de 2007 a 2020 na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu</b>	<b>127</b>
<b>7</b>	<b><i>Considerações Finais</i></b>	<b>134</b>
<b>8</b>	<b><i>Referências Bibliográficas</i></b>	<b>138</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica Brasileira está entre os principais *hotspots*<sup>1</sup> de biodiversidade do planeta, apresentando áreas com alto grau de biodiversidade e endemismo (REZENDE et al., 2015; RIBEIRO et al., 2009; TEIXEIRA et al., 2009; MYERS et al., 2000). Abrangendo aproximadamente 15% do território nacional, em 17 estados, o bioma estende-se desde o Nordeste Oriental brasileiro até o Rio Grande do Sul, acompanhando paralelamente o litoral brasileiro, abrigando mais de 70% dos brasileiros e concentrando 70% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional (ROSS, 2006).

Em termos ecológicos, a floresta desempenha serviços essenciais como abastecimento de água, regulação do clima, agricultura, pesca, energia elétrica e turismo. Segundo a Fundação SOS Mata Atlântica (2021), atualmente, restam apenas 12,4% da floresta que existia originalmente, conferindo assim um alto índice de desmatamento ao longo de mais de 500 anos de história no país. Os sucessivos impactos resultantes de diferentes ciclos de exploração, da concentração da população e dos maiores núcleos urbanos e industriais levaram a uma drástica redução na cobertura vegetal natural, que resultou em paisagens, hoje, fortemente dominadas pelas atividades antrópicas (SOS MATA ATLÂNTICA, 2021).

A Mata Atlântica sofreu e ainda sofre com a exploração desordenada de seus recursos, principalmente de origem madeireira, resultando em milhões de hectares (ha) de áreas desflorestadas (MYERS et al., 2000; GALINDO-LEAL e CÂMARA, 2003). O desmatamento resultou em extensas áreas de florestas primárias convertidas em outros usos da terra como pastagens, cafeicultura, urbanização, silvicultura, entre outros. As regiões com maiores áreas de remanescentes florestais estão resumidas às atuais Unidades de Conservações de Proteção Integral e se

---

<sup>1</sup> O termo **hotspots** é utilizado para designar lugares que apresentam uma grande riqueza natural e uma elevada biodiversidade, mas que, no entanto, encontram-se ameaçados de extinção ou que passam por um corrente processo de degradação.

localizam na faixa costeira dos estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Bahia e região serrana do Espírito Santo (PINTO et. al.,2006).

Essa realidade pode ser observada no interior da maioria das bacias hidrográficas em diferentes níveis de escalas, localizadas em áreas urbanas ou rurais. A harmonização de políticas urbanas e rurais produtivas com as de cunho ambiental, ainda enfrenta uma série de obstáculos a fim de alcançar uma gestão alicerçada nos moldes da sustentabilidade. Soma-se a isso, o processo de desenvolvimento tecnológico aliado às crescentes necessidades humanas por consumo de produtos diversos, impondo maior necessidade de apropriação de recursos naturais, seja para adquirir essências nativas, minerar e cultivar/criar. Esses são os fatores motores que proporcionam arranjos e rearranjos espaciais nas Bacias Hidrográficas (ROSS, 2006).

Seguindo esse raciocínio, a Bacia Hidrográfica do Rio Jucu compreende um desses ambientes onde a ação do homem sobre o meio tem promovido alterações significativas na paisagem, de forma bastante degradante. Com 214.856,63 ha, está localizada em sua totalidade dentro do território capixaba, abrangendo os municípios de Domingos Martins, Marechal Floriano, Viana, Vila Velha, Cariacica e Guarapari conforme a figura 1 abaixo.

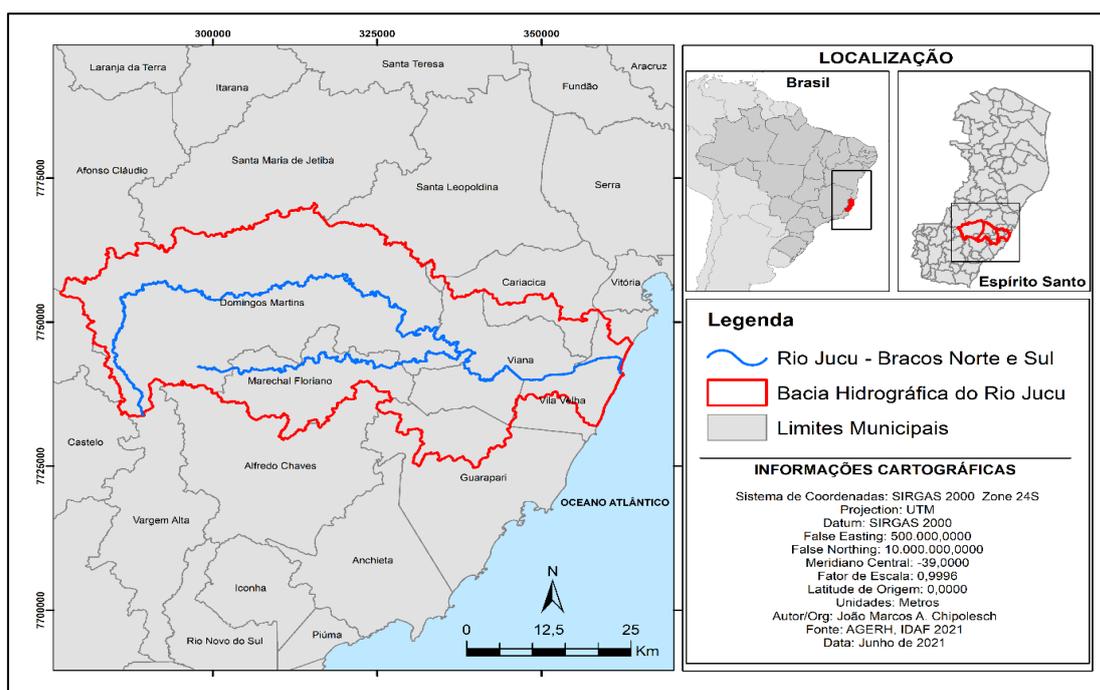


Figura 1: Localização da Bacia do Rio Jucu no Brasil, Espírito Santo e municípios pertencentes.

De acordo com Deina (2013), as formas de uso e ocupação da terra na bacia ora analisada estão associadas à agropecuária, cujas técnicas ainda são agressivas como as práticas de queimadas para o preparo do solo, a retirada das matas ciliares e de fragmentos florestais. Além disso, as atividades industriais e ligadas aos demais usos da terra também têm contribuído em grande parte para a sua ocupação e os usos indevidos de áreas ambientalmente frágeis.

Em se tratando de bacias hidrográficas, a análise dos fatores ambientais determina a dinâmica das variações e do comportamento dessa importante unidade de planejamento. A cobertura vegetal é um parâmetro essencial para a verificação da saúde da bacia, pois ela garante a proteção dos solos contra a erosão e a recarga dos lençóis freáticos.

A retirada da vegetação pode impactar seriamente no equilíbrio ambiental, já que pode ocasionar o assoreamento dos rios, a diminuição do volume hídrico, a elevação da temperatura, entre outros problemas. De acordo com Colman (1953), a cobertura florestal é um meio natural, eficiente e ecologicamente adequado no controle e no armazenamento da água em uma bacia se comparada às construções civis.

Pautado na existência prévia de outros métodos de identificação e mapeamento de desmatamento, empregou-se nessa pesquisa as técnicas de Sensoriamento Remoto (SR), como subsídio ao conhecimento do comportamento da cobertura florestal na bacia do Rio Jucu, utilizando para isso, imagens orbitais.

A partir daí, foi possível propor os seguintes questionamentos: Quais foram os índices de desmatamento na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu entre os anos de 2007 a 2020? Qual o encadeamento presente entre o processo de desmatamento e a dinâmica do uso da terra? Onde estão localizados os maiores focos de desmatamento na bacia? Como se dá a performance das imagens orbitais CBERS4 na identificação das áreas de desflorestamento?

Visando responder às questões propostas, traçou-se como objetivo geral: analisar o comportamento da cobertura florestal na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu por meio de geotecnologias, relacionando as áreas de desflorestamento com o uso e a cobertura

da terra, no intervalo entre 2007 a 2020. De forma complementar, os objetivos específicos centram-se em:

- Cartografar com hotspots (pontos quentes) as áreas de desmatamentos revelando os locais em que estes processos foram mais intensos;
- Investigar quais fatores são responsáveis pelos processos de transformação da cobertura florestal na área de estudo;
- Demonstrar a contribuição tanto de softwares de Sistema de Informações Geográficas (SIG) quanto de produtos de sensoriamento remoto gratuitos, visando buscar a igualdade de oportunidade e eficácia em seus múltiplos usos;
- Propor uma rotina para monitoramento e quantificação das áreas desmatadas na bacia hidrográfica utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens orbitais.

Diante disso, a estruturação da pesquisa está disposta em capítulos, sendo que o primeiro será dedicado à revisão teórica e conceitual, com foco nas alterações na paisagem e suas inter-relações de processos e agentes em bacias hidrográficas. Concomitantemente serão analisadas questões a respeito da degradação ambiental e desmatamento, como os impactos negativos causados pela ação antrópica, que resulta em desequilíbrio na dinâmica natural das bacias hidrográficas.

No capítulo será abordada ainda a linha teórica e conceitual acerca do trajeto percorrido pelo SR, seus fundamentos, aplicações e contribuições para os estudos geográficos. Complementando, fundamentar-se-á a compreensão da “aparência” que uma dada cobertura vegetal assume em um determinado produto de sensoriamento remoto, a qual é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais (PONZONI, 2002).

Por fim, o capítulo também terá uma discussão sobre o programa China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS4), descrevendo a consolidação das imagens orbitais em diversos estudos e aplicações.

O capítulo seguinte terá em seu bojo os procedimentos metodológicos escolhidos, desde a aquisição do referencial bibliográfico até o levantamento dos dados

geoespaciais, como o acervo das imagens orbitais e outras bases vetoriais. O detalhamento da técnica empregada na pesquisa também será aqui realizado e cada passo será descrito no intuito de obter uma melhor compreensão das etapas que se seguem.

No último capítulo, serão apresentados os resultados e as discussões divididos da seguinte forma: análises dos índices de desmatamento no período compreendido entre 2007 a 2020 na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu; identificação dos possíveis padrões de desflorestamento e como essa prática ocorre em toda a bacia; as consequências do processo de desmatamento na Bacia Hidrográfica no período proposto, e, a partir de uma perspectiva geográfica, identificação dos fatores responsáveis pelo processo de retirada da cobertura florestal na área de estudo; e finalmente proposição de uma rotina de monitoramento das áreas desmatadas utilizando as imagens do CBERS4.

Porém, antes de adentrar nas seções dos capítulos propriamente ditos, serão apresentadas as justificativas.

## 2 JUSTIFICATIVAS

### 2.1 POR QUE A BACIA DO RIO JUCU?

De acordo com a Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH), a Bacia Hidrográfica do Rio Jucu é responsável pelo abastecimento de água de mais de 700.000 pessoas, o que corresponde a aproximadamente 35% da população do estado do Espírito Santo, culminando assim em um alto grau de relevância pelos serviços prestados.

Os municípios da região serrana possuem nas atividades de agricultura familiar como olericultura, fruticultura, cafeicultura e agroturismo, uma importância significativa na fonte de renda dessas cidades, gerando empregos, fixando o produtor rural na propriedade e garantindo o abastecimento de alimentos aos centros urbanos.

Segundo a Gerência de Pesca e Aquicultura da Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (SEAG), estima-se que existam 110 agricultores familiares no interior da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu, com predomínio da atividade de piscicultura, especialmente a criação de tilápia, desenvolvida principalmente em pequenas propriedades, concentrando-se especialmente em áreas menores que 50 ha. Ocorre também a atividade de pesca no Baixo Jucu, Formate/Marinho e Costeira, mais especificamente, no município de Vila Velha (SEAG, 2018)

As indústrias do setor de transformação, que por sua vez fortalecem e geram desenvolvimento, também estão presentes na bacia, participando com altos índices no PIB do estado. A atividade de confecção de vestuário e acessórios apresenta 275 indústrias em Vila Velha e 28 em Cariacica, assim como a maioria daqueles do setor metalomecânico, sendo que esses municípios têm suas áreas urbanas concentradas no Baixo Jucu, Formate/Marinho e Costeira (AGERH, 2021).

No estado do Espírito Santo, o Rio Jucu sempre esteve presente no desenvolvimento do território, seja pelo transporte da produção agrícola, até mesmo em atividades ocorridas atualmente que revelam a ligação histórica e cultural das águas com a

sociedade, ou seja, alguns eventos expressam a relação dos recursos hídricos com as mais diversas formas de manifestações culturais (AGERH, 2021).

Ademais, a Bacia Hidrográfica do Rio Jucu desempenha serviços ambientais de suma importância para a população diretamente envolvida, que pode ser constatada na garantia da disponibilidade hídrica dos mananciais e na preservação e conservação da cobertura florestal. Nesse sentido, inúmeros são os estudos que identificam a relação entre a disponibilidade hídrica com a cobertura florestal no sentido diretamente proporcional dessas variáveis, ou seja, quanto maiores os índices de cobertura florestal, maior é a disponibilidade de água na bacia.

De acordo com o relatório síntese do Plano de Recurso Hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu (2018), a retirada de cobertura vegetal está reduzindo seu aporte hídrico. Em outras palavras, a conservação e preservação da cobertura florestal da bacia tornam-se práticas imprescindíveis para a boa saúde dessa importante unidade de planejamento.

Nesse sentido, enfatiza-se a utilidade de estudos temporais que levem em consideração o comportamento da cobertura florestal, sobretudo na identificação dos focos de desmatamento e cortes rasos na bacia. Para isso, as técnicas e aplicações do SR são aliadas nesse propósito.

## **2.2 POR QUE O SENSORIAMENTO REMOTO E AS IMAGENS CBERS4?**

As imagens de satélite oriundas do SR vêm sendo cada vez mais utilizadas no planejamento e para as tomadas de decisões estratégicas, uma vez que essa tecnologia permite rapidez e confiança nos resultados (TULIO, 2018). Na identificação de desmatamento em florestas tropicais ou em outros Biomas, o uso dessa tecnologia permite a aquisição, extração e manuseio de informações referentes ao comportamento da cobertura florestal mediante as análises de imagens de diferentes resoluções espaciais, temporais, espectral e radiométrica (PONZONI; SHIMABUKURU; KUPLICH, 2012).

As aplicações das técnicas de SR no estudo da vegetação vêm sendo utilizadas em programas e iniciativas, tanto a nível federal quanto estadual, objetivando não só mapear, mas também monitorar os focos de desmatamento nos Biomas brasileiros. O principal deles, o programa mantido pela Fundação SOS Mata Atlântica, publicou seu primeiro mapeamento em 1990, em conjunto com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA), e foi considerado na época, um trabalho inédito sobre a área original e a distribuição espacial dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, disponibilizado na escala 1:1.000.000 (SOS Mata Atlântica, 2015).

Ao longo do tempo a qualidade e precisão dessas informações evoluíram em conjunto com a tecnologia e atualmente diversos sensores em diferentes satélites, podem operar gerando mapeamentos em escalas que vão de 1:1.500 até 1:75.000.

Ressalta-se que dentre as vantagens do SR, é que a quase totalidade das imagens utilizadas nos projetos de monitoramento do desmatamento são distribuídas em plataformas de dados geoespaciais gratuitas, com destaque para o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que é considerado um dos principais repositórios de imagens e outras fontes de dados geoespaciais.

As consultas e aquisições podem ser facilmente consumidas no seu sítio eletrônico <http://www.dgi.inpe.br>. Já outros produtos do SR como mapeamentos oriundos de aerolevantamento são onerosos e demandam muito tempo para obtenção do produto final, além da dificuldade de novas atualizações.

Os satélites do programa CBERS fazem parte do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais (SBCDA), que, baseado na utilização de satélites e plataformas de coleta de dados (PCDs) distribuídas pelo território nacional, objetiva fornecer ao país dados ambientais diários coletados nas diferentes regiões do território nacional.

A utilização da série CBERS4 justifica-se pela eficiência temporal e espacial, baixo custo financeiro e facilidade na aquisição das imagens, permitindo assim, realizar associações com as transformações ocorridas no uso e na cobertura da terra em determinada área de estudo em um lapso temporal determinado.

Com a resolução espacial de cinco metros na banda pancromática, as cenas oferecem maior grau de detalhamento se comparadas às outras imagens, como a do sistema Land Remote Sensing Satellite (LANDSAT) e CBERS 1 e 2, que operam com 30 e 20 metros de resolução espacial, respectivamente. Dessa forma, pretende-se com a utilização das imagens CBERS4, possibilitar para a presente pesquisa a detecção de fragmentos de desmatamentos considerados pequenos, a partir de um ha, ampliando assim a qualidade e a precisão para essa finalidade.

Além disso, o sistema CBERS4 disponibiliza e opera nas faixas espectrais do visível e também do infravermelho próximo. O posicionamento dessa banda permite avaliar uma forte reflexão da estrutura celular das folhas e evita a saturação e a perda concomitantemente da sensibilidade para valores de clorofila, xantofila e outros pigmentos fotossintetizantes.

Estudos recentes ratificam que as imagens obtidas na banda “infravermelho próximo” foram capazes de detectar mais precocemente eventos de estresses em florestas se comparadas às outras bandas convencionais. Por exemplo, Batista (1994) utilizou o sensor AVHRR<sup>2</sup> para estimar o desmatamento no Estado do Mato Grosso e Amaral (1992) analisou a possibilidade de utilizar os dados AVHRR para detectar desmatamentos, avaliando os resultados com base nos dados provenientes do sensor TM do Landsat. Carreiras et al. (2002) testou a utilização de imagens SPOT-VEGETATION para detectar desmatamentos no Estado do Mato Grosso, a partir de análises de mistura espectral, obtendo resultados que indicam a potencialidade destes dados.

Diante do exposto, torna-se importante frisar que outras alternativas de sistemas sensores estão à disposição da comunidade científica como: Landsat, Rapidye, Terra, Resoucesat e outros. A escolha para utilização do sistema CBERS 4 para a pesquisa

---

<sup>2</sup> O sensor AVHRR (**Advanced Very High Resolution Radiometer**) é um radiômetro imageador lançado a bordo dos satélites da série NOAA. O instrumento AVHRR-2 esteve a bordo dos satélites NOAA-6 a NOAA-14, operou com 5 canais espectrais dispostos nas regiões do visível (geralmente utilizados para estudos de vegetação) e infravermelho (geralmente utilizados para determinação de temperatura na superfície da terra e oceano). Cada satélite é capaz de obter duas coberturas da superfície terrestre diárias (uma diurna e outra noturna). INPE, 2022.

gravita em torno da aplicação dos resultados e sua escala de atuação em função das áreas desmatadas ao longo da área de estudo.

### **3 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUCU**

A caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu é de suma importância, pois permite juntamente com o referencial teórico, otimizar a compreensão dos resultados ulteriores demonstrando a inter-relação entre os diferentes elementos naturais e sociais.

Desse modo, pretende-se demonstrar como uma análise integrada da paisagem pode auxiliar na compreensão dos objetivos aqui propostos. Essa seção contemplará os aspectos gerais da bacia, como caracterizações climáticas, geológicas e geomorfológicas, além do detalhamento dos aspectos socioeconômicos e do uso e cobertura da terra.

#### **3.1 ASPECTOS GERAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUCU**

De acordo com o Plano do Rio Jucu, a bacia abrange uma área de 214.856,63 ha ou 2.014,86 km<sup>2</sup>, tendo o rio que leva o mesmo nome da bacia como o principal. A bacia situa-se totalmente no território capixaba e conforme já mencionado (figura 1) abrange seis municípios do Espírito Santo. Domingos Martins e Marechal Floriano, ambos localizados na região serrana do estado, são totalmente abrangidos pela bacia, sendo o primeiro correspondendo a 57,09% da área total e o segundo a 13,22%. Já as cidades de Guarapari, Cariacica e Vila Velha, conforme a tabela 1, respondem pelos menores percentuais em relação à totalidade da bacia (AGERH; IDAF, 2021).

Salienta-se o fato de que esses municípios apesar de pouca porcentagem em relação à área total da bacia são responsáveis pelo maior percentual das áreas urbanizadas (DEINA, 2013).

Tabela 1: ÁREA TERRITORIAL DOS MUNICÍPIOS ABRANGIDOS PELA BACIA, Adaptado: AGERH e IDAF 2021.

<b>Município</b>	<b>Área na Bacia do Rio Jucu (ha)</b>	<b>% da área em relação à bacia do Rio Jucu</b>
Cariacica	8.489,89	3,95%
Vila Velha	11.670,20	5,43%
Guarapari	12.472,93	5,81%
Marechal Floriano	28.399,60	13,22%
Viana	31.164,83	14,50%
Domingos Martins	122.659,18	57,09%
<b>Total</b>	<b>214.856,63</b>	<b>100%</b>

Org. João Marcos Augusto Chipolesch

A bacia do Rio Jucu limita-se ao Norte e Oeste com a bacia dos Reis Magos e do Rio Doce, ao Sul com as bacias do Rio Benevente e Guarapari, e a Leste com a baía de Vitória. O principal afluente é o Rio Jucu, que nasce na região serrana localizado no município de Domingos Martins em cotas altimétricas acima de 1.000m acima do nível do Mar (DEINA, 2013). O curso d'água perpassa quase que a totalidade da bacia, percorrendo uma extensão de aproximadamente 170 km até desaguar no mar do município de Vila Velha, na praia da Barra do Jucu.

Quanto ao clima, em uma escala mais ampla, é considerado como tropical úmido tendo por características uma diversidade climática considerável. De acordo com Ferreira (2006), citado por Coelho (2007), essa variedade está associada a um conjunto de fatores tais como: posição territorial (maritimidade/continentalidade), as características de relevo e topografia e a atuação de diferentes massas de ar.

O papel do relevo no Espírito Santo é um dos principais fatores na determinação climática, no sentido que se observam temperaturas mais baixas a Oeste e mais altas em direção às planícies costeiras situadas a Leste. Essas características são igualmente verificadas na bacia do Rio Jucu (AMARANTE, 2009 apud DEINA, 2013).

Especificamente na bacia do Rio Jucu, dois tipos climáticos são observados com base na classificação de Köppen, o tropical de altitude e o tropical úmido. Com temperaturas amenas no verão e intensas precipitações orográficas em vários períodos do ano, o clima tropical de altitude é verificado na região serrana da bacia (VIANA, 2017).

É subdividido em dois subtipos: Mesotérmico sem estação seca (Cf), observado nas porções mais altas da bacia atingindo índices pluviométricos entre 1.500 a 2.000 mm/ano; e, Mesotérmico com estação seca (Cw), que se diferencia por menores índices pluviométricos – 1.300 mm/ano – e a presença de verões mais quentes.

De acordo com a série histórica das Estações Hidrometeorológicas da Agência Nacional das Águas (ANA), os índices de precipitações médias anuais são muito variáveis na bacia do Rio Jucu. A partir desse dado, foi gerado um mapa (figura 2) com os valores de precipitação média para a área de estudo, sendo possível verificar que os maiores índices estão localizados na região serrana da bacia, fato que pode estar relacionado às chuvas orográficas. Nessas áreas, podem ser encontrados índices acima de 1.500 mm, podendo ultrapassar a 2.000 mm/ano. Já nas áreas mais baixas e litorâneas os índices são da ordem de 1.100 a 1.300 mm/ano.

A atuação das massas de ar também se destaca nas análises do clima da bacia. Seguindo esse raciocínio, a Zona de Convergência do Atlântico do Sul (ZCAS) é uma faixa de nebulosidade com orientação noroeste-sudeste, se estendendo da Amazônia até o Sul e Sudeste brasileiro. A ZCAS define os verões chuvosos e úmidos e os invernos secos com características de estiagem não só para o sudeste, mas para a maior parte do território brasileiro.

Por estar localizada no Sudeste do Brasil, o fato é que a atuação da ZCAS tem contribuído de forma significativa para confirmar os episódios de estiagem prolongada ou inundações no interior da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu (DEINA, 2013).

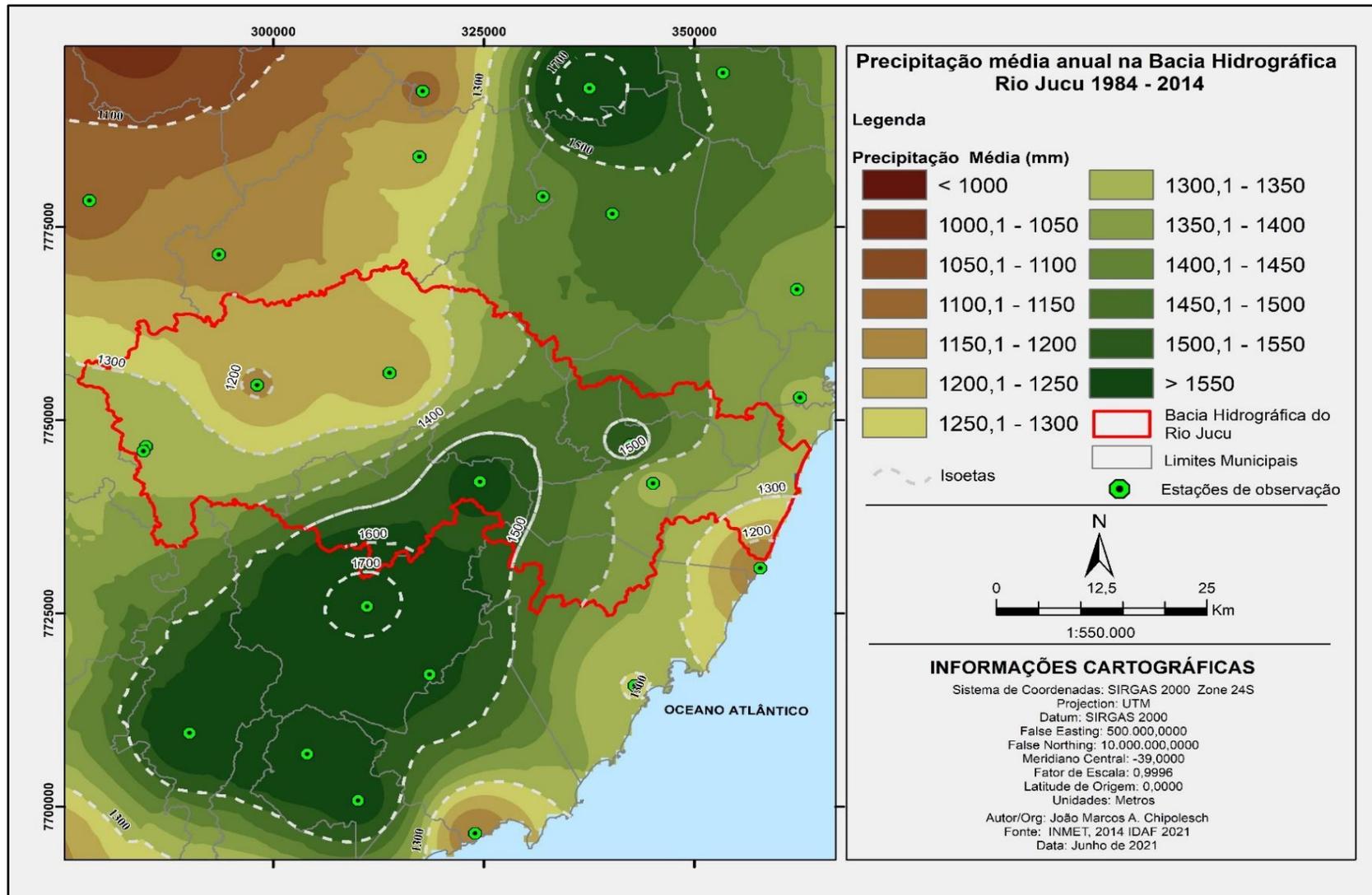


Figura 2: Precipitação média mensal da bacia do Rio Jucu, obtida junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referente aos anos de 1984 a 2014.





encostas são marcadas por falhamentos, evidenciados nos planos de falhas existentes em quase toda a sua extensão. A morfologia dessa estrutura é alongada com vertentes retilíneas ou convexas e topos convexizados – característicos de relevo de Zona Tropical Úmida (BURGOS, 2006).

A figura 5 permite a visualização panorâmica da divisão geomorfológica da bacia, com destaque em primeiro plano para a parte mais baixa (Tabuleiros Costeiros) e ao fundo a presença dos dobramentos remobilizados (Patamares Escalonados do Sul Capixaba). Isso possibilita compreender sua gradação entre os compartimentos mais baixos com os mais altos.



Figura 5: Divisão entre tabuleiros costeiros e patamares escalonados do sul capixaba. Bairro São Conrado Cariacica – ES. Foto com visada no sentido Leste-Oeste.

Visando a representação das diferentes altitudes do terreno, foi gerado a partir das curvas nível (IEMA, 2012/2015) um mapa hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu. De acordo com a figura 6 é possível visualizar que essa é constituída por cotas altimétricas que variam de 0 a 1.800 metros. Próximo às nascentes do Rio Jucu, braços sul e norte, nos municípios de Domingos Martins e Marechal Floriano, são

verificadas as maiores altitudes, acima de 1.000 metros na média. As cotas altimétricas vão diminuindo no sentido Oeste-Leste, à medida que o Rio Jucu se direciona para a foz.

A porção central da bacia é composta em média por cotas entre 250 a 750 metros, podendo chegar em alguns pontos isolados a 1.000 metros de altitude. A partir da confluência dos braços sul e norte do Rio Jucu até a sua desembocadura no município de Vila Velha as cotas altimétricas não ultrapassam de 750 metros. Essa região é caracterizada pela predominância de cotas abaixo de 250 metros, ratificando assim, a presença dos Tabuleiros Costeiros.

No intuito de obter as melhores análises de acordo com os arranjos e peculiaridades das áreas, optou-se, nesse sentido, por delimitar a Bacia Hidrográfica do Rio Jucu em três trechos: alto, médio e baixo. Essa divisão foi realizada a partir dos limites entre as cotas altimétricas, arranjo estrutural e divisores topográficos contidas no mapa hipsométrico da figura 6.

O baixo curso é caracterizado por cotas de altitudes no intervalo de 0 a 50 metros onde é possível visualizar uma coincidência entre o arranjo dos vales fluviais e as cotas compreendidas entre os valores acima citados.

Os limites utilizados para delimitação do médio e também do alto curso foram os intervalos observados no mapa de hipsometria, onde as cotas de 50 a 1.000 metros de altitude correspondem ao médio curso e as de valores superiores a 1.000 demarcam o alto curso do Rio Jucu. Ressalta-se que essa delimitação não possuiu nenhum referencial mais exato de demarcação, pois não constitui objeto primordial da pesquisa.

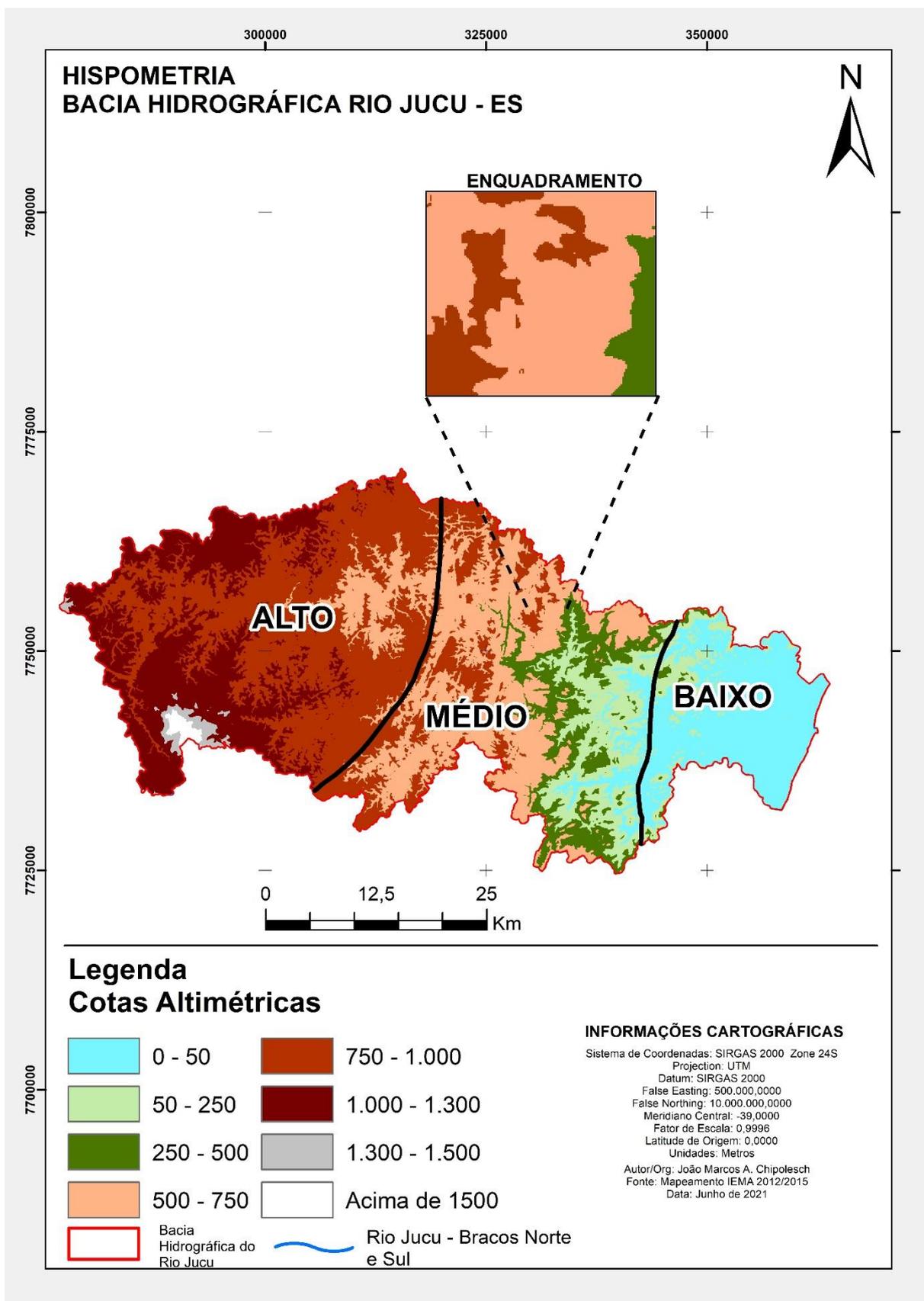


Figura 6: Mapa Hipsométrico da Bacia do Rio Jucu de acordo com as curvas de nível extraídas do mapeamento IEMA 2012/2015. Fonte: O autor (2021).

Em relação aos aspectos socioeconômicos, especificamente no que se refere à população, de acordo com as informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população total da bacia hidrográfica do Rio Jucu é de mais de 700.000 mil habitantes distribuídos nos seis municípios que integram esta unidade de planejamento (IBGE, 2010). Isso representa 19,2% do total de habitantes para o Espírito Santo. Majoritariamente, esta parcela se concentra nos municípios da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) – Cariacica, Vila Velha, Viana e Guarapari. Marechal Floriano e Domingos Martins, que compõem a região serrana do estado, se diferenciam por um dinamismo populacional distinto, quando comparados, por exemplo, a Vila Velha. Enquanto aqueles somados alcançam cerca de 46.000 habitantes, esse sozinho possui mais de 400.000.

A principal distinção entre as regiões metropolitana e serrana decorre das características de formação e evolução dos territórios municipais e os subsequentes padrões estabelecidos, o que é corroborado na observação da ocupação dos territórios. A densidade demográfica média da parcela metropolitana estimada é de 943 hab/km<sup>2</sup>, enquanto nos municípios serranos refere-se a 39 hab/km<sup>2</sup>, conforme a tabela 2 abaixo (AGERH, 2014; IBGE, 2010).

Tabela 2: POPULAÇÃO ESTIMADA EM 2013 PARA OS MUNICÍPIOS INTEGRANTES DA BACIA HIDROGRÁFICA E A RESPECTIVA DENSIDADE DEMOGRÁFICA.

Município	População estimada (2013)	Área Municipal (km <sup>2</sup> )	Densidade Demográfica (hab/km <sup>2</sup> )
Cariacica	356.427	279,00	1.278
Domingos Martins	32.244	1229,37	26
Guarapari	110.955	592,73	187
Marechal Floriano	14.950	285,39	52
Viana	68.930	312,22	221
Vila Velha	437.713	209,87	2.086

Adaptado: AGERH 2014 e IBGE 2010.  
Org. João Marcos Augusto Chipolesch.

Dentre os aspectos mais relevantes da tabela acima, destacam-se os dois municípios mais populosos da bacia, Vila Velha e Cariacica, com alta densidade populacional. Por outro lado, Domingos Martins e Marechal Floriano apresentam situações contrárias, com baixos índices populacionais e densidade demográfica bem menor.

Em se tratando de incremento populacional ao longo de vinte anos (1990 a 2010), a tabela 3 apresenta os dados de crescimento populacional referente ao período:

Tabela 3: EVOLUÇÃO POPULACIONAL DOS MUNICÍPIOS DA BACIA

Município	População			Taxa de crescimento geométrico médio anual (% a.a.) <sup>3</sup>	
	1991	2000	2010	1991/2000	2000/2010
Cariacica	274.532	324.285	348.738	1,9	0,7
Domingos Martins	35.598	30.559	31.847	-1,7	0,4
Guarapari	61.719	88.400	105.286	4,1	1,8
Marechal Floriano	-	12.188	14.262		1,6
Viana	43.866	53.452	65.001	2,2	2,0
Vila Velha	265.586	345.965	414.586	3,0	1,8

Fonte: IBGE, Censos Demográficos 1991, 2000 e 2010.  
Org. João Marcos Augusto Chipolesch

Tomando como base os dados censitários do IBGE, tornou-se possível verificar uma tendência geral de aumento populacional nos municípios integrantes da bacia do Rio Jucu em números absolutos, no período compreendido entre 1991 a 2010. À exceção de Domingos Martins, que sofreu um decréscimo no contingente populacional.

Uma análise detalhada por município (Figura 7) mostra que as taxas de crescimento se apresentam desigualmente distribuídas, principalmente no segundo período. Enquanto municípios populosos como Viana e Vila Velha apresentaram taxas próximas ou superiores a 2,0% a.a., municípios menores como Marechal Floriano e Domingos Martins sofreram decréscimo populacional e baixo crescimento respectivamente.

O fenômeno concorrente a esta situação é explicado, em especial, pela mobilidade espacial da população devido a atração urbana exercida por algumas cidades (AGERH, 2014).

<sup>3</sup> Estimativas a partir de IBGE, Censos Demográficos 1991, 2000 e 2010

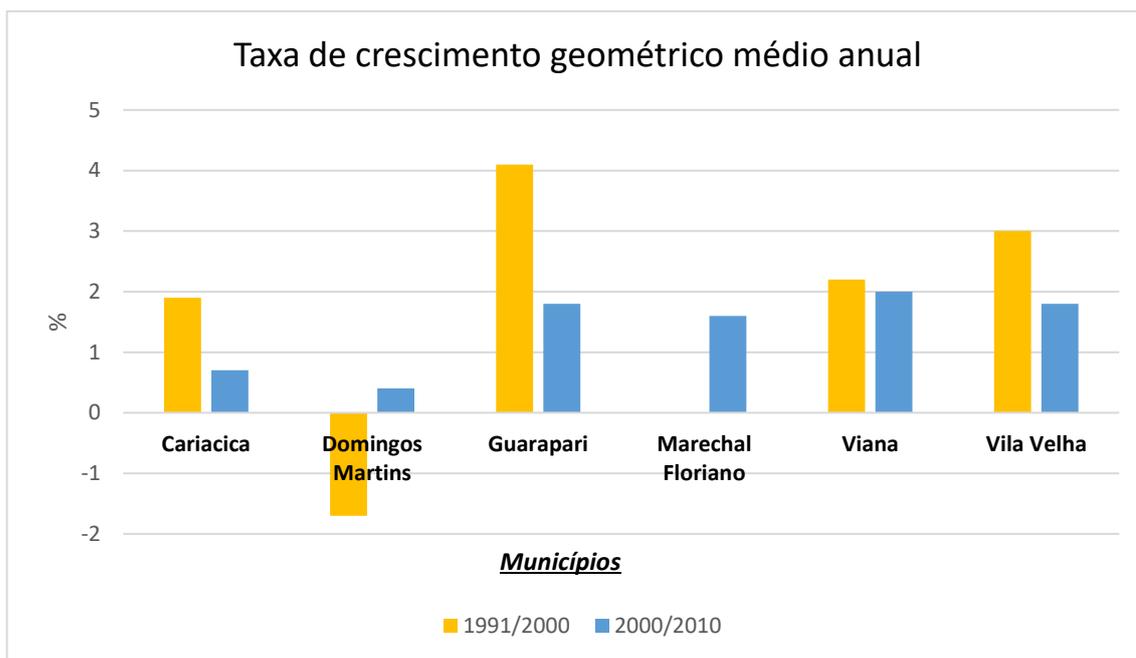


Figura 7: Tendência de crescimento populacional municipal e estadual de 1991 a 2010. Fonte: IBGE 1991, 2000 e 2010. Org. João Marcos Augusto Chipolesch

Outro aspecto associado à população diz respeito à distribuição em domicílios rurais ou urbanos. Para tanto, a figura 8 traz esta informação, tendo como referência dados do censo do IBGE de 2010.

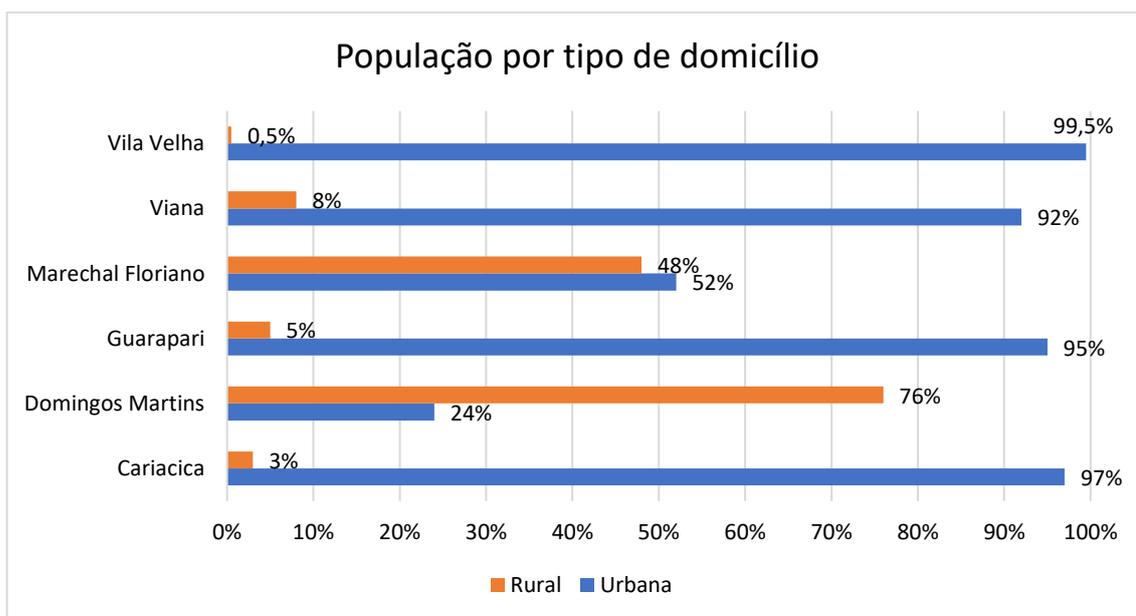


Figura 8: Distribuição da população por tipo de domicílio. Fonte: IBGE 2010. Org. João Marcos Augusto Chipolesch

A partir da leitura do gráfico acima é possível constatar que os municípios da RMGV, possuem como esperado, uma predominância da população urbana em relação à rural. Novamente é possível verificar uma espécie de clivagem, na qual os municípios da região serrana demonstram certo equilíbrio entre rural e urbano na distribuição dos residentes. Segundo Deina (2013), as diversas atividades ligadas a agricultura nesses municípios podem explicar essa diferenciação.

Insta ressaltar que nesta análise populacional, a estimativa da população que reside na área da Bacia Hidrográfica foi efetuada considerando o percentual da área de cada município que se insere nas Regiões Hidrográficas. As populações urbanas municipais totais foram ponderadas pela área urbana municipal nas regiões dos Setores Censitários Urbanos, já que a estimativa da população urbana pelo IBGE se dá a partir do setor censitário.

Continuando a análise socioeconômica, a bacia do Rio Jucu apresenta dois cenários espaciais, onde novamente é possível verificar a dualidade de atividades urbano-industrial nos municípios da RMGV e a atividade agropecuária das cidades pertencentes à região serrana do Espírito Santo (Tabela 4).

É possível constatar que a contribuição ao PIB estadual é majoritariamente da região metropolitana, por outro lado, as atividades relacionadas ao setor agropecuário dos municípios da região serrana possuem menor expressão nesse quesito. Assim, os setores industriais, de comércio e de serviço agregam muito valor ao PIB nos municípios da RMGV, fato não aplicável aos municípios de Domingos Martins e Marechal Floriano, conforme Tabela 4:

Tabela 4: Valor adicionado por setor (R\$ mil) – 2010

Município	Agropecuária	Indústria, Construção e Siup*	Com. e Serv.		Total
			Adm. Pública	Demais Ativ.	
Cariacica	10.942	1.048.938	809.196	2.212.463	4.081.539
Domingos Martins	104.187	40.117	87.021	86.521	317.846
Guarapari	36.547	176.456	276.200	488.296	977.499
Marechal Floriano	51.677	25.282	43.834	64.915	185.708
Viana	19.867	255.798	178.532	363.551	817.748
Vila Velha	12.171	1.513.311	1.030.583	3.254.487	5.810.552
<b>Espírito Santo</b>	<b>3.661.583</b>	<b>16.128.195</b>	<b>8.320.794</b>	<b>26.071.16</b>	<b>67.507.13</b>

Fonte: IJSN (2013). \* SIUP: Serviços de Infraestrutura e Utilidade Pública.  
Org. João Marcos Augusto Chipolesch

Visando melhor entendimento dessa variável, são apresentadas a seguir as figuras 9 e 10, com a subdivisão em região metropolitana e serrana, contendo a distribuição do valor por setor da economia nos PIBs municipais:

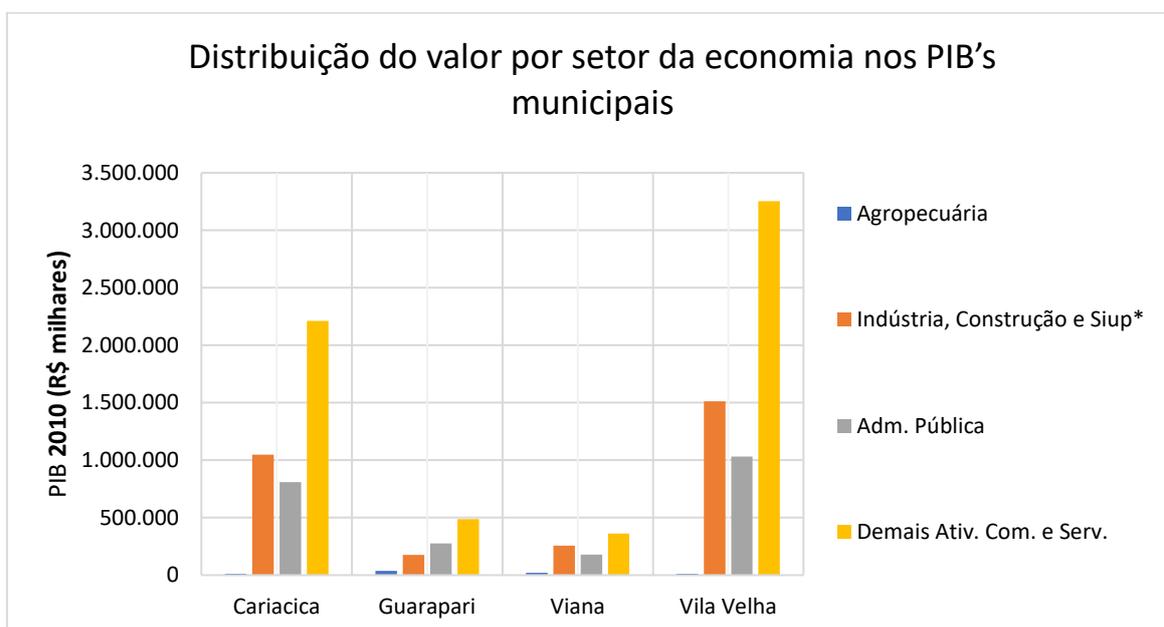


Figura 9: Distribuição do valor por setor da economia nos PIBs municipais RMGV. Fonte: IJSN. Org. João Marcos Augusto Chipolesch

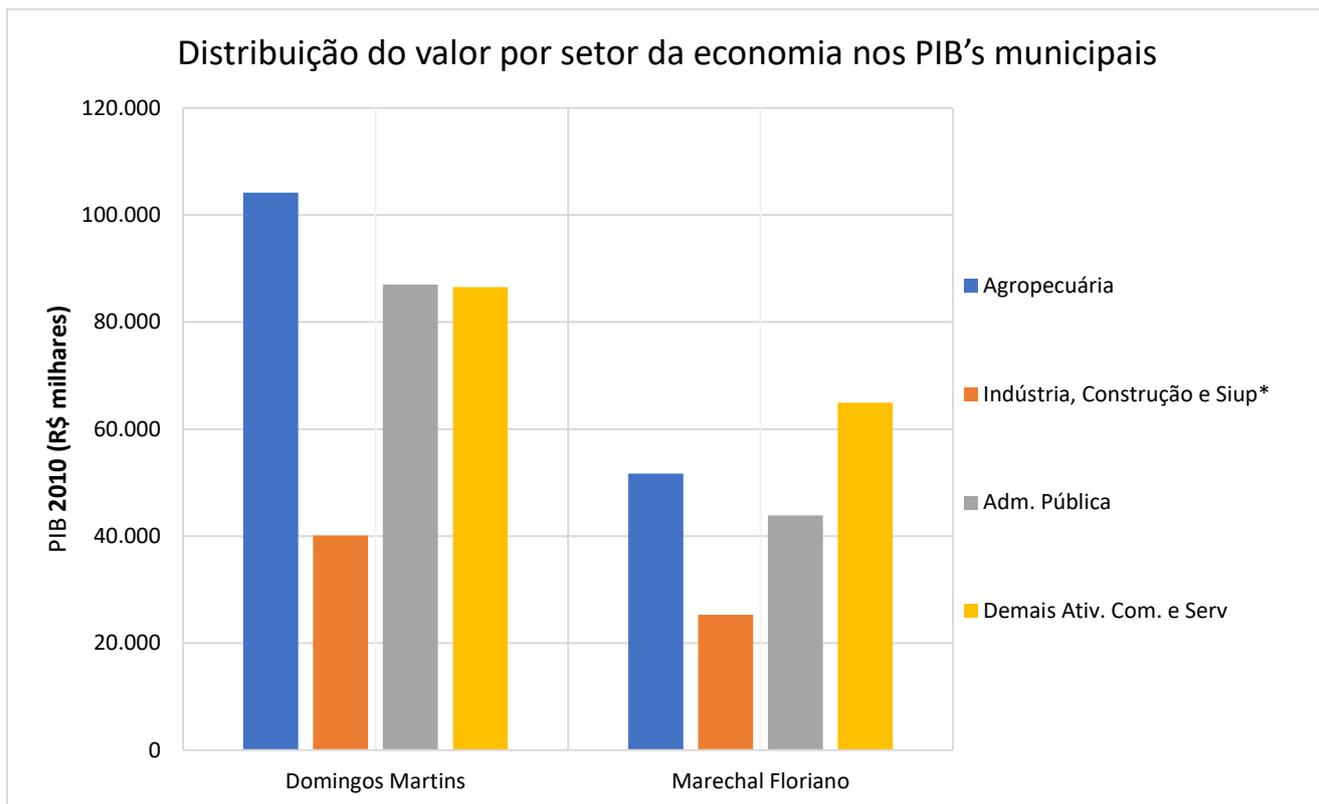


Figura 10: Distribuição do valor por setor da economia nos PIBs municipais da Região Serrana.

Fonte: IJSN. Org. João Marcos Augusto Chipolesch

Os municípios metropolitanos possuem predominância nas atividades do setor terciário, de comércio e de serviços, compondo mais de 45% de cada um, mas a participação relativa do setor industrial (junto com construção e serviços de utilidade pública) também é bastante significativa nestes municípios.

A importância majoritária do setor primário (agropecuário) na produção de bens e serviços municipais foi de 32,8% em Domingos Martins, já em Marechal Floriano houve um equilíbrio entre os setores de comércio, de serviços e o agropecuário, representando respectivamente, 30,5% e 27,8% da composição de seu PIB municipal.

Tabela 5: PIB municipal per capita

Município	PIB Municipal per capita		
	2000	2005	2010
Cariacica	3.796	6.598	14.055
Domingos Martins	5.056	6.703	10.589
Guarapari	4.097	5.717	10.072
Marechal Floriano	5.841	9.699	13.969
Viana	5.384	10.750	15.041
Vila Velha	6.555	9.113	16.840
<b>Espírito Santo</b>	<b>7.429</b>	<b>13.855</b>	<b>23.379</b>

Fonte: IJSN (2013).

Org. João Marcos Augusto Chipolesch

No entendimento da riqueza gerada pelos municípios sob o montante populacional de cada um, foram analisadas as evoluções de PIB per capita dos municípios que integram a área de estudo (Tabela 5). No intervalo de dez anos, o Espírito Santo aumentou em três vezes o valor inicial, fato que levou o estado a ocupar em 2010, a sexta posição entre todos da federação.

Os municípios da bacia do Rio Jucu seguiram a mesma tendência da média estadual, com exceção de Domingos Martins, que presenciou um crescimento menor se comparado com as outras cidades. Estes resultados evidenciam que o processo de desenvolvimento do estado foi alavancado principalmente pelos municípios localizados na região metropolitana de Vitória.

Já para a análise das características sociais da área de estudo, foi selecionado o Indicador de Desenvolvimento e Qualidade de Vida, ou Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). Sinteticamente, o IDHM compõe um conjunto de indicadores (renda, longevidade e educação, por exemplo), com o intuito de mensurar a qualidade de vida da população. A variação do índice é de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, melhor a situação do município (IJSN, 2013).

Tabela 6: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal IDHM 2013.

Município	IDHM 2013	Classificação	Componentes		
			Renda	Longevidade	Educação
Cariacica	0,718	Alto	0,699	0,844	0,628
Domingos Martins	0,669	Médio	0,680	0,833	0,528
Guarapari	0,731	Alto	0,746	0,837	0,626
Marechal Floriano	0,710	Alto	0,715	0,849	0,589
Viana	0,686	Médio	0,672	0,816	0,589
Vila Velha	0,800	Muito alto	0,807	0,864	0,734

Fonte: IJSN (2013).

Org. João Marcos Augusto Chipolesch

Na tabela 6 é possível verificar que dos seis municípios que integram a Bacia, Vila Velha se consolida como a melhor cidade em qualidade de vida possuindo classificação “muito alto”. Cariacica, Guarapari e Marechal Floriano vêm em seguida, com o índice “alto”. Já Domingos Martins e Viana são classificados como “médio”. Assim sendo, pode-se afirmar que os municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Jucu, caracterizam-se, majoritariamente, como “alto” índice, o que confere à região, em tese, uma significativa qualidade de vida.

Finalmente, a última variável da caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu, refere-se ao uso e cobertura da terra. Essas informações estão presentes no mapeamento sistemático coordenado pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), referente à 2012/2015.

Na ocasião foram mapeadas 25 classes de diferentes usos para todo o território capixaba. Na presente caracterização, optou-se por aglutinar algumas classes similares ou ainda, com pouca representatividade na bacia. Para tanto, a figura 11 traz o mapa de uso e cobertura da terra e a figura 12 um gráfico quantificando dos seus principais usos e cobertura.

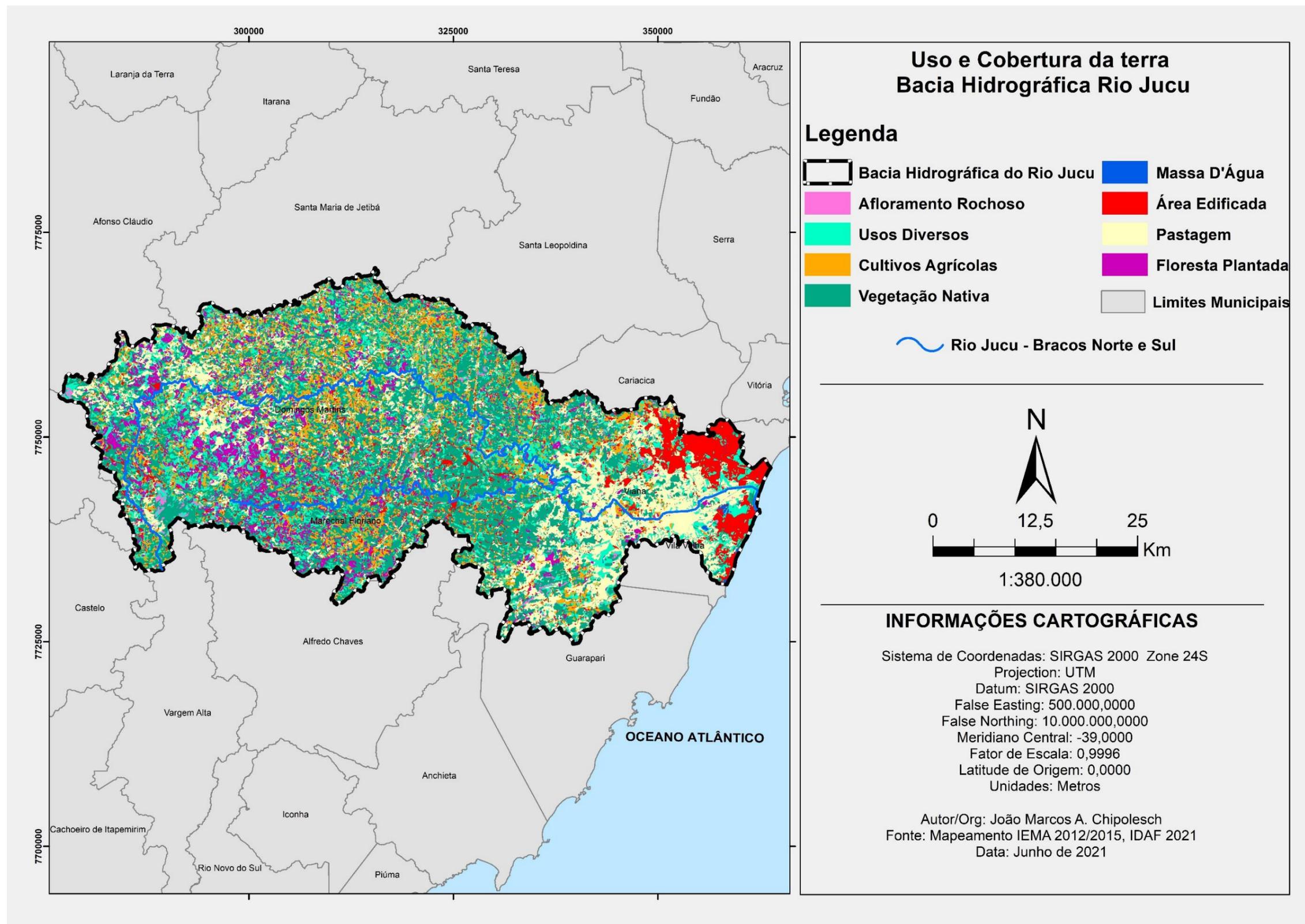


Figura 11: mapa de uso e cobertura da terra. Fonte: IEMA 2012/2015.

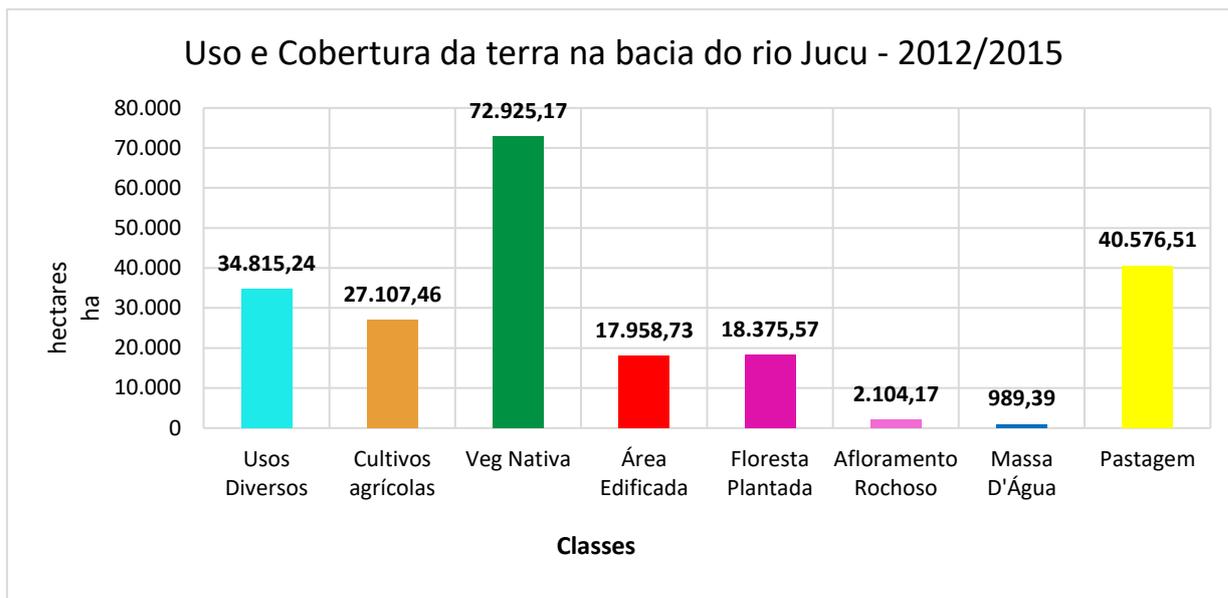


Figura 12: Distribuição das classes de uso e cobertura da terra na Bacia. Fonte: IEMA 2012/2015.

De forma geral tanto a leitura do mapa quanto do gráfico acima, possibilitam realizar algumas considerações importantes. Uma delas reside no fato de que a unidade de planejamento possui uma quantia significativa de vegetação nativa expressa por mais de 70 mil ha, que por sua vez garante a qualidade de outros recursos naturais como do ar, das águas subterrâneas e dos solos.



Figura 13: Extensas áreas de cultivos agrícolas em trecho do baixo Jucu logo a jusante a Estação Fazenda Jucuruaba.



Figura 14: Áreas de pastagens e cultivos agrícolas em trecho do baixo Jucu.



Figura 15: Áreas de Mata Nativa e culturas agrícolas município de Domingos Martins



Figura 16: Vegetação nativa no município de Marechal Floriano

Entretanto, a predominância de cobertura florestal na bacia não esconde um problema recorrente em outras bacias hidrográficas, qual seja, a conversão para outros usos, que na maioria das vezes se traduzem em degradação ambiental.

Seguindo essa linha de pensamento, as classes pastagens, área edificada e usos diversos (figuras 15 e 16) representam uma parcela importante da área total da bacia, o que pode estar diretamente relacionado aos processos de retirada da vegetação nativa, e, por conseguinte trazer inúmeros prejuízos à área.

A prática de atividades associadas à agropecuária, por sua vez também é expressiva na bacia do Rio Jucu. Com aproximadamente 27.000 ha, os cultivos agrícolas consolidam os municípios de Domingos Martins e Marechal Floriano como referência nessas atividades tal como já analisado. Além disso, florestas plantadas de Eucalipto, Seringueiras e Pinus também representam áreas significativas ao longo desses municípios.

As áreas edificadas respondem por mais de 17.000 ha, prevalecendo nos municípios pertencentes à RMGV, com quase totalidade no baixo curso do Rio Jucu entre os municípios de Vila Velha, Cariacica e Viana. De modo geral, a bacia possui certa diversificação quanto à dinâmica do uso da terra, tendo como desafio o aumento da cobertura florestal nos municípios da Grande Vitória e o fortalecimento de ações que garantam a desejada sustentabilidade.

Superar esse desafio requer compreender que o modelo de uso e cobertura da terra pode ser um fator determinante na relação da dinâmica socioeconômica e ambiental, bem como na utilização dos recursos naturais na bacia. Daí ratifica-se novamente a importância da pesquisa em analisar a cobertura florestal nativa no interior dessas unidades de planejamento.

Descritas as justificativas, a caracterização da bacia e assinalada a relevância da pesquisa, a próxima etapa será destinada ao capítulo da fundamentação teórico-metodológica, que será pautada em uma análise das ações que repercutem a alteração da paisagem e sua relação com os elementos que a constituem, incluindo o

processo de transformação nas Bacias Hidrográficas, que na maioria das vezes, se resume em degradação ambiental nesses ambientes.

A análise acerca da importância do SR nos estudos geográficos, destacando as aplicações das imagens orbitais CBERS4 e suas funcionalidades no monitoramento da vegetação também será analisada ao final desse capítulo.

## 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

### 4.1 TRANSFORMAÇÕES NA PAISAGEM

Ao longo da evolução do pensamento geográfico, a paisagem sempre foi alvo de definições, estudos e críticas, adquirindo significativa importância nos estudos de Geografia Física (SILVA, 2018). Já em 1913, Max Sorre escrevia que toda a Geografia está na análise das paisagens. Em 1928, Karl Troll, geógrafo físico alemão, afirmava que o conteúdo visível da paisagem determina o conteúdo da Geografia Moderna (PASSOS, 1996). Apesar de antigo, mesmo assim, essa categoria não ficou isenta de duras críticas por diferentes autores.

Inicialmente, a paisagem foi associada a uma leitura representacional e imagética de uma determinada porção de terras. Esta relação não é ao acaso, sendo reportado pelos historiadores que o vocabulário utilizado no século XVI, para descrever as representações geográficas, era idêntico àquele utilizado para a pintura de paisagem (BESSE, 2006). Este conteúdo fortemente visual e representacional de elementos distribuídos geograficamente e registrados como pinturas, foi considerado simplista descaracterizando-a de elementos não visíveis.

Ainda assim, muitos autores e pensadores da Geografia defenderam essa posição. Geógrafos como Ives Lacoste e Roger Brunet em meados da década de 1970, chegaram a afirmar que a paisagem é simplesmente aquilo que se vê, denotando assim, a noção de que essa é um elemento estático, desprovido de movimentos, fluxos e dinâmicas.

No entanto, a noção de paisagem para muitos outros geógrafos, é que ela ultrapassa em muito aquilo que se vê, abarcando os aspectos invisíveis, e a partir daí se imbricam, harmonicamente os objetos, as forças e os fenômenos do meio ecológico e social. Em outras palavras, estudar e analisar a paisagem consiste em englobar o maior número possível de informações de natureza diversa (DIAS, 2003).

Portanto, reduzir a concepção de paisagem dentro da Geografia apenas ao que é visível, ao percebido, ao externo, resulta por inibir a análise de sua própria dinâmica, excluindo todos os processos que envolvem a sua evolução e o seu conteúdo dialético.

Aprofundando a abordagem conceitual da paisagem, Santos (1996) considera essa categoria tão importante a ponto de compará-la ao espaço, que é considerado pelo autor o mais interdisciplinar dos objetos concretos.

*Todos os espaços são geográficos porque são determinados pelo movimento da sociedade, da produção. Mas tanto a paisagem quanto o espaço resultam de movimentos superficiais e de fundo da sociedade, uma realidade de funcionamento unitário, um mosaico de relações, de formas, funções e sentidos (SANTOS, 1996, p.21).*

Em outro momento destaca ainda que

*A paisagem é um conjunto heterogêneo de formas naturais e artificiais; é formada por frações de ambas, seja quanto ao tamanho, volume, cor, utilidade, ou por qualquer outro critério. A paisagem é sempre heterogênea. A vida em sociedade supõe uma multiplicidade de funções e quanto maior o número destas, maior a diversidade de formas e de atores. A paisagem não é dada para todo o sempre, é objeto de mudança. É um resultado de adições e subtrações sucessivas. É uma espécie de marca da história do trabalho, das técnicas (SANTOS, 1996, p.29).*

A visão teórica apresentada por Milton Santos sobre a categoria paisagem deixa claro que não se pode tratar de questões somente pela ótica da natureza ou apenas das sociedades humanas que ali habitam. Necessário se torna tratar e apreender sobre esses locais em suas diversidades naturais e sociais no contexto da totalidade. Um planejamento ambiental no âmbito das Bacias Hidrográficas, por exemplo, deve envolver análises sobre questões sociais, culturais e econômicas, porque é nesse contexto das interações e das interdependências mútuas, que se atinge o entendimento da complexidade da totalidade de um determinado espaço territorial e sua funcionalidade.

O geógrafo Aziz AB'Sáber (2003), por sua vez, analisa o conceito de paisagem como uma herança, em sentido literal da palavra, herdada de processos fisiográficos, biológicos e patrimônio coletivo dos povos atuantes, culminando na configuração atual. Essa visão é particionada em duas abordagens; a primeira é a de que as

paisagens têm sempre um caráter de heranças associados a processos antigos remodelados e alterados por processos recentes. Os planaltos e compartimentos do Brasil são exemplos dessa configuração mais antiga, ao passo que as estruturas do período Quaternário dão o tom dos processos mais recentes. Concomitantemente, as comunidades e agrupamentos humanos nos últimos 7.000 anos também têm modificado de forma local/regional as paisagens.

A segunda abordagem diz respeito às fatias menores ou maiores herdadas pelas nações daquele mesmo conjunto paisagístico de longa elaboração fisiográfica e ecológica. *“Mais do que simples espaços territoriais, os povos herdaram paisagens e ecologias, pelas quais certamente são responsáveis, ou deveriam ser”*, afirma Ab’Sáber (2003, p. 23).

Diante disso, parece possível compreender que há de fato uma responsabilidade de toda a sociedade no sentido da utilização não predatória dessa herança única que é a paisagem. O pensamento do autor caminha na direção da procura do equilíbrio ecológico e usos racionais dos recursos naturais contidos na paisagem, sem flertar com extremismos ecológicos que podem trazer perdas e prejuízos econômicos.

A visão do professor Jurandyr Ross também possui suas bases situadas na confluência da Geografia com a Ecologia, combinando o global e o setorial, o qualitativo e o quantitativo integrando diferentes escalas de análises. Segundo ele, isso permite abarcar o meio em seu conjunto e melhor inserir as variáveis de sua utilização pela sociedade, visto que nessa relação não há conflitos nem justaposição, mas sim uma integração de fatores ecológicos com as análises social e econômica. É um posicionamento esclarecedor, ao definir que:

*As sociedades humanas, compostas por entes biológicos, fazem parte permanentemente dos componentes da natureza; por viverem em função dos fluxos de energia matéria, não podem ser vistas como elementos estranhos à natureza; ao contrário, devem ser entendidas como pertencentes a esse contexto e, portanto, como parte fundamental dessa dinâmica (ROSS, 2006, p.21).*

Fica estabelecido, portanto, que os espaços naturais vão sendo substituídos de forma progressiva a novos espaços produzidos, e que a natureza alterada favorece as

atividades econômicas diversas, que por sua vez, fornecem um novo arranjo no espaço físico-territorial, modificando permanentemente a paisagem. Entrementes, Ross (2006) destaca que essas intervenções humanas na paisagem, ocasionam na maioria das vezes desperdícios de recursos naturais, perda da qualidade ambiental e de vida a médio e longo prazo. Diante disso, o autor enfatiza a urgência de se ter uma perspectiva de planejamento econômico e ambiental do território em que as intervenções humanas sejam pensadas de forma sustentável com objetivos claros de ordenamento territorial, assinalando que:

*A ação humana, ao apropriar-se do território e de seus recursos naturais causa grandes alterações na paisagem natural com um ritmo muito mais intenso que aquele normalmente produzido pela natureza. As intervenções humanas alteram as intensidades dos fluxos energéticos e, com isso, geram impactos na natureza (ROSS, 2006, p. 53).*

Embasado nessas fundamentações teóricas de Santos, Ab'Sáber e Ross, a presente pesquisa se utilizará da paisagem como categoria de análise espacial. A unidade de planejamento referente à bacia hidrográfica certamente representa a síntese da relação estabelecida entre o homem (sociedade) e o meio ambiente (natureza). Nesse sentido, o conceito de paisagem é o que melhor se adequa para análise ora pretendida, pois a ação do homem na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu tem deixado marcas, modificando a dinâmica e alterando o uso e a cobertura da terra.

Para responder os “porquês” ou “de que forma” essas modificações acontecem na bacia, o uso de imagens de satélites constitui-se uma ferramenta eficaz e de grande importância nesses estudos. De acordo com Dias (2003, p. 16) “*uma imagem de satélite traz aos olhos do pesquisador elementos da paisagem sob a forma de pixels que fornece uma visão global de seus componentes, incluindo aqueles não visíveis ao olho humano*”.

As imagens orbitais oferecem ainda um ponto de vista diferente do habitualmente observado: é possível ter uma visão de cima, que permite avaliar de forma mais ampla e analítica a distribuição, organização e características da paisagem.

Da relação entre paisagem e o uso de imagens de satélites é possível extrair um conceito inovador que instiga a reflexão sobre análises temporais de uma determinada paisagem a partir de uma abordagem holística e integradora. Mediante a utilização de técnicas adequadas de SR, é possível detectar, cartografar e analisar a configuração/estrutura da paisagem (NETO, 2010).

Esse é o grande desafio deste trabalho, além de identificar e mapear as alterações na paisagem e seus diversos padrões, tentar expor os motivos de uma dinâmica tão grande na Bacia do Rio Jucu, em áreas onde, legalmente, não seriam passíveis de intervenções tão drásticas em sua paisagem.

Por isso, esta pesquisa irá lidar de forma intrínseca com o conceito de paisagem atrelada às imagens de satélites, uma vez que a análise da cobertura florestal da bacia do Rio Jucu representa alcançar uma resposta visível de ações antrópicas que vêm modificando a paisagem. Salienta-se que os fatores invisíveis como o fomento de atores políticos e sociais, aliados a uma possível influência de forças produtivas, também serão analisadas no decorrer desse trabalho.

## **4.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS**

Desde a promulgação da Lei Federal nº 9433/1997 e da Resolução nº 001/1986 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), a bacia hidrográfica no Brasil é considerada como unidade de planejamento territorial. Entretanto, os conceitos e definições que reportam às bacias hidrográficas são bem antigos, ao passo que as maiores contribuições datam de meados do século XX (DEINA, 2013). Diversos autores como Christofolletti (1974; 1981), Coelho Netto (2005) e Cunha (2003; 2005), integram a lista de estudiosos ligados a essa temática.

Diversas definições de bacias hidrográficas foram formuladas ao longo dos anos apresentando múltiplas abordagens, destacando fatores que vão do físico ao ecológico. É reconhecido que o conceito tem sido expandido na medida em que o seu uso cresce nas pesquisas científicas e nos programas governamentais de ordenamento territorial. Seja em diferentes aplicações, o fato é que a bacia

hidrográfica deve ser entendida como sistema interligado, sendo subdividido para a facilitação de diagnósticos e o monitoramento de recursos naturais.

Para Barrela (2001) o conceito de bacia hidrográfica é definido por:

*Um conjunto de terras drenadas por um rio e afluentes, formadas em partes altas do relevo por divisores de água, onde as mesmas ou escoam superficialmente formando riachos e rios ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático (Barrela, 2001, p. 45).*

Tal concepção é similar à apresentada por Suguio e Bigarella (1990, p. 55), para os quais é “a área abrangida por um rio ou por um sistema fluvial composto por um curso principal e seus tributários”.

Atualmente, o caráter integrador das bacias hidrográficas é considerado como excelente unidade de gestão dos elementos naturais e sociais, pois nessa perspectiva, é possível acompanhar as alterações introduzidas pelo homem no ambiente natural. (GUERRA; CUNHA, 1996). Assim, essa abordagem passa a considerar também a bacia hidrográfica como importante recorte espacial para a pesquisa geográfica, priorizando a interpretação da conexão de todos os elementos que compõem a natureza com a sociedade.

O resultado dessa relação, como já mencionado, se materializa quase sempre na forma de degradação ambiental nas bacias hidrográficas, com a retirada da cobertura florestal, perda da qualidade do solo e da água. Na Bacia do Rio Jucu tal fato também é latente e Deina (2013), afirma que:

*No Espírito Santo, a bacia hidrográfica do rio Jucu ao longo da sua história de uso e ocupação da terra, sofreu várias mudanças iniciadas pela ação da sociedade para atender as suas demandas de produção e reprodução social e conseqüentemente do capital, como por exemplo, através do desmatamento de grandes áreas e de matas ciliares para introdução de pastagens, plantios, indústrias, moradias, construção de estradas e intervenções diretas no rio através da construção de barragens e canais (DEINA, 2013, p. 32).*

Diante do exposto, fica evidente que a forma como a sociedade se relaciona com os recursos naturais parece atender aos interesses econômicos de diversos stakeholders, seja na substituição da cobertura florestal por novos espaços agrícolas

ou parcelamento do solo para fins imobiliários. Por sua vez, em um ritmo mais lento que os processos modificadores, a natureza sugere uma ação contrária no sentido de responder a essa relação danosa imposta pelo homem.

Considerando a complexidade dessa relação dialética, a presente pesquisa irá se ancorar no conceito de que a bacia hidrográfica deve ser compreendida com base não só nos parâmetros ambientais, mas também nos aspectos sociais, visto que a sociedade é igualmente elemento integrante e agente de interferência na bacia.

### 4.3 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E DESMATAMENTO

Os ambientes naturais mostravam-se, via de regra, em estado de equilíbrio dinâmico<sup>4</sup> até o momento em que as sociedades humanas passaram a intervir cada vez mais frequente e intensamente na exploração dos recursos naturais, objetivando a geração de riquezas, conforto e lazer. A tecnificação aliada à sofisticação dos padrões produtivos e o aumento demográfico vêm exercendo maior pressão no sentido da busca por recursos energéticos e matérias primas. Esse cenário tem causado ao planeta profundos processos degenerativos da natureza (ROSS, 2006).

Para Cândido (2008) a degradação ambiental é o impacto ambiental negativo gerado pelas modificações dos parâmetros do seu equilíbrio. Processos destrutivos como o desmatamento estão cada vez mais presentes no contexto de bacias hidrográficas. Essa prática, em sua maioria de forma ilegal, traz prejuízos irreversíveis a esses ambientes lóticos provocando a diminuição da diversidade dos recursos naturais (AQUINO; PADOVANI, 2005). Sobre esse assunto Moraes e Lorandi discorrem que:

*Na medida em que altera os processos ecológicos, a fragmentação florestal em uma dada paisagem desequilibra a própria estrutura e funcionamento do cenário biótico, provocando não só grande suscetibilidade dos fragmentos a distúrbios externos, mas até a extinção de espécies nativas caso o processo de desmatamento não seja freado (MORAES; LORANDI, 2016, p.44.).*

---

<sup>4</sup> O princípio do Equilíbrio Dinâmico proposto por G. K. Gilbert 1877, quando utilizado para explicar feições de paisagens não corresponde propriamente a um modelo evolutivo que descreve as transformações do relevo ao longo do tempo. Na realidade, seu objetivo maior é demonstrar que os mecanismos que desencadeiam a esculturação das paisagens estão circunscritos aos princípios físicos de causa e efeito, ou de um sistema aberto, que pressupõe reajustes das feições da paisagem na medida em que há modificações nas trocas de energia entre esta e as forças que atuam sobre a mesma (endógenas e exógenas). (Gilbert 1877).

Ao longo de mais de 500 anos de incremento da sociedade brasileira a degradação ambiental parece ter caminhado ao lado dos diferentes estágios do desenvolvimento do país; e, os diferentes ciclos econômicos deixaram cicatrizes que testemunham o caráter predatório para com os recursos naturais abundantes à época.

Da cana-de-açúcar nos primórdios da colonização à marcha da soja, o percurso deixou marcas significativas na paisagem, como solos empobrecidos pela erosão, vasta rede urbana e densa malha rodoferroviária, extensas pastagens e monoculturas, que por sua vez trazem problemas econômicos, sociais e ambientais (ROSS, 2006).

Em âmbito local, o estado do Espírito Santo foi marcado por um processo continuado de perda de sua cobertura florestal, apesar das limitações territoriais e das ausências de infraestrutura integradora ao restante do país, observadas nos períodos coloniais e imperiais do Brasil (FERREIRA; SILVA, 2011). A ocupação tardia proporcionou ao estado um lapso temporal maior na conservação dos ecossistemas, mas não impediu sua degradação.

A história de devastação do Espírito Santo remonta ao do início de sua colonização, unindo assim o estado ao território brasileiro em um passado trágico, responsável pelo desaparecimento assombroso das formações vegetais não só da Mata Atlântica, mas de outros Biomas país afora.

Diante das múltiplas transformações ocorridas e da integração de tantas variáveis em ecossistemas como as bacias hidrográficas, o uso dos produtos oriundos do SR torna-se cada vez mais essenciais. Becker (2002) enfatiza ainda a aplicação do SIG nos estudos de ecologia e manejo de bacias, destacando a possibilidade de se trabalhar com escalas espaciais e temporais, visando à compreensão de processos ecológicos e antrópicos que ocorrem em escalas diferentes.

#### **4.3.1 DESMATAMENTO POR CORTE RASO**

De acordo com o Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica (PRODES) o conceito de desmatamento é definido como a *conversão por supressão de áreas de fisionomia florestal primária por ações antropogênicas*. Por isso, é preciso incluir não

apenas os processos mais óbvios de serem identificados, mas também o gradiente da degradação florestal, resultante pela contínua exploração madeireira e de incêndios florestais.

O desmatamento produz na paisagem florestal um distúrbio que termina, segundo Lambin (1999), na remoção do dossel florestal, e conforme aumenta este distúrbio mais heterogênea a paisagem se torna, até o momento em que a floresta praticamente desaparece. No diagrama na figura abaixo é possível analisar essa disfunção produzida pelo desflorestamento.

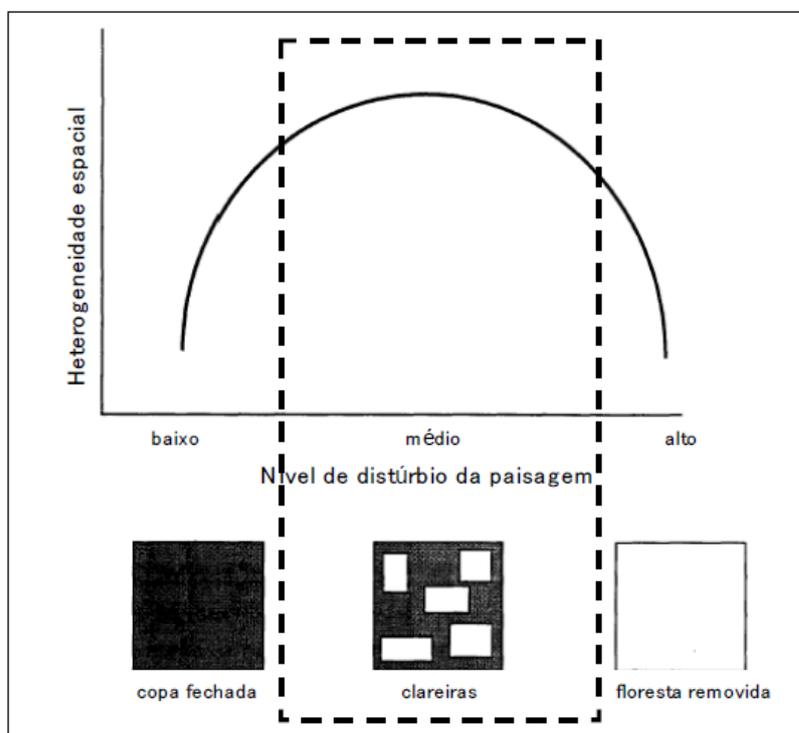


Figura 17: Relação entre o nível de distúrbio e a heterogeneidade da paisagem observada por sensoriamento remoto, medida em uma mesma resolução espacial. Fonte: Lambin (1999).

Nos estudos e programas que monitoram a cobertura florestal são considerados dois tipos de desmatamento, o corte raso e a degradação florestal. O primeiro é o alvo das análises contidas nessa dissertação, muito em função das características que acompanham tal processo. Nas ações de corte raso a cobertura florestal é totalmente removida e substituída por outros usos (agrícolas, pastagem parcelamento do solo para fins imobiliários, etc.), ou até mesmo pode entrar em um processo de regeneração.

De um modo geral no processo de desmatamento por corte raso, tanto as árvores de maior porte quanto as de menor tamanho, são retiradas por motosserras e tratores que deixam cicatrizes bem evidentes em imagens de satélites ou fotos panorâmicas, contrastando com a floresta do seu entorno, tornando-o um evento relativamente de fácil detecção tal como observado na figura 18.



Figura 18: Foto panorâmica de corte raso em fragmentos de Mata Atlântica. Fonte: IDAF, 2020.

#### 4.4 CONCEITO E APLICAÇÕES DO SENSORIAMENTO REMOTO

Para Moraes (2002), o sensoriamento remoto pode ser entendido como um conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre, sem a necessidade de contato direto com esses alvos. A referida autora destaca ainda que essas atividades envolvem a detecção, aquisição e análise das informações interpretadas, que por sua vez, são resultados da energia eletromagnética refletida pelos objetos e registradas pelos sensores.

*Essas interações são determinadas pelas propriedades físicoquímicas e biológicas desses objetos e podem ser identificadas nas imagens e nos dados de sensores remotos. Portanto, a energia eletromagnética refletida e emitida pelos objetos terrestres é a base de dados para todo o processo de sua identificação, pois ela permite quantificar a energia espectral refletida e/ou emitida por estes, e assim avaliar suas principais características. Logo os sensores remotos são ferramentas indispensáveis para a realização de inventários, de mapeamento e de monitoramento de recursos naturais. (MORAES, 2002, p. 7.).*

Motivo pelo qual, a proposta conceitual será ancorada sob a ótica do SR como ferramenta que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície

terrestre, por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética (REM) com os alvos terrestres, sendo irrelevante o método de aquisição dessa informação, seja oriunda de imagens orbitais ou de aeronaves. Seguindo esse raciocínio, o SR neste nível, permite a repetitividade das informações bem como um melhor monitoramento dos recursos naturais para grandes áreas da superfície terrestre, permeando assim entre diversas áreas do conhecimento.

Tabela 7: Aplicações do SR.

<b><i>Campo de Pesquisa</i></b>	<b><i>Utilização do Sensoriamento Remoto</i></b>
<b>Urbano</b>	Inferência demográfica, cadastro, planejamento urbano, suporte ao setor imobiliário
<b>Agrícola</b>	Condições das culturas, previsão de safras, erosão de solos.
<b>Geológico</b>	Minerais, petróleo, gás natural.
<b>Ecológico</b>	Regiões alagadas, solos, florestas, oceanos, águas continentais.
<b>Vegetação</b>	Produção de madeira, controle de desflorestamento, estimativa de biomassa.
<b>Cartográfico</b>	Mapeamento topográfico, mapeamento temático, atualização de terra.
<b>Oceanográfico</b>	Produtividade primária, monitoramento de óleo, estudos costeiros, circulação oceânica.
<b>Hidrológico</b>	Mapeamento de áreas afetadas por inundações, avaliação de consumo de água por irrigação, modelagem hidrológica.
<b>Limnológico</b>	Caracterização da vegetação aquática, identificação de tipos de água; avaliação do impacto do uso da terra em sistemas aquáticos.

Fonte: (NOVO, 2008: 6 e 7).

Na tabela 7 acima, é possível exemplificar os principais usos do SR nas diferentes áreas do conhecimento, no entanto, é importante salientar que para cada finalidade dos estudos, a escolha das informações dessa ferramenta deve seguir exigências básicas como: resolução espacial, temporal, espectral e radiométrica, além de faixa imageada e cobertura de nuvens.

O desenvolvimento do SR é resultado, em grande parte da Guerra Fria entre Estados Unidos e União Soviética, que perdurou de 1945 a 1989. No intuito de vigiar o território inimigo, os dois países produziram os primeiros satélites espões, dando origem ao SR orbital (JACINTHO, 2003). Com o passar dos anos e o fim dos principais conflitos mundiais, essas tecnologias ficaram disponíveis para o uso civil, o que fomentou o impulso tanto de novos sensores quanto de produtos para o levantamento e quantificação dos recursos naturais.

Na década de 1970, o sistema da série LANDSAT tornou-se um marco nos estudos de SR, operando de forma multiespectral com média de 18 dias de resolução temporal, permitindo assim uma contínua atualização da observação dos recursos naturais. No Brasil, o projeto RADAMBRASIL na mesma década, também revolucionou as pesquisas ligadas ao mapeamento dos aspectos naturais. O levantamento foi realizado por intermédio de radar embarcado em aeronave e os dados coletados a partir dessa iniciativa contaram com informações sobre recursos minerais, solos, vegetação, uso da terra e cartografia dessas regiões. Os produtos gerados (mapas temáticos) ainda hoje são parâmetros para a análise dos recursos naturais no território brasileiro.

Ainda por meio do projeto RADAMBRASIL foi que o SR nos estudos da vegetação foi utilizado com significativa contribuição do levantamento de classes fisionômicas da vegetação em todo território nacional (PONZONI; SHIMABUKURO, 2009).

Posteriormente, iniciativas de monitoramento da cobertura florestal utilizando essas técnicas se consolidaram como ferramentas capazes de fornecer uma visão sinótica que permite observar grandes, médias e até mesmo pequenas áreas, com eficiência superior se comparado com técnicas como fiscalizações em campo.

Atualmente, o PRODES e o Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER) são programas que realizam o inventário de perda florestal usando imagens de satélites, objetivando a estimativa da taxa anual de desmatamento por corte raso na Amazônia brasileira.

Como discorrido, a utilização das técnicas de SR consolidou-se como ferramenta eficiente e sistemática para análises espaciais e no monitoramento dos recursos florestais. A aplicação dessas técnicas envolvendo o estudo da vegetação se baseia na compreensão dos fundamentos do próprio SR, os quais são frutos de processos complexos que envolvem muitos parâmetros e critérios técnicos.

#### 4.5 FUNDAMENTOS DO SENSORIAMENTO REMOTO

O Sol e o planeta Terra são as duas principais fontes naturais de energia eletromagnética utilizadas no SR da superfície terrestre, também denominada de radiação eletromagnética (REM). Para extrair informações de um local ou mesmo existir o SR, é necessário que haja a interação da energia eletromagnética com os diferentes objetos, que podem ser denominados “alvos” conforme literatura respectiva. Esses alvos podem ser os diferentes recursos naturais como água, vegetação, os solos e as rochas (PONZONI, 2012).

A energia eletromagnética é ordenada em função do comprimento de onda ou frequência, sendo esta disposição também conhecida como espectro eletromagnético. As divisões do espectro foram arbitrariamente divididas em intervalos de comprimento de onda, com base nos mecanismos geradores da energia eletromagnética e nos mecanismos físicos de sua detecção (MORAES, 2002). Em SR, é essencial conhecer os valores dos comprimentos de onda desses intervalos, as denominações que recebem e quais são possíveis de serem detectados por cada tipo de sensor.

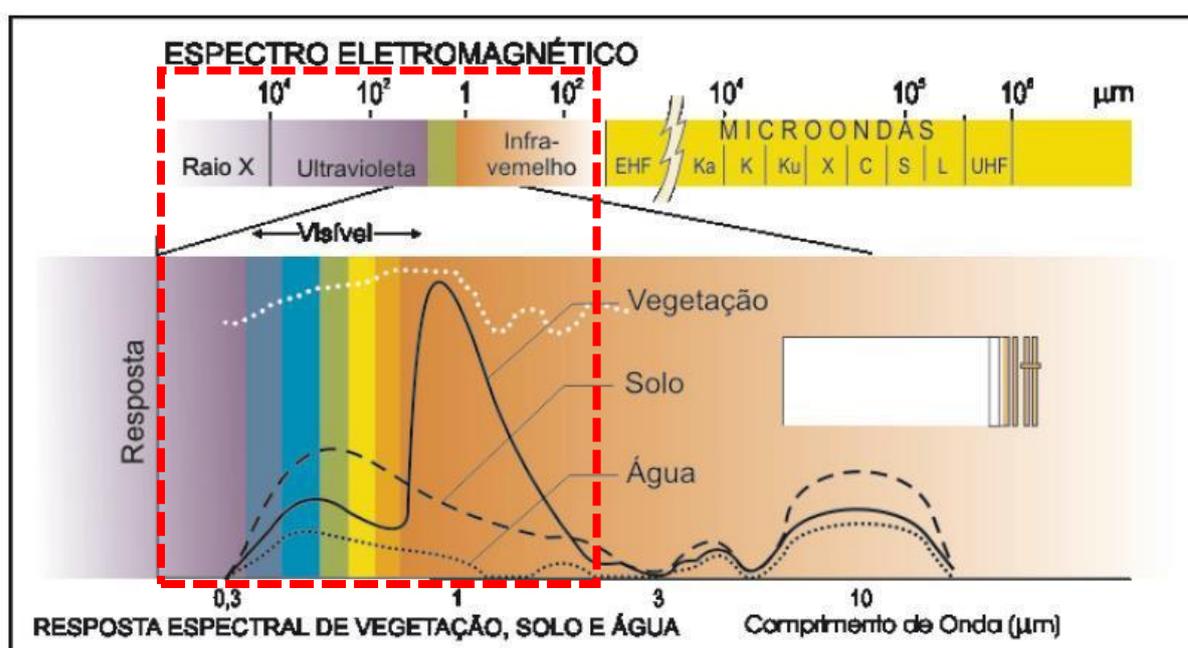


Figura 19: Espectro eletromagnético e suas subdivisões. Fonte: MORAES, 2002.

De acordo com a figura 19 acima, é possível visualizar a existência das regiões do espectro eletromagnético, alvos e os intervalos de cada faixa. Nesse estudo, a discussão ficará restrita às regiões do visível e do infravermelho próximo onde ocorrem as principais interações entre a vegetação e a REM. O conjunto de radiações eletromagnéticas compreendidas entre 0,39 e 0,70  $\mu\text{m}$ , a região do visível, ao incidir no sistema visual humano, é capaz de provocar uma sensação de cor no cérebro (MOREIRA, 2005), associada aos seguintes intervalos espectrais:

- violeta: 0,38 a 0,45  $\mu\text{m}$ ;
- azul: 0,45 a 0,49  $\mu\text{m}$ ;
- verde: 0,49 a 0,58  $\mu\text{m}$ ;
- amarelo: 0,58 a 0,6  $\mu\text{m}$ ;
- laranja: 0,6 a 0,62  $\mu\text{m}$ ; e,
- vermelho: 0,62 a 0,70  $\mu\text{m}$ .

Nessa região, os pigmentos da vegetação existentes nas folhas dominam a reflectância<sup>5</sup>. Esses pigmentos geralmente encontrados nos cloroplastos são: clorofila (65%) carotenos (6%) e xantofila (29%), podendo variar de espécie para espécie vegetal. Por meio da fotossíntese, a energia é absorvida seletivamente pela clorofila e se converte em calor, fluorescência e energia armazenada (PONZONI, 2012). Os pigmentos que predominam na planta, absorvem radiação na região do azul, mas somente a clorofila absorve na região do vermelho, daí a importância dessa banda nos estudos da vegetação.

#### 4.5.1 RESPOSTA ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO

Segundo Meneses (2001), quando a radiação solar incide na atmosfera, parte dessa radiação é espalhada e/ou refletida pelas substâncias atmosféricas. A outra parte atravessa a atmosfera e é espalhada/refletida pelo dossel e pelo solo. Assim embasado, há de se considerar que um dossel é constituído por folhas, flores, galhos,

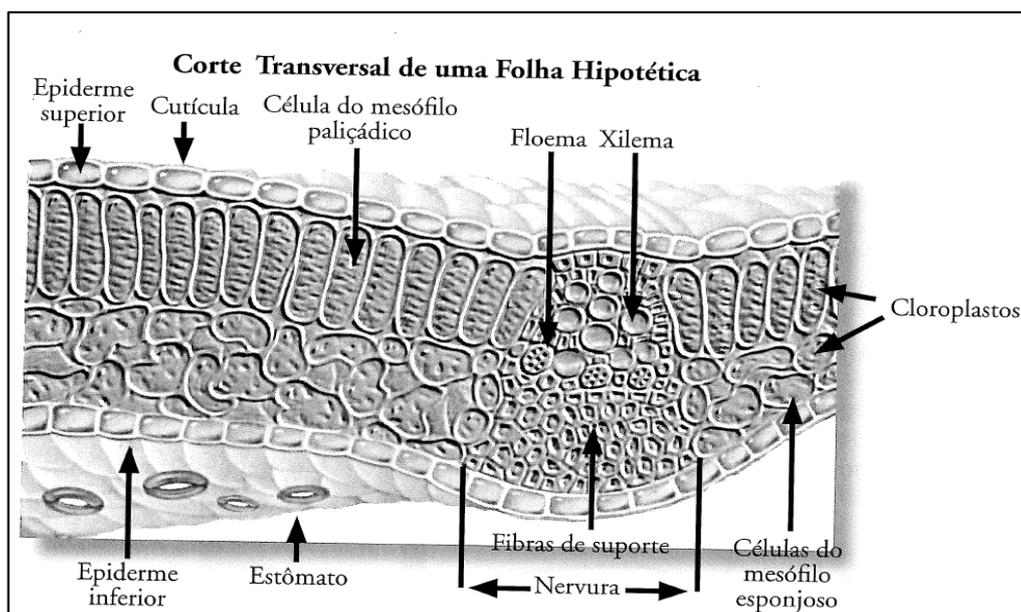
---

<sup>5</sup> A reflectância é uma propriedade de um determinado objeto de refletir a REM sobre ele incidente e é expressa por meio dos chamados fatores de reflectância ( $\rho$ ) que por sua vez, podem ser expressos em termos espectrais. (PONZONI, 2012).

frutos etc., e quando um fluxo de radiação incide sobre estes elementos, estará sujeito a dois processos: espalhamento (reflexão e transmissão) e absorção.

Sabe-se que de todos os órgãos existentes em uma planta, as folhas são aquelas que possuem a função de viabilizar a interação com a REM além de ser um órgão fotossintetizante por excelência (JENSEN, 2009). Empregar-se-á aqui dois níveis de análises: um referente a uma única folha extraída de uma planta e a outra sobre o comportamento do dossel, por entender que antes de aprofundar-se nas discussões sobre a resposta espectral da vegetação, torna-se importante compreender os aspectos morfológicos de uma folha.

As imagens abaixo orientam e mostram as principais organelas que compõem uma folha, que por sua vez desempenham diferentes impactos na absorção e reflectância da luz para a geração de alimentos via fotossíntese.



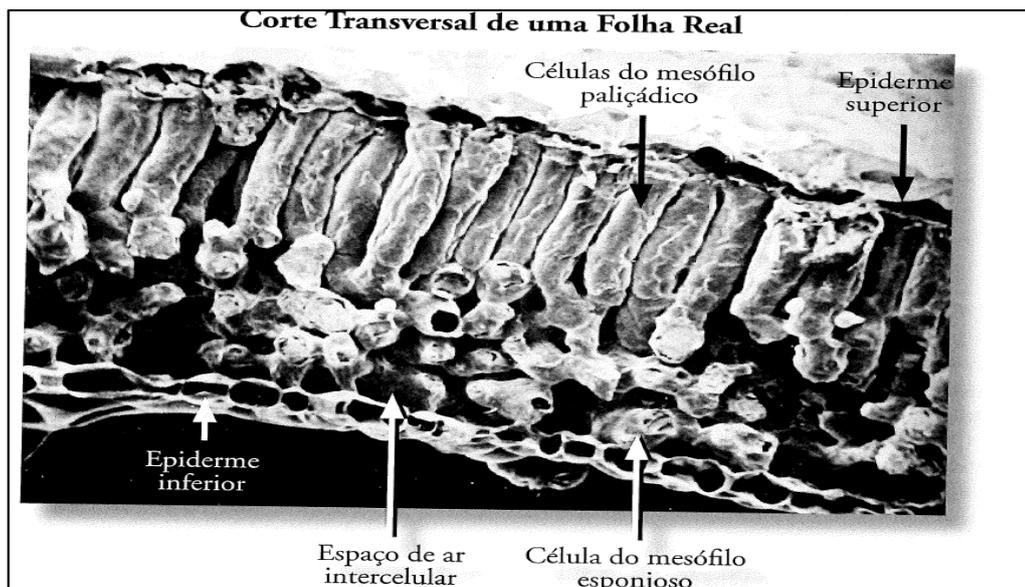


Figura 20: Cortes esquemáticos de uma folha isolada. Fonte: Jansen, 2009

Nas células vegetais é possível verificar que existem diferentes tecidos, como a epiderme e cutícula que são as primeiras faces voltadas para cima, e conseqüentemente recebem maior quantidade de REM provinda do Sol. Logo abaixo, aparecem as células do mesófilo paliçádico e mesófilo esponjoso, que tem suas lacunas preenchidas tanto por gases, como  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$ , quanto por água, resultantes dos processos de respiração e de transpiração. Nas últimas camadas, encontram-se a epiderme inferior e outras estruturas foliares.

Pensando na trajetória de um feixe de REM quando atinge a folha, a radiação encontra diferentes substâncias em diferentes camadas. Sabe-se que a água e o ar possuem diferentes índices de refração, o que acarreta frequentes alterações na trajetória de um feixe de radiação incidente à medida que trafega de um meio para o outro. Nesse sentido, a radiação tenderá a atravessar totalmente a folha, seguindo uma trajetória errante dentro dela, a qual será interrompida totalmente, caso seja capturado pelos pigmentos fotossintetizantes.

Essa absorção da REM pela ação dos pigmentos fotossintetizantes se verifica somente na região do visível. Entretanto, nem toda a radiação aí incidente é absorvida por esses pigmentos, e parte dessa energia chega a atravessar totalmente a folha.

Necessário, portanto, se faz analisar o comportamento desse feixe na região do infravermelho próximo ( $0,72 \mu\text{m} - 1,1 \mu\text{m}$ ).

Na região do infravermelho próximo, ocorre pouca absorção da REM e considerável espalhamento interno da radiação na folha. Verifica-se também que há pouca absorção de água e maiores valores de reflectância, resultado de uma maior interação do feixe de luz com as estruturas internas da folha, principalmente com as células dos mesófilos que contêm água e gases anteriormente mencionados. Logo, em composições de imagens orbitais que utilizam a banda do infravermelho próximo, a resposta da vegetação será melhor evidenciada pelos motivos acima citados (MENESES, 2001).

Percebe-se, portanto, que o processo de interação entre a REM e a folha e sua estrutura celular pode e deve ser analisado sob a ótica da absorção, da transmissão e da reflexão dessa radiação. Essa análise conjunta desses três fenômenos compõe aquilo que se denomina como estudo do comportamento espectral da vegetação, cuja diferenciação poderá ser melhor compreendida na figura abaixo:

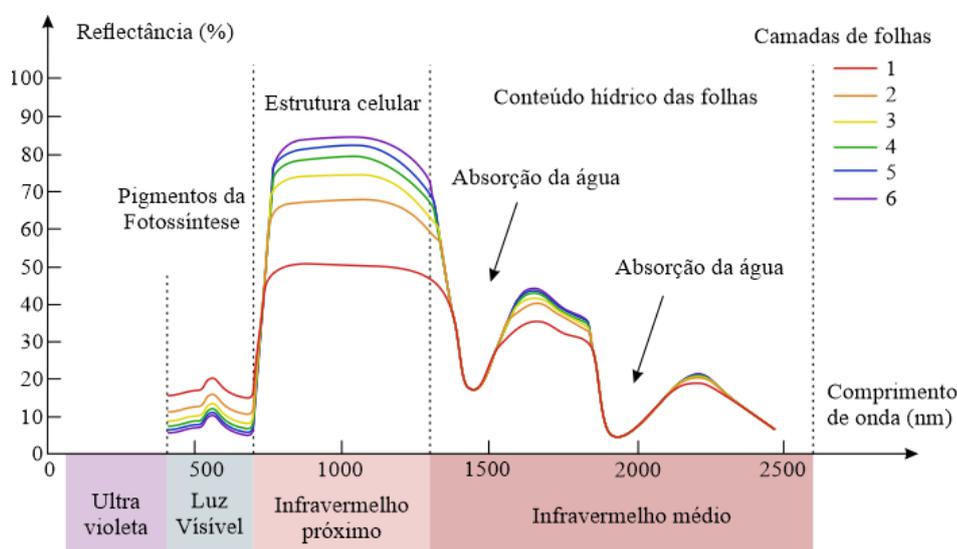


Figura 21: Espectro de absorção de alguns pigmentos: Fonte: Gates, et. al. (1965)

As discussões apresentadas até o momento se referiram ao comportamento de uma única folha como unidade da vegetação e a aplicação das técnicas de sensoriamento remoto, entretanto, é importante incluir a compreensão da interação da REM e os diversos tipos de dosséis. Visando manter a coerência com os objetivos da pesquisa,

as análises serão direcionadas aos dosséis do porte florestal, uma vez que a fisionomia pertence ao bioma Mata Atlântica.

Em um dossel de porte florestal são encontradas duas ou mais camadas de folhas sobre a superfície, sendo que essas não são totalmente opacas tanto na região do visível quanto no infravermelho próximo. Sendo assim, à medida que a REM atinge suas camadas inferiores, acarretará a diminuição da reflectância de toda energia, ou maior absorção na região do visível.

Porém, na região do infravermelho, o fenômeno se inverte, pois nessa faixa do espectro, a vegetação pouco absorve e muito reflete a radiação incidente, demasiado em razão do aumento da oferta de água e dos pigmentos fotossintetizantes no conjunto de folhas.

O comportamento espectral do dossel florestal é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais como: fonte de radiação, atmosfera, a própria estrutura do dossel, o solo e as características do sensor representadas pelo ângulo de visada, calibração e etc. (GOEL, 1988). Não obstante, quando comparados os níveis de reflectância de uma folha verde sadia com as medições espectrais dos dosséis, ambos apresentam formas muito semelhantes.

Portanto, um dossel vegetal apresenta valores de reflectância relativamente baixos na região do visível, devido à ação dos pigmentos fotossintetizantes que absorvem a REM para a realização da fotossíntese. Isto é evidenciado pela tonalidade escura nas imagens obtidas nesta região. Nas imagens da região do infravermelho próximo verifica-se que estes valores se apresentam elevados devido ao espalhamento interno sofrido pela REM em função da disposição da estrutura morfológica da folha, aliado ainda ao espalhamento múltiplo entre as diferentes camadas de folhas (PONZONI, 2002).

Capazes de integrar as particularidades relativas ao comportamento espectral da vegetação, as câmeras que compõem o sistema CBERS4 possuem quatro bandas espectrais, entre elas a Infravermelho próximo (NIR) que opera entre 0,77 – 0,89  $\mu\text{m}$ . Esse aperfeiçoamento do sistema permite, portanto, compor imagens em que a

vegetação assuma tonalidade de destaque frente aos outros recursos naturais, facilitando a interpretação técnica em aplicações ligadas à área florestal.

#### **4.5.2 SISTEMA CBERS4**

No decorrer das últimas décadas, o planeta Terra passou a ser observado e vistoriado pelos mais diferentes sensores imageadores, que praticamente capturam grande parte do que acontece na superfície terrestre. O sensoriamento remoto trouxe, sem dúvida alguma, inúmeros benefícios e meios mais eficazes de monitoramento dos recursos naturais. Todavia, os altos custos para implantação dessa tecnologia, limitam os países em desenvolvimento a implementar programas e equipamentos em SR.

Na tentativa de reverter esse contexto, Brasil e China assinaram em 6 de julho de 1988, um acordo e parceria envolvendo o INPE e a Academia Chinesa de Tecnologia Espacial (CAST) para o desenvolvimento de um programa de construção de dois satélites avançados de SR, denominado Programa CBERS 1 e 2. Já em 2002, foi assinado um novo acordo para continuação do programa CBERS, com a construção de mais dois novos satélites, os CBERS 3 e 4 (INPE, 2021).

Os satélites CBERS 3 e 4 representam uma evolução em relação aos satélites CBERS 1 e 2. Para o CBERS4 são utilizadas, no módulo carga útil, quatro câmeras: Câmera Pancromática e Multiespectral (PAN), Câmera Multiespectral Regular (MUX), Imageador Multiespectral e Termal (IRS) e Câmera de Campo Largo (WFI), com desempenhos geométricos e radiométricos melhorados. Na figura abaixo é possível visualizar o satélite em questão:

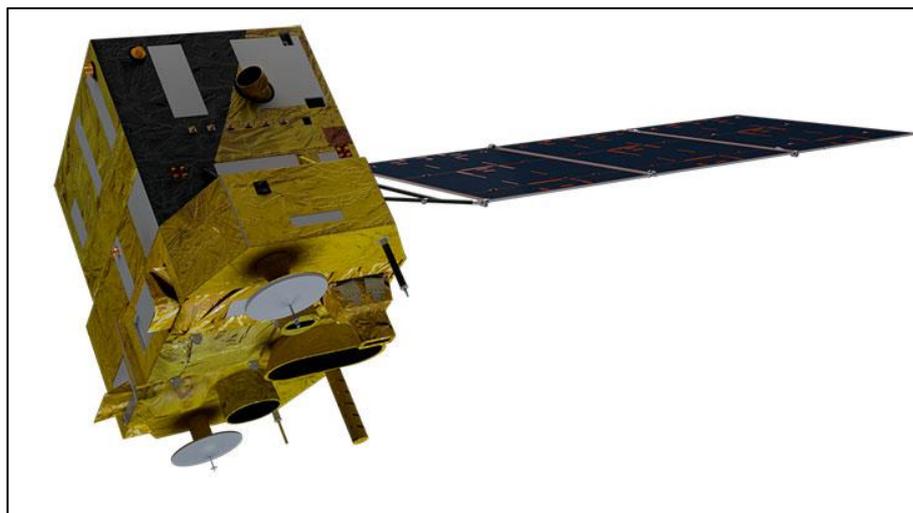


Figura 22: imagem do satélite CBERS4. Fonte: INPE, 2021.

De acordo com o INPE, o CBERS4 opera em uma órbita sol-síncrona, recorrente e congelada, com os seguintes parâmetros nominais:

- Altitude: 778 km;
- Inclinação: 98,504 graus;
- Hora local no nodo descendente: 10h30 a.m.;
- Repetição do ciclo: 26 dias;
- Revoluções/dia:  $14 + 9/26$ ;
- Semi-eixo principal (média): 7148,865 km;
- Excentricidade:  $1,1 \times 10^{-3}$ ;
- Erro de excentricidade:  $< 0,0001$ ;
- Argumento do perigeu:  $90^\circ$ ;
- Erro do argumento do perigeu:  $< 5^\circ$ ;
- Estabilidade da hora local no nodo descendente:  $\pm 10$  minutos;
- Período orbital: 100,26 minutos;
- Distância inter-faixas no equador: 106,25 km;
- Intervalo entre faixas adjacentes: três dias; e,
- Estabilidade do traço no equador:  $\pm 5$  km.

Embora todos os parâmetros sejam descritos, alguns devem ser destacados levando em consideração os objetivos da presente dissertação. A primeira delas é a sol-

sincronicidade, que assegura uma uniformidade de iluminação durante a visada, visto que o ângulo entre o plano da órbita e a linha que une o centro da Terra ao Sol é constante durante todo o percurso.

Tabela 8: Características do Sensor CBERS4

<b>Característica</b>	<b>Dado</b>
<b>Bandas Espectrais</b>	B01: 0,51 - 0,85 $\mu\text{m}$ B02: 0,52 - 0,59 $\mu\text{m}$ B03: 0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ B04: 0,77 - 0,89 $\mu\text{m}$
<b>Largura da Faixa Imageada</b>	60 km
<b>Resolução Espacial</b>	5 m (B01)/10 m (B02,B03,B04)
<b>Visada Lateral de Espelho</b>	$\pm 32^\circ$
<b>Taxa Bruta de Dados (Mbit/s)</b>	140 Mbit/s (B01) 100 Mbit/s (B02,B03,B04)

Fonte: INPE, 2021.

Outro parâmetro de destaque é a repetição ou resolução temporal do CBERS4, fixado em 26 dias, o que promove uma regularidade previsível de aquisição de imagens para quase todo o globo. Por fim, a hora local para o cruzamento do equador foi fixada em 10h30, o que estabelece uma relação de compromisso entre um valor satisfatório de irradiância solar, contraste entre alvos, e presença de nuvens.

No que tange aos sistemas imageadores, as quatro câmeras conferem ao CBERS4 certa complexidade em termos de imageamento, todavia, verifica-se uma complementação entre si, fornecendo aos usuários uma gama de benefícios muito interessantes. Nesse trabalho, utilizaram-se as imagens da câmera PAN e na tabela 8 é possível verificar as características desse sensor a bordo do CBERS4:

Conforme a tabela acima, essa câmera apresenta a melhor resolução espacial entre o sistema CBERS, com cinco metros na banda pancromática e dez metros nas multiespectrais. Essas características ampliam o potencial de estudos que necessitam de um nível de detalhe mais apurado, pois promovem a possibilidade de procedimentos de fusão entre as imagens resultando em imagens multiespectrais de cinco metros de resolução espacial.

Face ao cenário descrito, percebe-se que os sistemas sensores CBERS4 trouxeram significativos avanços para a comunidade científica em todo o país. No Brasil, praticamente todas as instituições ligadas aos estudos ambientais e recursos naturais

são usuárias desse catálogo de imagens orbitais. As imagens CBERS4 são utilizadas em importantes aplicações como o controle de queimadas na Amazônia Legal, o monitoramento de recursos hídricos, crescimento urbano, o uso e a cobertura da terra, entre muitos outros (INPE, 2021).

Todas as proposições e estudos que utilizam as técnicas de SR devem pressupor materiais e métodos para alcançar os objetivos propostos. Motivo pelo qual, citando Gil (1999), a investigação científica depende de um conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos para que isso ocorra. Sendo assim, o próximo capítulo versará sobre a operacionalização, procedimentos e elementos utilizados na construção da dissertação.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

O planejamento e a execução de uma pesquisa são partes integrantes de um processo de sistematização que compreende algumas etapas que podem ser melhor percebidas no fluxograma contido na figura abaixo:

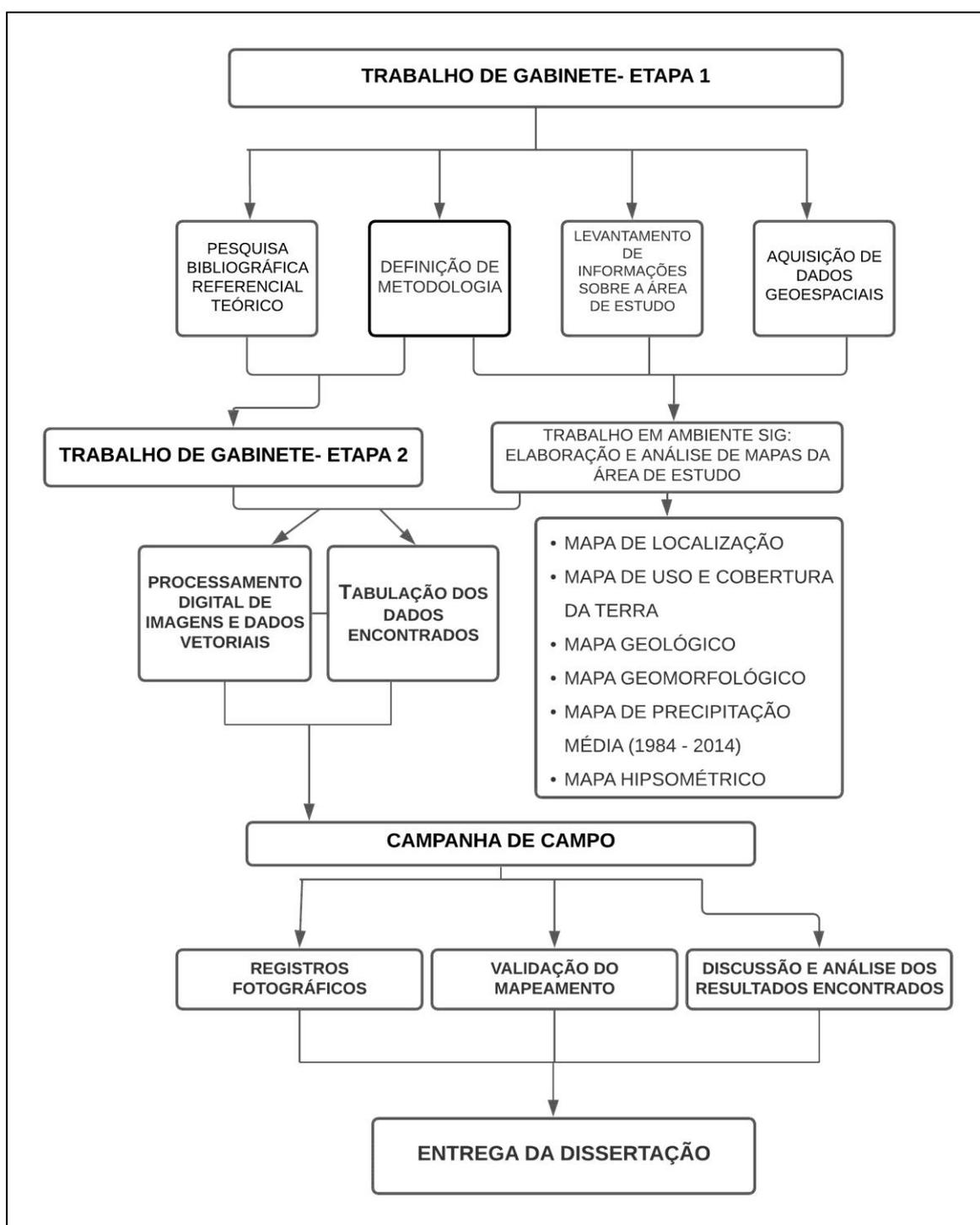


Figura 23: Fluxograma metodológico. Fonte: João Marcos A. Chipolesch

## 5.1 TRABALHO DE GABINETE – ETAPA 1

A primeira etapa do trabalho de gabinete se refere à revisão da literatura sobre o tema, considerada por Silva (2005) uma das mais importantes do projeto de pesquisa. Nesse sentido, foram consultados diversos materiais ao longo dos meses que antecederam a presente pesquisa, como livros, dissertações, teses, artigos publicados em periódicos e anais de eventos, reportagens tanto de mídia impressa quanto eletrônica. Lakatos e Marconi (2003,) afirmam que “[...] a pesquisa bibliográfica não é mera repetição daquilo que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras”.

Então, nessa fase o objetivo foi estabelecer uma base conceitual sólida que promovesse suporte as ulteriores análises e discussões dos resultados. Em paralelo às leituras realizadas, foram levantadas as informações referentes à Bacia Hidrográfica do Rio Jucu que compreende a área de estudo assinalada, material que compreende desde informações socioeconômicas a dados cartográficos da bacia:

- Mapas e relatórios geológicos e geomorfológicos do Projeto RADAMBRASIL (Vol. 32), escala 1.1.000.000, folhas SF. 23/24, Rio de Janeiro/ Vitória (1983);
- Modelo digital de terreno gerado a partir do mapeamento Sistemático e Temático IEMA 2012/2015, para confecção do mapa de hipsometria da bacia do Rio Jucu;
- Shapefile contendo o limite da bacia do Rio Jucu, disponibilizado junto ao Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Espírito Santo – GEOBASES/AGERH;
- Plano de Bacia Hidrográfica e Enquadramento<sup>6</sup> do Rio Jucu, disponível na página eletrônica da AGERH.

---

<sup>6</sup> O Enquadramento e o Plano de Recursos Hídricos são instrumentos que necessitam dos mesmos subsídios técnicos e, conforme a lei de recursos hídricos, devem ser elaborados com a participação da sociedade representada nos comitês de bacias hidrográficas. O Estado do Espírito Santo vem inovando ao elaborar ambos os instrumentos de forma conjunta e participativa otimizando a utilização dos recursos e implementando o planejamento nas bacias hidrográficas (AGERH, 2021).

## 5.2 APLICAÇÕES EM AMBIENTE SIG

A próxima etapa foi a de confecção de mapas em um ambiente de SIG. Para tanto, utilizou-se o software Qgis, versão 3.16 Hannover, de caráter gratuito disponível no endereço eletrônico [https://qgis.org/pt\\_BR/site/](https://qgis.org/pt_BR/site/). O uso das geotecnologias permitiu também a inserção de dados tabulares referente à série histórica de precipitação média junto a Coordenação de Meteorologia do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER).

Tal procedimento foi realizado na extensão própria do Qgis, interpolação IDW<sup>7</sup>, que permite transformar dados tabulares em dados raster (matriciais), resultando assim em um mapa de precipitação média no intervalo de 1984 a 2014, conforme ilustra a figura abaixo:

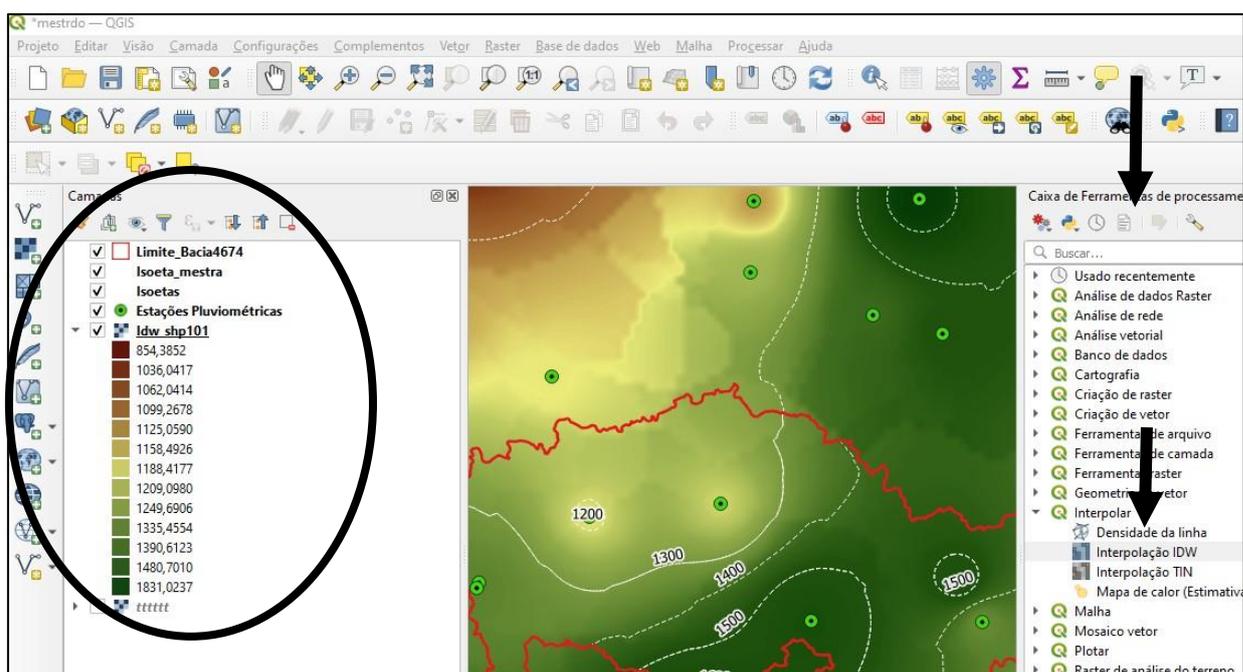


Figura 24: Interface do Qgis com destaque para as ferramentas utilizadas na etapa de interpolação dos dados de precipitação da bacia do Rio Jucu. Fonte: João Marcos A. Chipolesch

<sup>7</sup> O sistema IDW é caracterizado como um interpolador tanto suavizante quanto exato, do tipo global, razoavelmente fiel aos dados amostrados, com rápida velocidade de processamento e que não estima valores do ponto vizinho amostrado maiores ou menores que os quantitativos máximos e mínimos dos dados informados. (VARGAS et.al, 2018).

Os procedimentos para a confecção do mapa hipsométrico, também foram processados dentro do Qgis. De posse do modelo digital de terreno, foi aplicada uma rampa de cores para os valores de altimetria contido na imagem em tons de cinza original, como é possível verificar na figura 25.

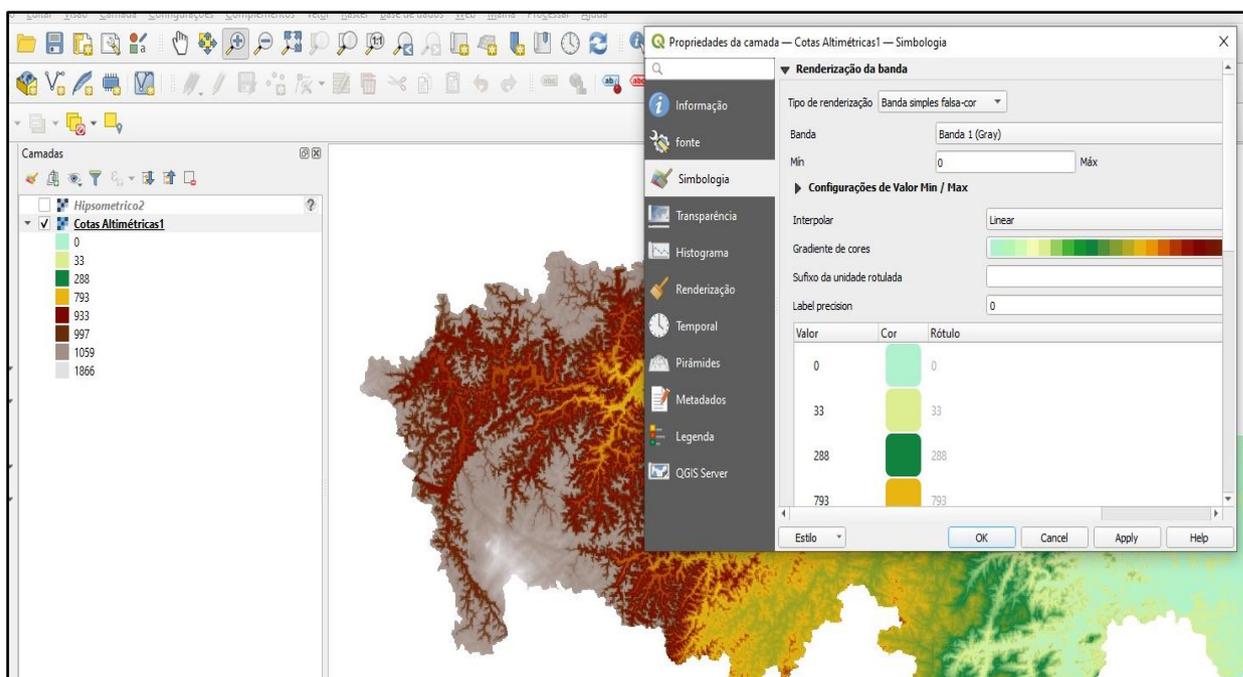


Figura 25: aplicação da paleta de cores para confecção do mapa de hipsometria no Qgis.

Fonte: João Marcos A. Chipolesch

Em relação ao uso e cobertura da terra, o plano de informação é oriundo do mapeamento produzido pelo IEMA (2012/2015), realizado a partir do levantamento aerofotogramétrico com resolução espacial de 0,25 metros. O mapeamento foi representado por polígonos adjacentes compostos de 25 classes, além de valores de área e perímetro. No Qgis foi realizado o procedimento de recorte dos dados para a área da bacia do Rio Jucu com a ferramenta recortar.

Depois, foi efetuada a atualização dos valores de área para cada classe dentro da bacia, o que permitiu sumarizar as informações e transformá-las em gráficos com o auxílio do Microsoft Excel. Na figura 26, a seguir, pode ser visualizado o tratamento realizado para os dados de uso e cobertura da terra, anteriormente mencionados.

## 5.2.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS SOCIOECONÔMICOS

Para a coleta e aquisição dos dados de população e socioeconomia, foram utilizadas as informações disponíveis no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) e no painel de indicadores do IJSN, os quais possibilitaram a construção e organização de gráficos e tabelas. Outras importantes fontes e instituições que contribuíram com a pesquisa foram o IEMA, SEAG, INCAPER e a AGERH mediante o plano de bacia do Rio Jucu.

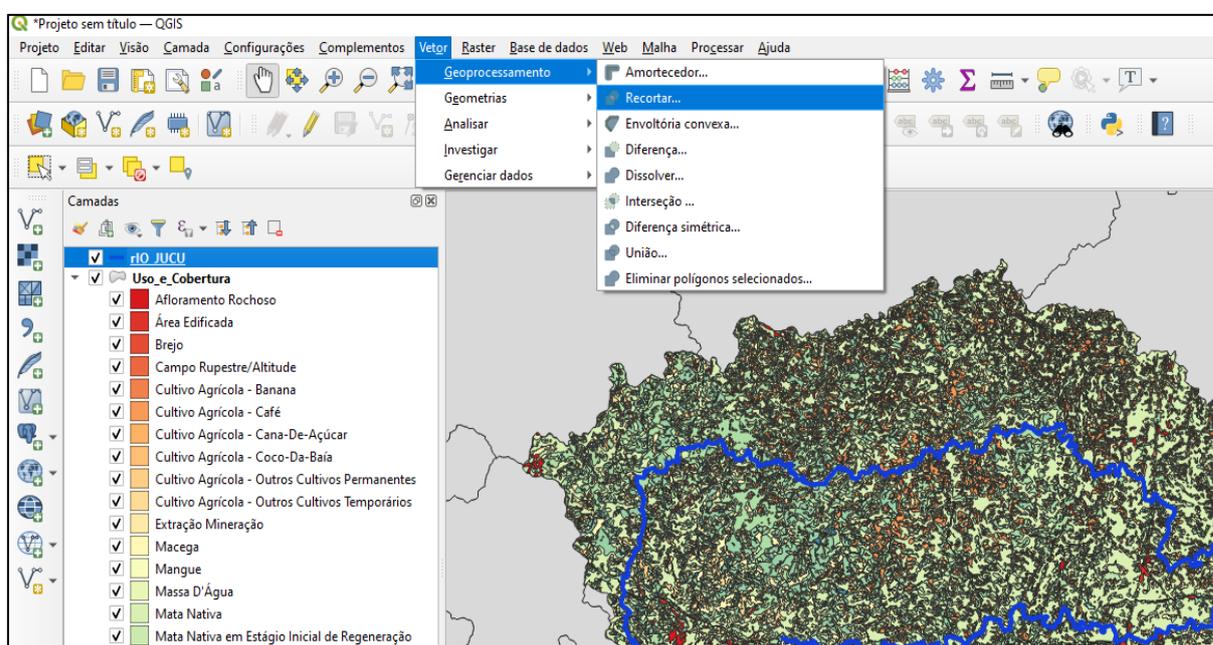


Figura 26: Recorte dos dados geoespaciais de uso e cobertura da terra para a bacia do Rio Jucu.

Fonte: João Marcos A. Chipolesch

## 5.3 TRABALHO DE GABINETE – ETAPA 2

### 5.3.1 MAPA DE COBERTURA VEGETAL 2007/2008

A segunda etapa do trabalho de gabinete pautou-se no processamento digital de imagens e dados vetoriais. Inicialmente foi realizada a seleção da máscara de referência de cobertura vegetal sobre o mapeamento IEMA (2007/2008) de uso e cobertura da terra. Obtidas a partir das imagens aéreas ortorretificadas dos anos 2007 e 2008 com resolução espacial de 1 metro, os polígonos de uso e cobertura da terra formam uma biblioteca de 25 classes, a saber:

- Mata Nativa;
- Mata Nativa em Estágio Inicial de Regeneração;
- Mangue;
- Restinga;
- Brejo;
- Solo Exposto;
- Macega;
- Campo rupestre/altitude;
- Mineração;
- Afloramento Rochoso;
- Reflorestamento – Eucalipto;
- Reflorestamento – Seringueira;
- Reflorestamento – Pinus;
- Cultivo Agrícola – Café;
- Cultivo Agrícola – Cana-de-Açúcar;
- Cultivo Agrícola – Abacaxi;
- Cultivo Agrícola – Mamão;
- Cultivo Agrícola – Coco-da-Baía;
- Cultivo Agrícola – Banana;
- Cultivo Agrícola – Outros Cultivos Permanentes;
- Cultivo Agrícola – Outros Cultivos Temporários;
- Pastagem;
- Massa d'Água;
- Área Edificada; e,
- Outros.

De acordo com a referência técnica do mapeamento IEMA 2012/2015, o tamanho mínimo dos polígonos mapeados foi de 0,50 ha e o índice de acerto mínimo do mapeamento de 90%, com a apresentação de relatório comprovando que as metas de acerto foram atingidas. Foram ainda realizadas atividades de campo para elucidação de quaisquer dúvidas na identificação das classes de mapeamento, como o registro fotográfico e das coordenadas da área a ser averiguada, compondo um relatório de vistoria (IEMA, 2012/2015).

Em seguida, no software Qgis, foram realizados os procedimentos de recorte espacial para dentro da bacia do Rio Jucu e separação das classes em mata nativa, restinga e manguezal, compondo a máscara de cobertura vegetal nativa (figura 27).

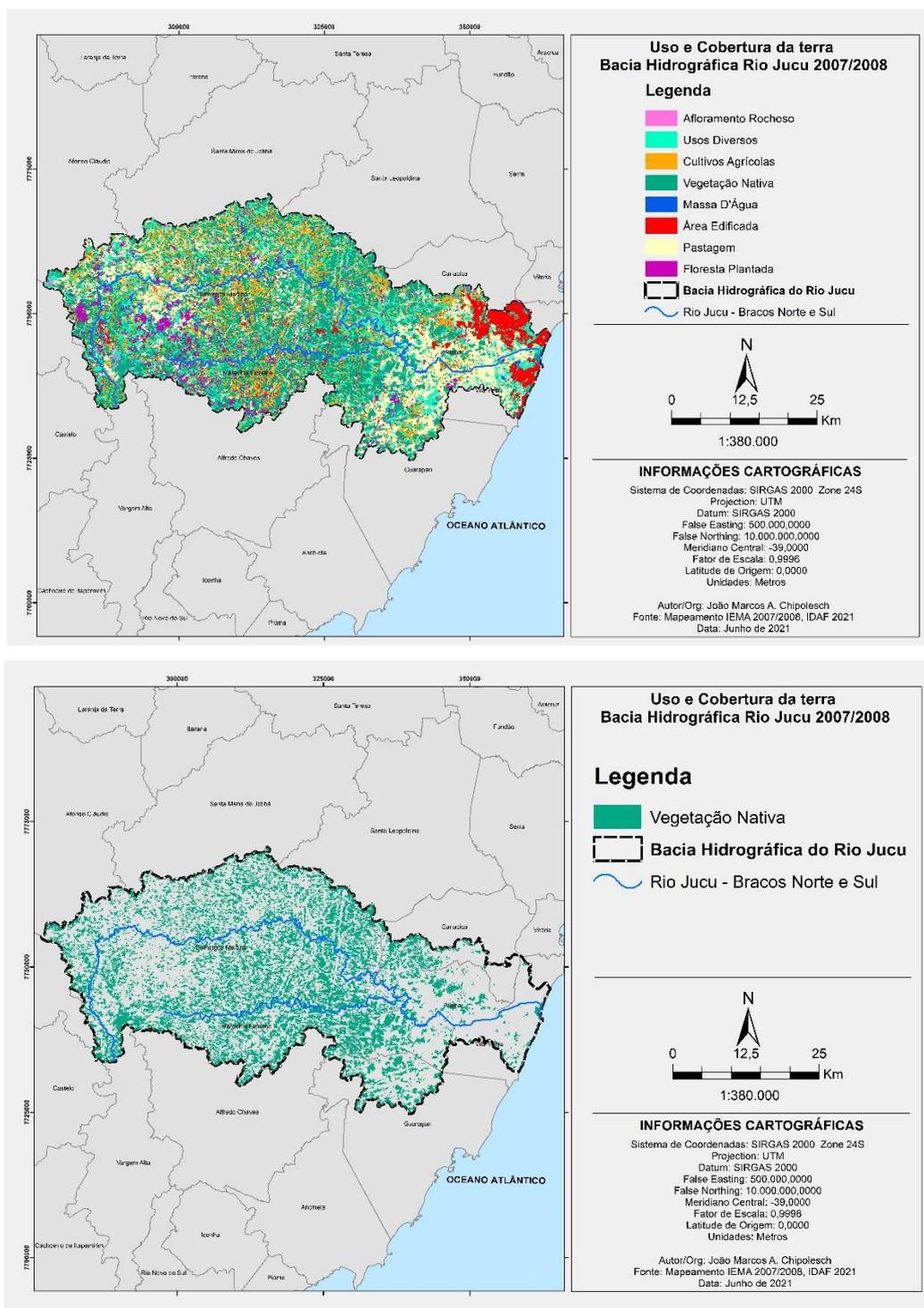


Figura 27: Mapa de uso e cobertura da terra 2007/2008 e classe Mata Nativa na Bacia do Rio Jucu. Fonte: João Marcos A. Chipolesch

De acordo com a Biblioteca de Classes do Mapeamento Temático do Espírito Santo, a classe “Mata Nativa” corresponde às fisionomias de vegetação característica de Mata Atlântica, que se mantém intacta ou que tenham sofrido a ação humana (antropizada) inclusive florestas sobre terrenos arenosos litorâneos, apresentando copas mais densas onde geralmente não é possível ver o solo.

A classe “Mangue” corresponde às formações vegetais associadas às margens de baías, enseadas, barras, desembocaduras de rios, lagunas e reentrâncias costeiras, onde haja encontro de águas de rios com a do mar, ou diretamente expostos à linha da costa, formada por árvores com uma consistência densa, tonalidade escura e normalmente associada a um corpo hídrico que corta a vegetação.

Já a classe “Restinga” corresponde às fisionomias compostas predominantemente por árvores e arbustos de pequeno porte e herbáceas, espaçados, que permitam a visualização de areia formando uma vegetação uniforme localizada próxima à praia (IEMA, 2012/2015).

### 5.3.2 AQUISIÇÃO DAS IMAGENS CBERS4

Realizado o recorte das feições de cobertura vegetal para a bacia do Rio Jucu, o próximo passo foi o pré-processamento das imagens orbitais do sistema CBERS4. As cenas foram adquiridas no endereço eletrônico do INPE, <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>, com os seguintes parâmetros:

Tabela 9: Relação das imagens dos satélites CBERS 4 utilizadas no estudo.

	Data da Passagem	Horário GMT	Órbita	Ponto
<b>CBERS4 (Banda PAN 10 metros)</b>	01/06/2020	12:48:56	149	123
<b>CBERS4 (Banda PAN 5 metros)</b>	01/06/2020	12:48:56	149	123
<b>CBERS4 (Banda PAN 10 metros)</b>	06/05/2020	14:59:43	149	123
<b>CBERS4 (Banda PAN 5 metros)</b>	06/05/2020	14:59:43	149	123

Fonte: INPE, 2021.

A etapa de obtenção das cenas orientou-se na melhor escolha, tendo como premissa a estabilidade das condições atmosféricas sem a ocorrência de nuvens na área de estudo. As imagens foram reprojatadas para o sistema de coordenadas planas Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum SIRGAS 2000, Zona 24 Sul. É necessário avisar que em razão de uma única cena não abarcar a totalidade da área de estudo, foi realizado no Qgis o processo de junção das imagens, também denominado mosaicagem.

Visando resguardar os objetivos da pesquisa e das discussões/análises realizadas até aqui, a composição das imagens escolhida foi a falsa cor vermelha, em que as bandas 4 (infravermelho) 3 (vermelho) e 2 (verde) foram alocadas nos canais 1, 2 e 3, respectivamente. O resultado é uma imagem que visualmente realça a vegetação e os alvos com alteração na reflectância, como o solo exposto e a área urbanizada.

A figura 28 possibilita visualizar tanto a extensão de cada cena das imagens orbitais CBERS4 sobreposta ao limite da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu, quanto a união das imagens (mosaico). Ressalva-se que todos os procedimentos foram realizados no ambiente do Qgis.

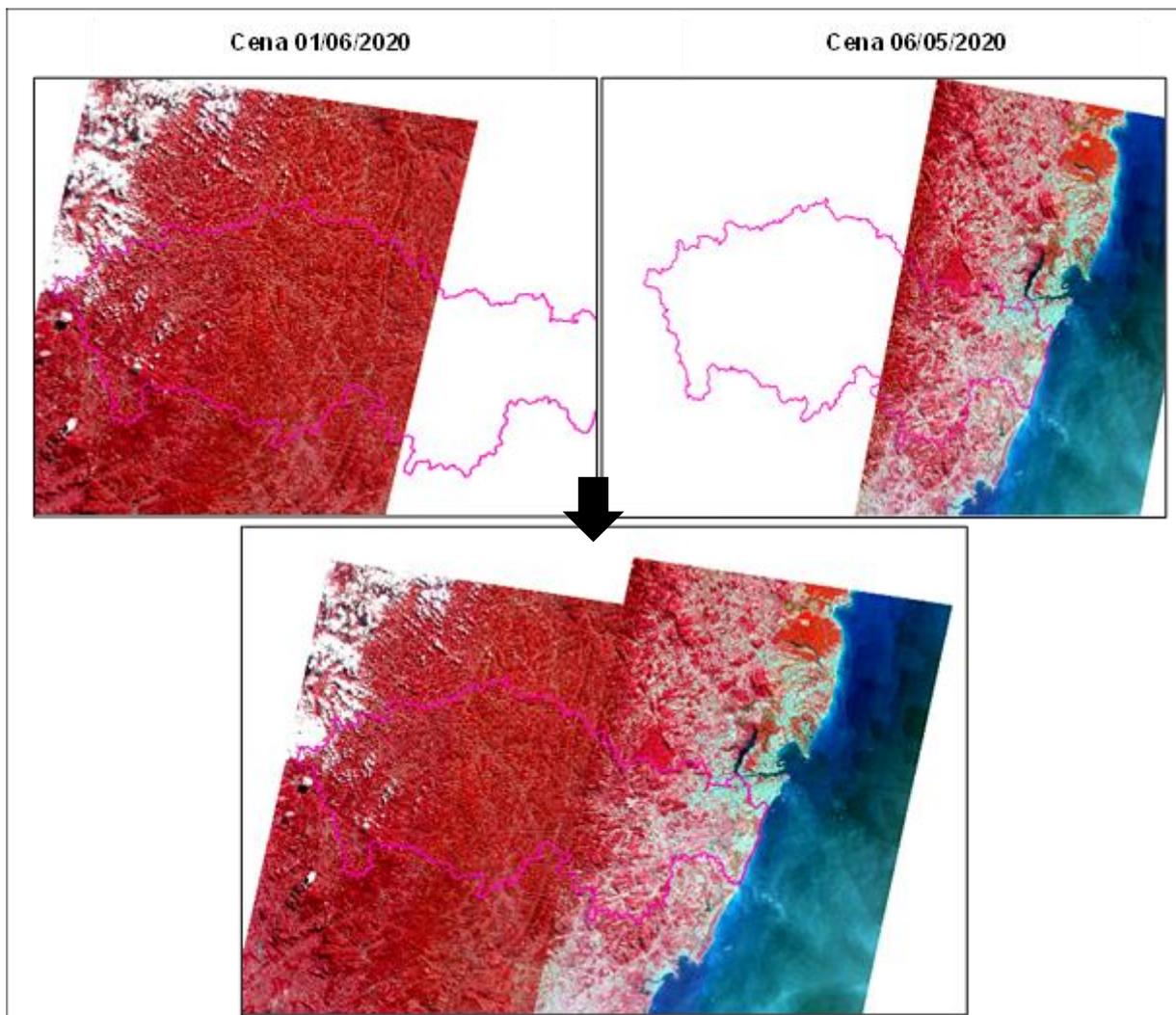


Figura 28: cenas das imagens CBERS4, órbita ponto 149/123, composição falsa cor vermelha bandas 4-3-2. Fonte: João Marcos A. Chipolesch

### 5.3.3 CORREÇÃO GEOMÉTRICA E EQUALIZAÇÃO DAS IMAGENS

Outra etapa de pré-processamento nos estudos em SR, diz respeito às correções geométricas e equalização das imagens. A cena do dia 6 de maio de 2020 apresentou pequenos deslocamentos posicionais que necessitaram de correção geométrica. Para a tarefa, utilizou-se a ferramenta “georreferenciador” no Qgis, tendo como base para verificação da exatidão e acurácia, as imagens ortorretificadas no mapeamento IEMA 2007/2008, com PEC A<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Padrão de Exatidão Cartográfica classe A, onde o erro de posicionamento de 90% dos pontos amostrados deve ser no máximo de 0,5mm na escala da carta. Corresponde a um erro de posicionamento de no máximo 7,5m para a escala de 1/15.000, e de 5,0m para a escala de 1:10.000. (IEMA, 2007/2008).

O método aplicado durante o georreferenciamento foi o Polinômio de Primeiro Grau, em que foi possível verificar a diminuição dos erros residuais mediante a inserção de pontos comuns observados nas imagens, conforme ilustram as figuras 29 e 30, a seguir.

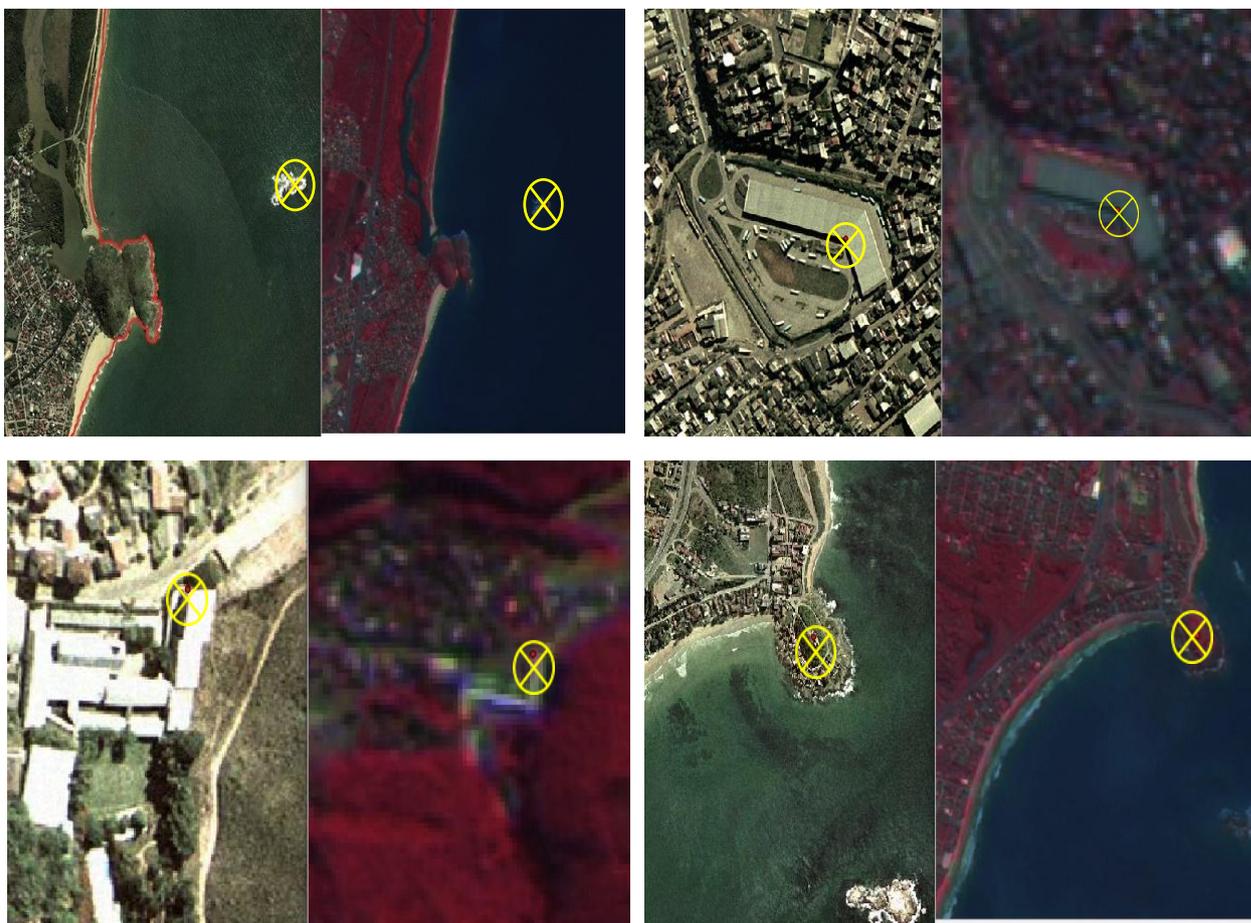


Figura 29: Pontos de controle para correção geométrica da cena CBERS4. Fonte: João Marcos A. Chipolesch

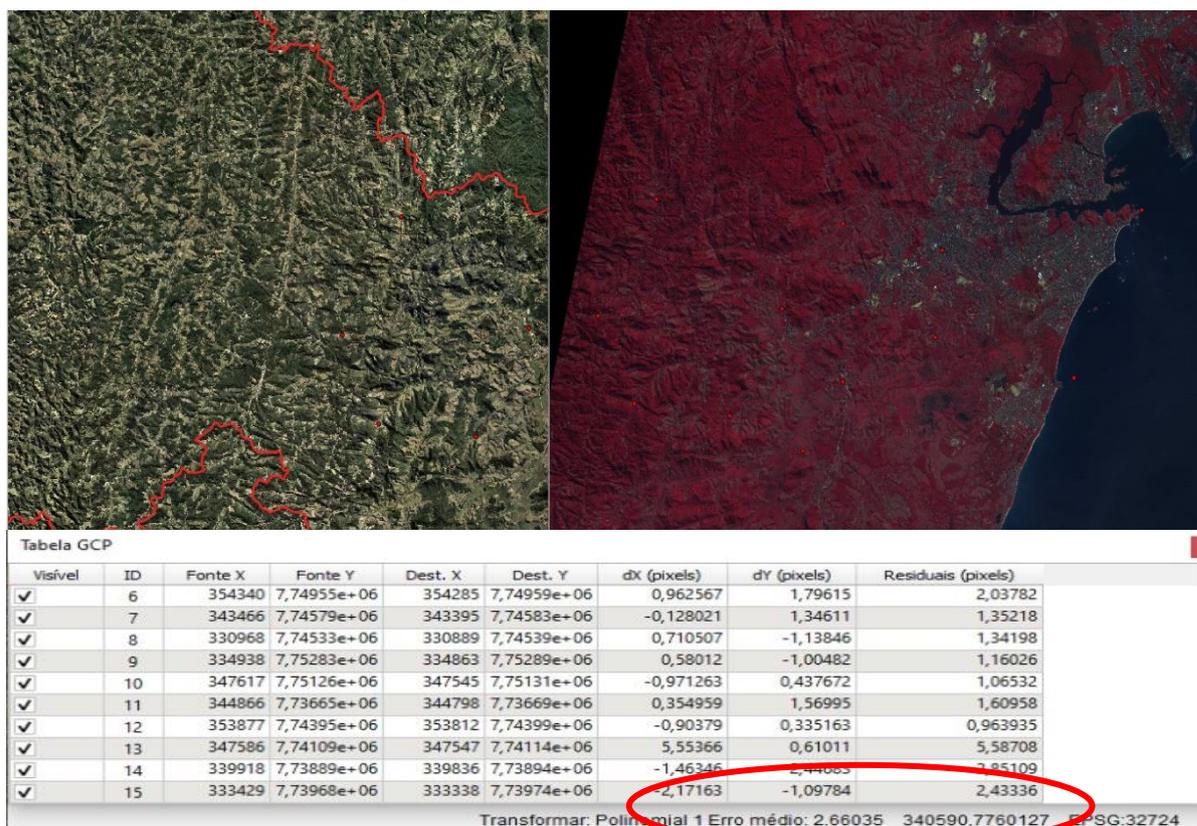


Figura 30: Método de ajuste geométrico por pontos de controle no Qgis. Fonte: João Marcos A. Chipolesch

As funções operacionais aplicadas objetivaram remover ou corrigir os erros e as distorções nas imagens orbitais, o que por sua vez, poderão ter rebatimento no processamento seguinte a esta etapa. Estes erros, segundo Meneses e Almeida (2012), podem acontecer por vários fatores como variação da altitude da plataforma orbital, rotação da Terra, inclinação dos sensores, entre outros.

Após a realização da correção geométrica nas imagens foi realizada a equalização das duas cenas adquiridas para a pesquisa. As duas cenas que compõem a área de estudo foram adquiridas em datas diferentes com diferentes condições de iluminação, respostas espectrais e colorações.

Para minimizar essa diferença, procederam-se no Qgis os ajustes dos histogramas de ambas as imagens, na ferramenta “raster”, resultando assim em um padrão normalizado entre as cenas. Na imagem abaixo se verifica tanto a diferença de radiometria entre as cenas quanto à normalização entre ambas (Figura 31).

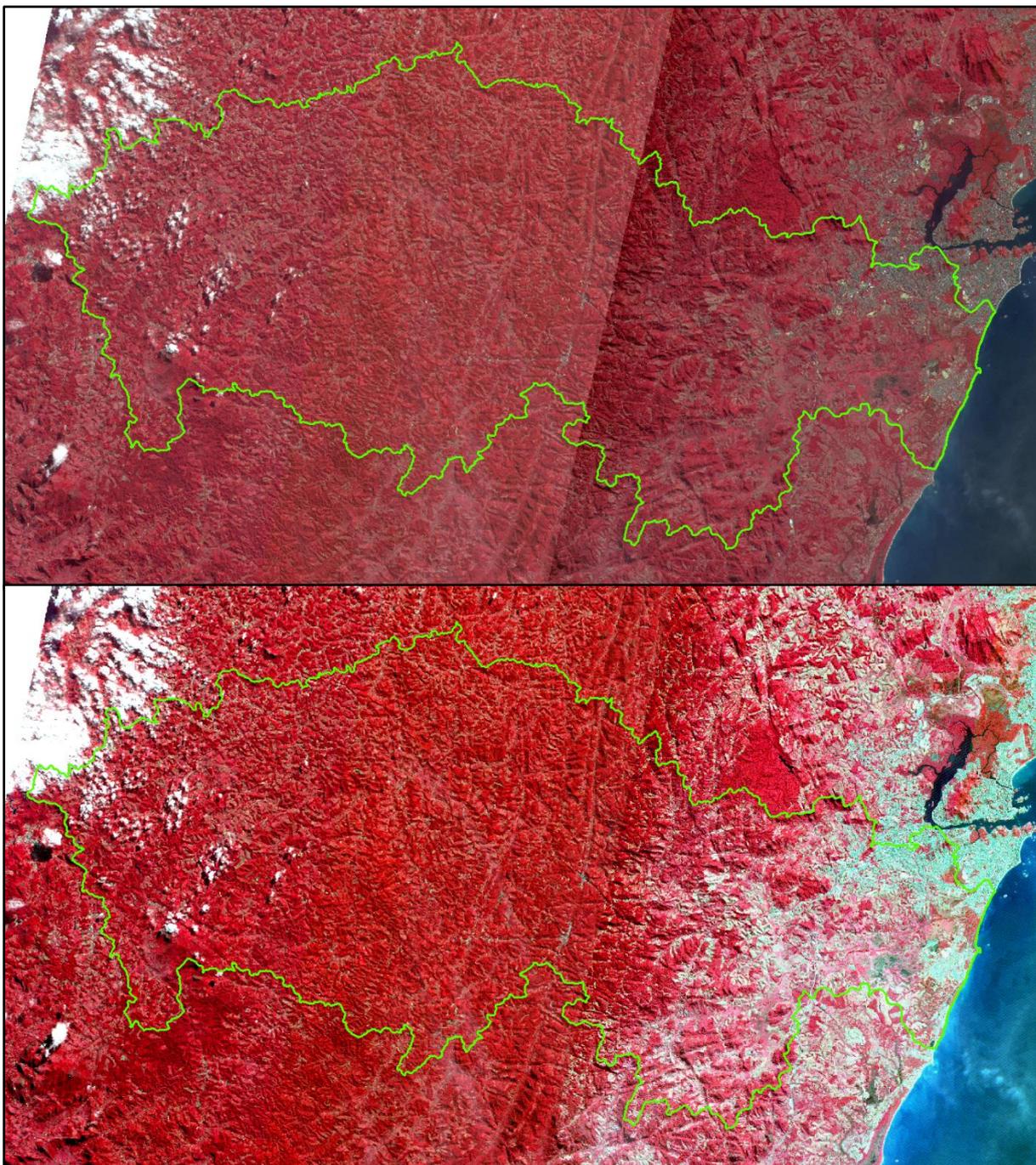


Figura 31: Imagem CBERS4 antes e depois de equalizada. Fonte: João Marcos A. Chipolesch

#### 5.3.4 FUSÃO DE BANDAS

De acordo com Fonseca (2000), a técnica de fusão de bandas pode ser utilizada com intuito de melhorar a resolução espacial. Como já mencionado, foram utilizadas um total de quatro imagens-cenas para a realização da pesquisa. A banda 1 é denominada pancromática com cinco metros de resolução espacial, ao passo que as

bandas 2, 3 e 4 multiespectrais possuem dez metros de resolução espacial. A técnica utilizada foi a do método PANSARPENING, que produz resultados superiores em relação aos demais métodos por preservar as características espectrais da imagem, uma vez que o seu algoritmo procura preservar o conteúdo espectral da cena (cor da imagem). A média, o desvio padrão e o formato do histograma para cada canal são aproximadamente preservados, ou seja, os valores estatísticos são mantidos no resultado final (LEONARDI. et. al., 2009).

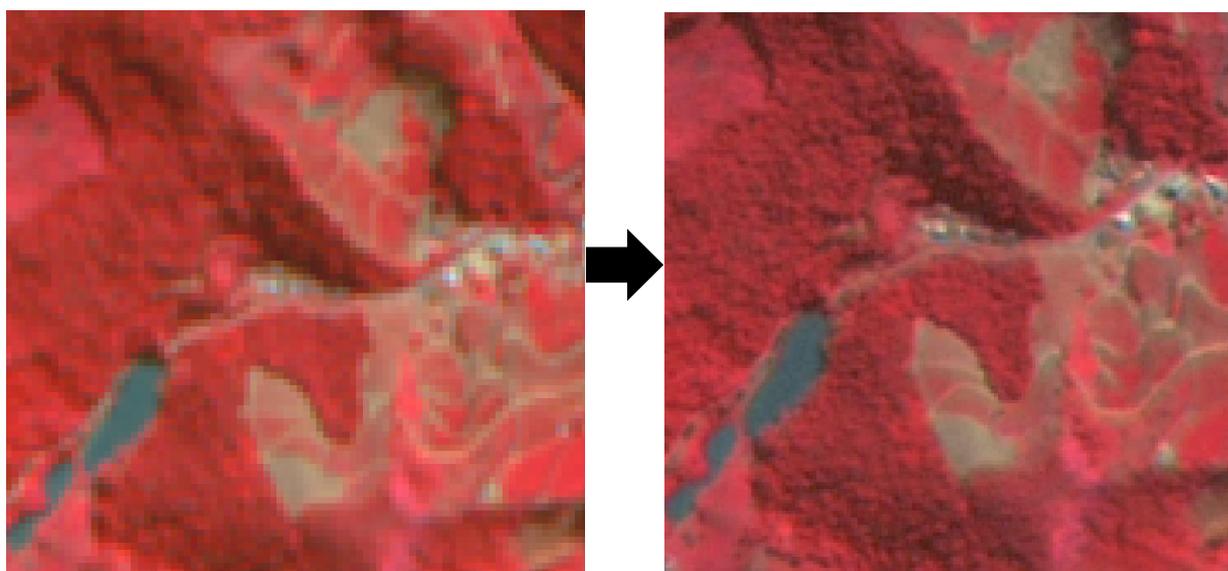


Figura 32: Fusão das bandas espectrais (10m) com a PAN (5m). Fonte: João Marcos A. Chipolesch

Novamente o ambiente GIS utilizado foi o do Qgis, mediante os algoritmos GRASS *r.composite* para a composição de bandas e GDAL *pansharpening* para a fusão das bandas, conforme a sequência na figura 32.

Posterior à etapa de pré-processamento, o passo seguinte foi o recorte dos polígonos da classe de mata nativa (IEMA, 2007/2008) sobrepostos nas imagens CBERS4, resultando assim em outra imagem, contendo apenas as áreas de vegetação nativa como mostra a figura 33.

Após o recorte da imagem, somente esses polígonos isolados passaram pelos processos de segmentação e classificação, o que diminuiu consideravelmente o tempo de processamento das imagens.

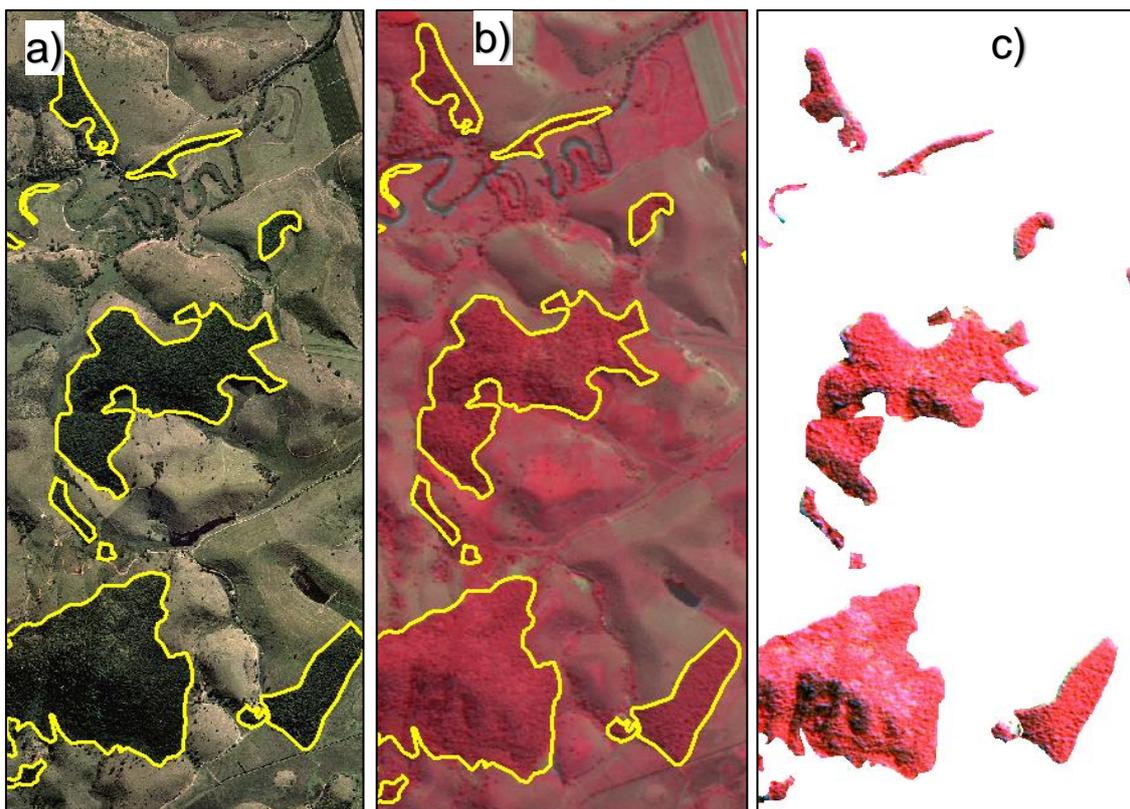


Figura 33: Polígonos de mata nativa sobrepostos (a) ortofoto de origem, (b) Imagem CBERS4 e (c) imagem CBERS4 classe mata nativa. Fonte: João Marcos A. Chipolesch

### 5.3.5 SEGMENTAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS CBERS4

Para a identificação das áreas desmatadas foi utilizada a técnica de classificação automática, que por sua vez é dividida em duas fases: segmentação e classificação não supervisionadas por regiões. De acordo com Venturieri e Santos (1998), a operação de segmentação consiste em agrupar pixels com características similares referentes a tons e texturas formando regiões homogêneas.

Assim, a imagem é particionada em um conjunto de regiões correspondentes às feições da superfície terrestre, resultando assim em um aspecto contínuo, onde cada área possui características espectrais bem diferentes das vizinhas que a circundam.

Corte (2008), afirma que o processo de segmentação é essencialmente empírico, em geral ajustável aos diferentes sensores, com limiares definidos face à complexidade dos alvos mapeados. Shoenmakers, Wilkinson e Schuten (1991) explicam que se os

limiares forem muito baixos, o processo não atribuirá muitos pixels às classes. Por outro lado, se forem muito altos, os pixels representativos de diferentes classes serão incorretamente agrupados. Por esta razão, a imagem precisa ser avaliada para confirmar ou rejeitar os limiares adotados.

Nesta pesquisa, foram testados diferentes valores de áreas e similaridades no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING). Para o limiar de similaridade, em que duas regiões são consideradas similares e então agrupadas foi aplicado o valor de 20. Já para o segundo, que é o valor da área mínima dado em número de pixels para que uma região seja individualizada, aplicou-se 10.

Dentro do algoritmo de segmentação do SPRING, utilizou-se o método de crescimento de regiões, o qual se baseia em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões. A seguir, divide-se a imagem em um conjunto de “sub-imagens” e então se realiza a união entre elas, segundo um limiar de agregação definido (INPE, 2021).

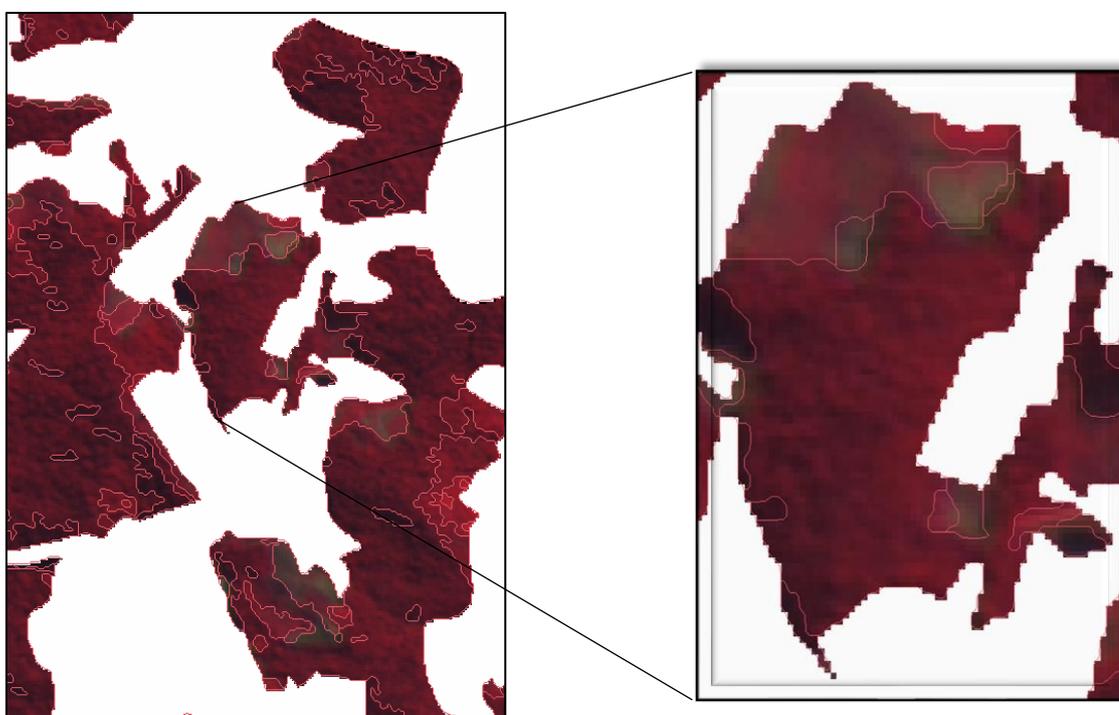


Figura 34: Segmentação das imagens CBERS4 no SPRING. Fonte: João Marcos A.

Chipolesch

É possível verificar na figura acima que a segmentação detectou alterações ocorridas na imagem na forma de agrupamentos espaciais, favorecendo as próximas etapas de mapeamento e classificação, que por sua vez agregam o conjunto segmentado, resultando em classes mapeadas. Portanto, o processo de segmentação torna-se necessário quando se trabalha com classificação automática de imagens orbitais.

Após a segmentação, as imagens foram então classificadas utilizando um algoritmo de classificação automática de imagens não supervisionado por regiões, o ISOSEG. Este algoritmo de agrupamento de dados não supervisionado é aplicado sobre um conjunto de regiões, que por sua vez são caracterizados por seus atributos estatísticos de média, matriz de covariância e também pela área.

Nesta técnica, o classificador procura agrupar regiões, a partir de uma medida de similaridade entre elas, que consiste no cálculo da distância entre a classe e as regiões candidatas a relação de pertinência com esta classe. Com vista a eliminar este "favorecimento", procede-se a "competição entre classes", que consiste em reclassificar todas as regiões. O parâmetro estatístico (média de cada classe é então recalculado) e o processo repetem-se até que a média das classes não se altere (INPE, 2021).

Na prática, o resultado deste processo de classificação é uma imagem com vários temas (polígonos com cores diferentes), onde cada qual está relacionado às variações espectrais de apenas duas classes: floresta e não floresta, as quais foram criadas previamente na ferramenta modelo de dados do SPRING.

Assim, a etapa seguinte, a de classificação, é o processo de mapeamento das classes, onde os temas que correspondem às fisionomias de vegetação foram atribuídos a classe "floresta" e os temas que correspondem às áreas desmatadas foram atribuídas a classe "não floresta". O resultado é um mapa com duas classes somente: floresta e não floresta. As etapas deste processo são apresentadas na figura 30.

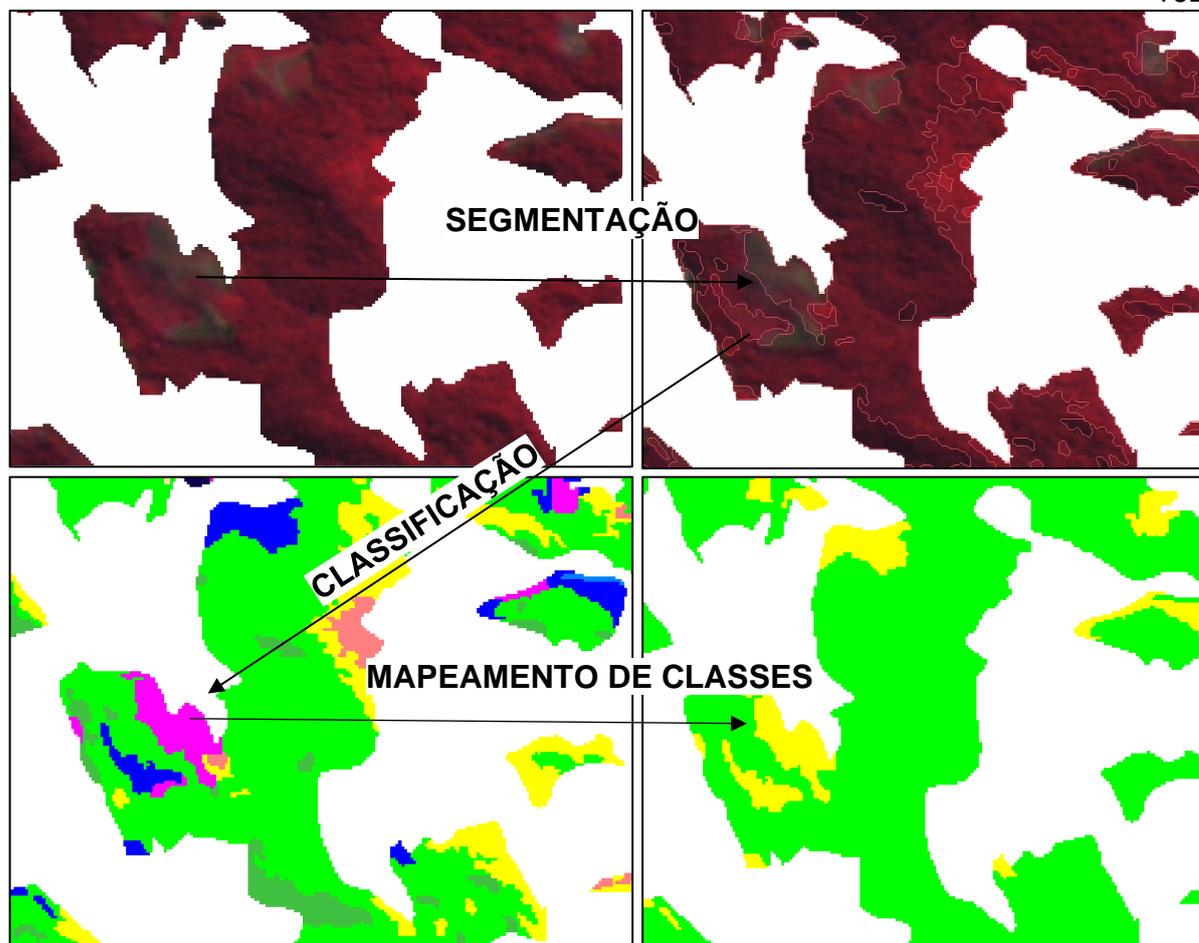


Figura 35: Etapas do processamento digital de imagens no SPRING. Fonte João Marcos Augusto Chipolesch

Os dados contendo as classes floresta e não floresta foram então convertidos para dados vetoriais e disponibilizados em formato shapefile de polígonos aptos para o manuseio/processamento no Qgis.

### 5.3.6 VERIFICAÇÃO VISUAL E EDIÇÃO DOS POLÍGONOS DE DESMATAMENTO

Realizados a classificação e o mapeamento de classes, procedeu-se a primeira das duas etapas de verificação dos polígonos de desmatamento e edição dos mesmos. Para isso, o mapa contendo as classes mapeadas foi sobreposto às imagens do Google Earth mediante *plugin* no Qgis, no qual se concentra todo o banco de dados no ambiente do software. Em recente estudo, Lorena, Chipolesch e Volmaro (2017), afirmaram que:

*[...] uma das ferramentas tecnológicas bastante difundidas para disponibilização de imagens de sensoriamento remoto atualmente é o Google Earth. Além disso, a constante atualização das imagens de alta resolução do Google facilita a verificação de determinados tipos de mapeamento, principalmente aqueles com legenda simplificada (LORENA; CHIPOLESCH; VOLMARO, 2017).*

Foi feita a categorização então das classes dos polígonos em duas cores a fim de facilitar a verificação sobre as imagens de alta resolução do Google Earth<sup>9</sup>. Nos locais onde incidiram nuvens ou incongruências de classificação, foram realizados os procedimentos de edição vetorial, para adequá-los à realidade e tomando por base as imagens da coleção do Google (figura 36). Insta salientar que conforme a figura 28, o quantitativo de nuvens nas cenas que perfazem a bacia do Rio Jucu é mínimo, não comprometendo os resultados.

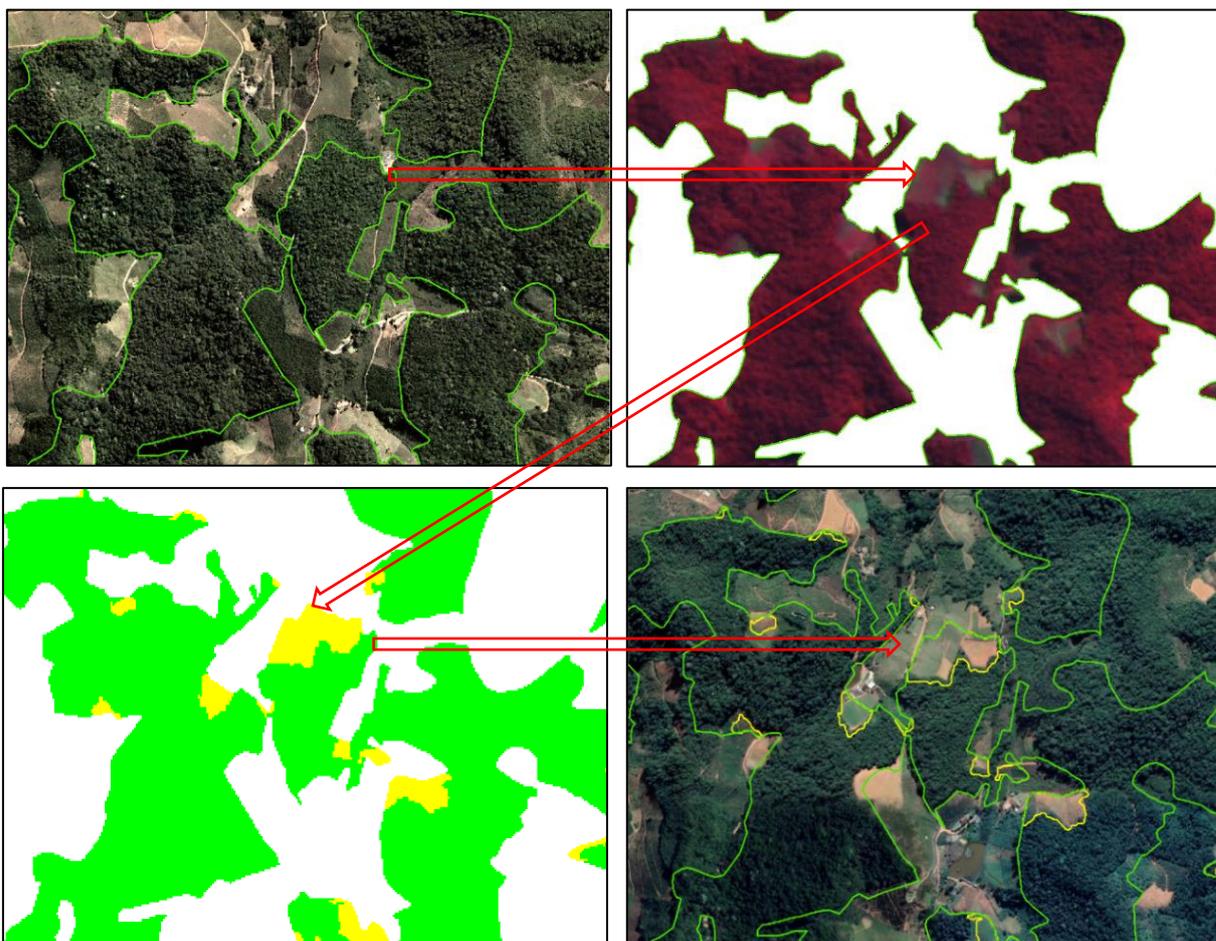


Figura 36: Verificação dos polígonos de desmatamento sobre as imagens do Google Earth. Fonte: João Marcos A. Chipolesch

Ao final da presente etapa, realizou-se a verificação em campo para validar o processo de mapeamento, uma vez que essa experiência traz confiabilidade aos estudos de dinâmica de uso e cobertura da terra, além de eliminar os possíveis erros ocorridos nas etapas anteriores.

<sup>9</sup> As imagens do Google Earth utilizadas nessa etapa, são datadas em sua grande maioria dos anos de 2019 e 2020, portanto, adequadas para o lapso temporal escolhido para o presente estudo.

### **5.3.7 MAPAS DE CALOR (DENSIDADE DE KERNEL)**

Considerando que um dos objetivos da dissertação é cartografar os possíveis focos de desmatamento na bacia do Rio Jucu, será utilizado para tal, o mapa de calor também conhecido como Mapa de Kernel ou Densidade de Kernel. Etimologicamente a palavra Kernel significa “núcleo”, e no contexto das geotecnologias, faz referência a um método estatístico de estimação de curvas de densidades. Neste método, cada uma das observações é ponderada pela distância em relação a um valor central, o núcleo (VIEIRA, et. al. 2018).

A partir da obtenção dos polígonos de desmatamento, as densidades foram estimadas para a bacia do Rio Jucu, aplicando o algoritmo do Qgis “Mapa de Calor”. Os polígonos foram convertidos em formato vetorial de pontos para que o algoritmo então realizasse o desenho circular ao redor de cada ponto, correspondendo ao raio de influência. Posteriormente, é aplicada uma função matemática de 1, na posição do ponto, e 0 na fronteira da vizinhança. O valor para a célula é a soma dos valores Kernel sobrepostos, e divididos pela área de cada raio de pesquisa (SILVERMAN,1986).

Essa ferramenta de análise espacial foi extremamente importante, pois permitiu visualizar de forma didática e objetiva os locais onde estão concentradas as áreas de desmatamento. Há que se considerar que o caráter de grande escala somado aos polígonos de pequenas e médias dimensões, tornaria a representação inadequada pela dificuldade de localizar, analisar e compreender o fenômeno estudado.

Finalizada essa etapa, realizou-se a verificação em campo para validar o processo de mapeamento.

## **5.4 CAMPANHA DE CAMPO**

Em 18 de setembro de 2021 foi realizada a campanha de campo ao longo da bacia do Rio Jucu, com o objetivo de realizar o conhecimento in loco da área de estudo, para tanto, realizou-se relatórios fotográficos e coletas de coordenadas e dados pertinentes à pesquisa.

Foram realizadas cinco paradas no baixo, médio e alto curso da bacia do Rio Jucu, totalizando 15 registros ao longo de toda área de estudo. Os locais foram definidos previamente privilegiando os melhores acessos, uma vez que os focos de desmatamento ocorrem em sua grande maioria no interior das propriedades rurais, o que dificulta a verificação nessas localidades.

Dentre os pontos verificados, apenas um não correspondeu à classe desmatamento. O local está situado às margens da Rodovia do Sol, no município de Vila Velha, próximo ao bairro Barra do Jucu, onde a restinga é a fitofisionomia predominante. Nos demais locais, houve a constatação da supressão da vegetação nativa, o que traz para as amostras um grau de 93,3% de acerto para o estudo em questão.

No trabalho de campo foi utilizado o aplicativo para dispositivos móveis “Avenza”, que permitiu navegar até os locais escolhidos sem a necessidade de conexão com a internet, possibilitando a coleta de coordenadas, registros de fotografias georreferenciadas e anotações do que foi visto.

Finalizada a atividade, procedeu-se a tabulação dos resultados e confecção do mapa (figura 37), com a representação dos locais percorridos na bacia do Rio Jucu. No Qgis, na ferramenta “adicionar camada de texto delimitado”, foi possível adicionar os pontos de interesse e geoespacializá-los, representando de forma didática o trajeto percorrido ao longo da bacia.

Na etapa seguinte será abordado o capítulo referente à discussão e análises dos resultados. Assim sendo, a Bacia Hidrográfica será setorizada e as apreciações serão divididas em baixo, médio e alto curso do Rio Jucu, tal como explicado em seções anteriores.

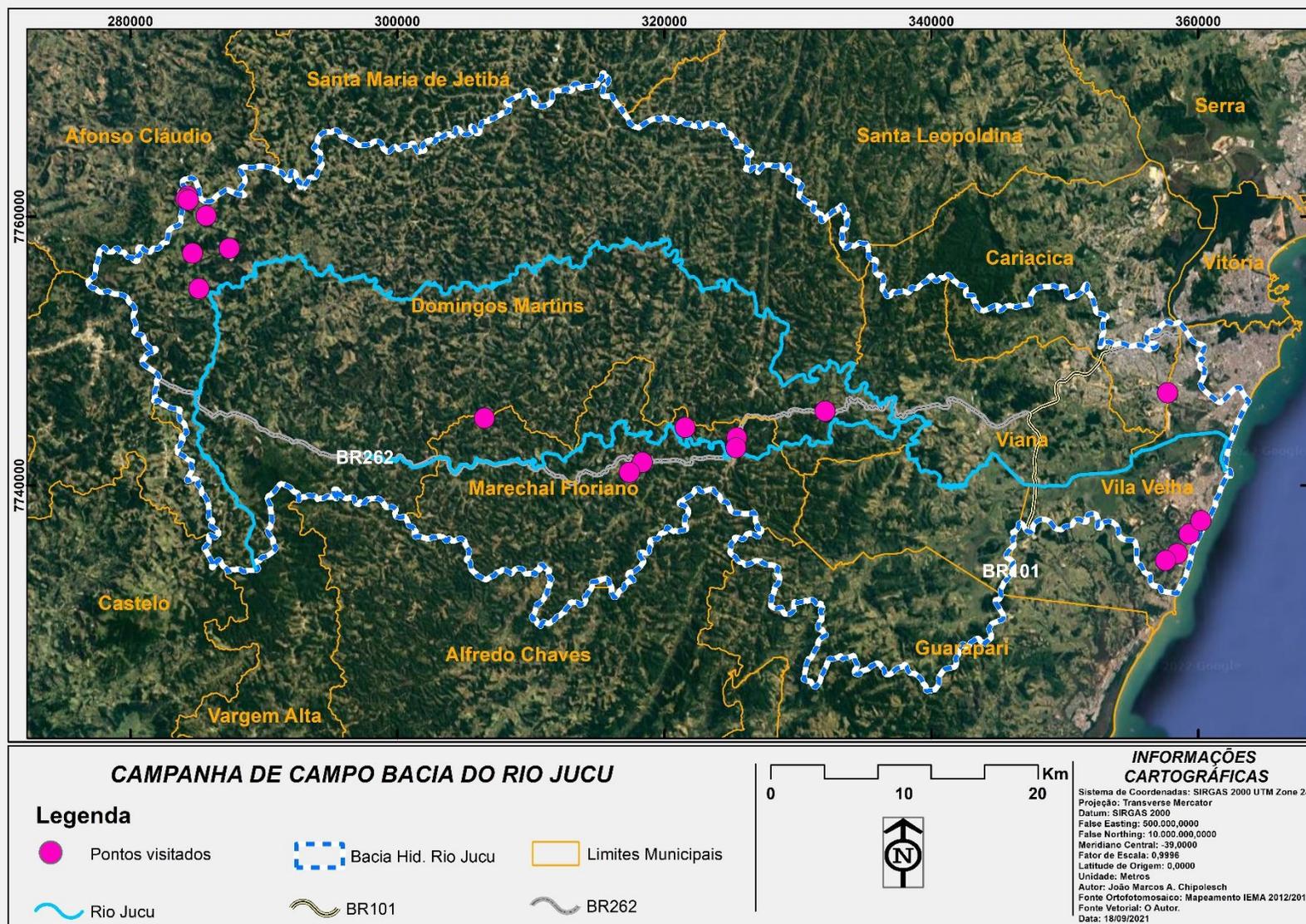


Figura 37: Mapa contendo o roteiro de uma das campanhas de campo ao longo da bacia do Rio Jucu. Fonte: o Autor

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os procedimentos técnicos e as discussões teóricas apresentadas nessa pesquisa foram pensados para quantificar as alterações da cobertura vegetal nativa na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu. O mapeamento do desmatamento na bacia permite realizar uma avaliação sobre o padrão de transformação/conversão do uso da terra, avaliar tendências e projetar ações de monitoramento para a conservação dos recursos florestais na unidade de planejamento.

O capítulo será estruturado de forma em que no primeiro momento serão analisados os resultados por cada setor da bacia, baixo, médio e alto curso. Após, serão abarcados a bacia de um modo geral, avaliando e comparando os padrões de desmatamento e as transformações do uso da terra.

Ao final, será apresentado um mapa de calor (Kernel) com o intuito de identificar quais os locais de maior concentração de supressão florestal e as principais causas da conversão das áreas mapeadas. O procedimento foi possível com a conversão das áreas desflorestadas em pontos por intermédio do Qgis, o que permitiu a confecção do mapa de densidade.

De forma a facilitar a compreensão tanto dos três setores da bacia (baixo, médio e alto) quanto dos locais visitados, o mapa na figura 38, geolocaliza e insere o leitor nas áreas da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu. Ressaltando-se que seis grandes áreas foram cobertas.

A estratégia de dividir as áreas se deu em função da grande extensão da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu, além de contemplar a maior parcela possível das áreas de vegetação nativa. Este processo permitiu verificar de maneira mais refinada como as transformações no uso e cobertura da terra influenciaram o desmatamento ocorrido entre os anos de 2007 a 2020.

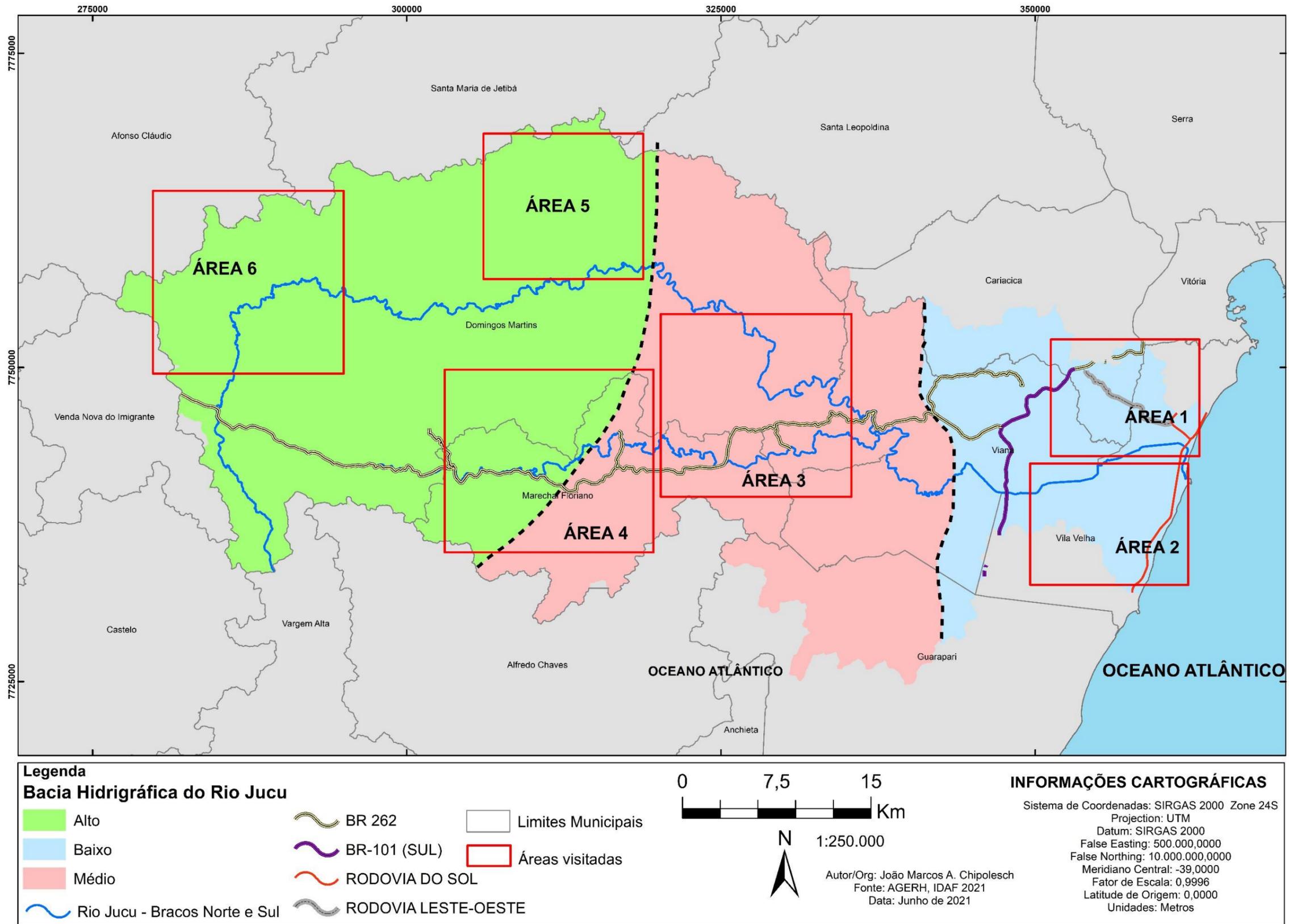


Figura 38: Áreas visitadas e setores da bacia do Rio Jucu.

## 6.1 BAIXO CURSO DO RIO JUCU

Compreendendo grande parte dos municípios de Vila Velha, Viana e Cariacica, o baixo Rio Jucu, possui extensão total de 34.630,58 ha, desses 4.409,57 ha de vegetação nativa. A área total dos fragmentos de vegetação nativa onde foi verificado desmatamento corresponde a 2.933,93 ha, o que permite realizar em um primeiro momento uma análise da distribuição desses fragmentos.

A figura 39 contém o gráfico de distribuição das áreas totais dos 43 fragmentos nos quais ocorreu a supressão florestal. Em relação a esses, 48,83% (21 fragmentos) correspondem a áreas inferiores a 10 ha (faixa 1), ao passo que 44,18% (19 fragmentos) referem-se a áreas entre 10 a 100 ha (faixa 2), e 6,97 % (três fragmentos) acima de 100 ha (faixa 3).

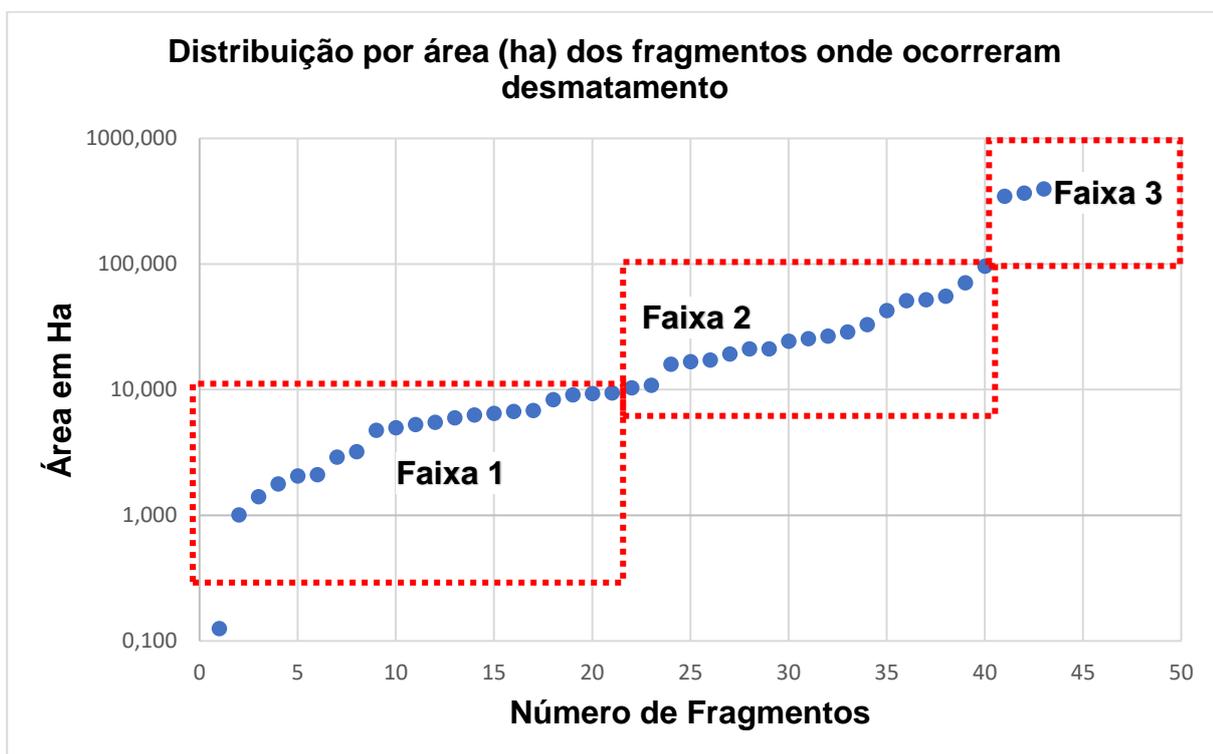


Figura 39: Gráfico de distribuição dos fragmentos florestais onde ocorreram desmatamento: Fonte: o autor

Já na figura 40 é possível visualizar a distribuição do percentual das áreas desmatadas em relação à área total do fragmento ao longo do trecho, permitindo

localizar em quais intervalos percentuais estão concentradas as áreas em que ocorreu a retirada da cobertura florestal. De acordo com o gráfico abaixo, é possível constatar que a maior parte delas, apresenta valores abaixo de 10% em relação à área do fragmento florestal. No intervalo entre 10 a 99% foram verificadas dez ocorrências e cinco áreas foram completamente desmatadas.

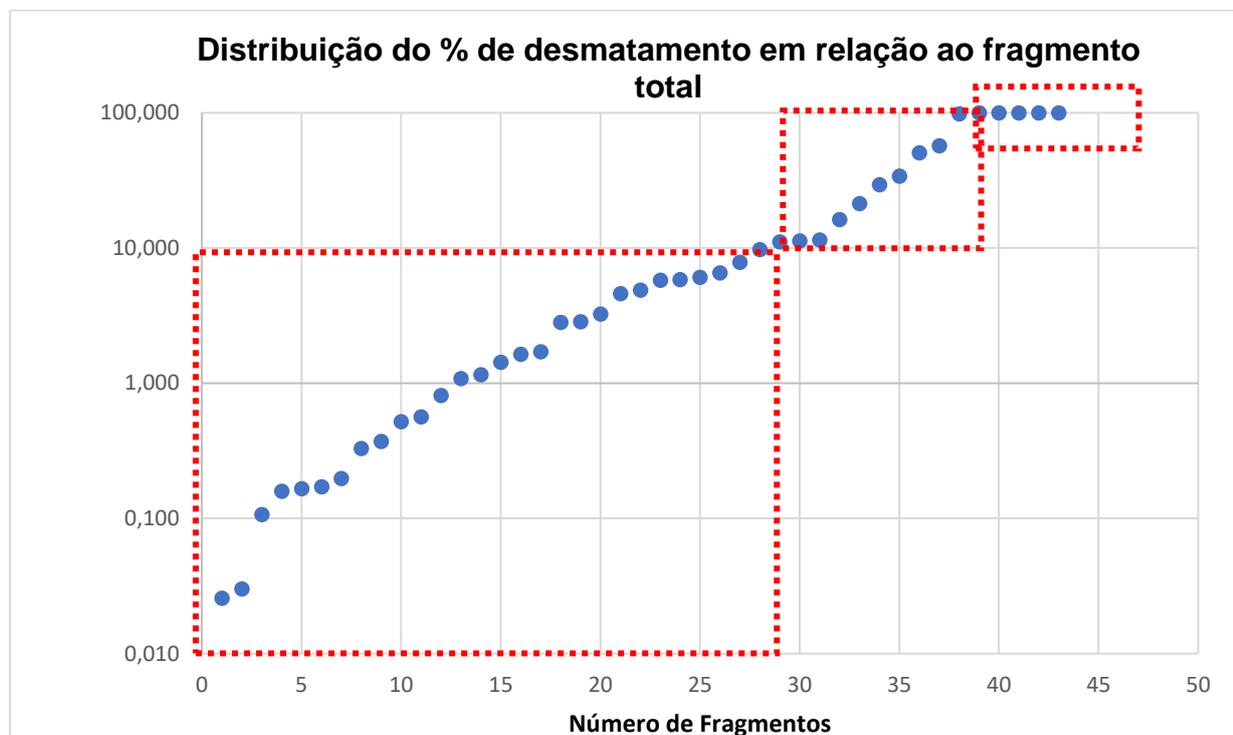


Figura 40: Gráfico de distribuição do % desmatado em relação ao fragmento florestal. Fonte: o autor

De forma a complementar a compreensão das informações contidas no gráfico abaixo, foi necessário realizar o comparativo referente à extensão dos fragmentos florestais (figura 39) com os números referentes à distribuição do percentual desmatado (figura 40).

Assim, o gráfico da figura 41 demonstrará a proporção real dos números do desmatamento no baixo curso do Rio Jucu.

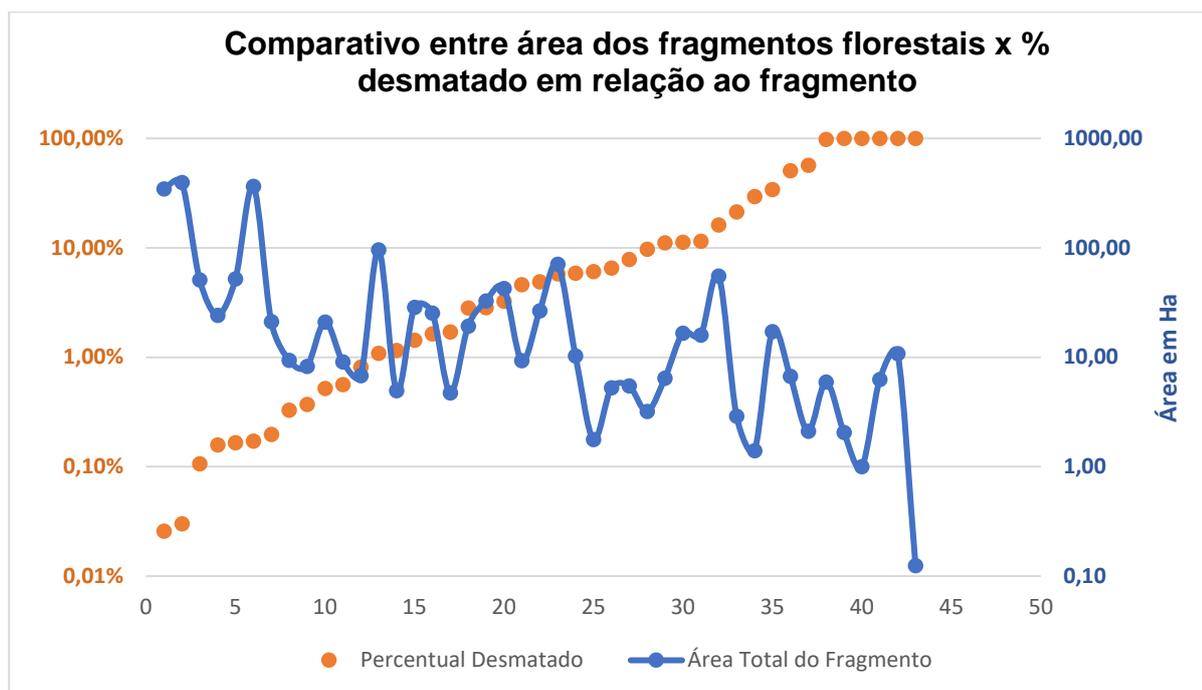


Figura 41: Gráfico comparativo entre a área do fragmento florestal x % desmatado em relação ao fragmento. Fonte: o autor

Isso possibilitou estabelecer uma divisão dos valores referentes ao desmatamento alusivo às áreas abaixo representadas pela tabela 10.

Tabela 10: Proporção dos focos de desmatamento no baixo curso do rio Jucu.

	<b>Faixa 1 0 a 10 ha</b>	<b>Faixa 2 10 a 100 ha</b>	<b>Faixa 3 Acima de 100 ha</b>
Área desmatada (ha)	23,61	40,47	0,83
Média da área desmatada (ha)	1,12	2,13	0,28
Desmatamento em relação a área desmatada (%)	36,37	62,34	1,28
Desmatamento em relação a área total dos fragmentos (%).	1,28	2,19	0,05

Fonte: o autor.

Observando as informações acima, com destaques para as faixas 1 e 2, é possível tecer comentários a respeito do desflorestamento ocorrido no baixo curso do Rio Jucu. Respondendo por 23,61 ha de supressão florestal, a faixa 1 representa 36,37% quando comparada ao total da área desmatada, com tamanho médio de 1,02 ha de área. Quando comparada à área total dos fragmentos onde ocorreram a prática de supressão florestal, a faixa 1 representa 1,28%.

O desmatamento em fragmentos entre 10 e 100 ha totaliza 40,47 ha, o que representa mais de 60% em relação à área total desmatada, uma vez que o trecho apresentou um total de 64,91 ha de área desmatada. A média dessas áreas desmatadas é de 2,13 ha e em comparação a área total dos fragmentos a faixa responde por 2,19%.

Já em fragmentos maiores acima de 100 ha não houve valores significativos de desmatamento, sugerindo uma concentração de retirada da vegetação nas faixas 1 e 2 conforme figura 41 e tabela 10.

Diante dos valores estatísticos encontrados, e metodologia adotada, constatou-se uma tendência de conversão de áreas florestais em áreas residenciais ou em infraestruturas urbanas, como incremento de estradas e rodovias. Além disso, como já citado, o baixo curso do Rio Jucu, é o trecho mais urbanizado, o que pressupõe maior potencial para novas obras de infraestrutura urbana, necessitando maiores áreas para essas ações.

A menor participação do setor agropecuário nos municípios do baixo curso do Rio Jucu também corrobora para a conversão de áreas florestais em usos de infraestruturas urbanas e residenciais. Os dados do IBGE (tabela 11) referente à participação das atividades agropecuárias no PIB municipal evidenciam que não há avanço significativo de novas áreas agrícolas sobre as florestais.

Tabela 11: Proporção da agropecuária no PIB total dos municípios capixabas

<b>Participação do valor adicionado bruto a preços correntes da agropecuária no valor adicionado bruto a preços correntes total (%)</b>		
<b>Ranking</b>	<b>Municípios</b>	<b>%</b>
68	Guarapari (ES)	2.15
74	Viana (ES)	0.74
75	Vila Velha (ES)	0.16
76	Cariacica (ES)	0.15

Fonte: SIDRA, IBGE 2021.

Portanto, mesmo observados focos de desmatamento nas zonas rurais dos municípios, tanto os números quanto a realidade em campo sugerem que o padrão de conversão de áreas florestais não seja para o incremento do setor agropecuário.

Soma-se a isso, a constatação de que o tamanho médio das áreas desmatadas superior a 1 ha, sugere intervenções que se assemelham às obras verificadas na campanha de campo.

Conforme as figuras 42, 43 e 44, foi possível estabelecer também uma associação das principais vias de acesso, entre elas, Rodovia do Sol, Leste Oeste e BR-101, aos principais focos de desmatamento no baixo curso do Rio Jucu.

Uma possível explicação pode residir no fato dessas rodovias se constituírem como importantes vias de escoamento de produtos e pessoas nos últimos anos, valorizando assim as áreas do entorno, potencializando novos empreendimentos imobiliários, resultando assim em mais obras de melhorias nesses locais.



Figura 42: Supressão da vegetação para a construção da Rodovia Leste Oeste ligando Vila Velha a Cariacica. Fonte: o autor

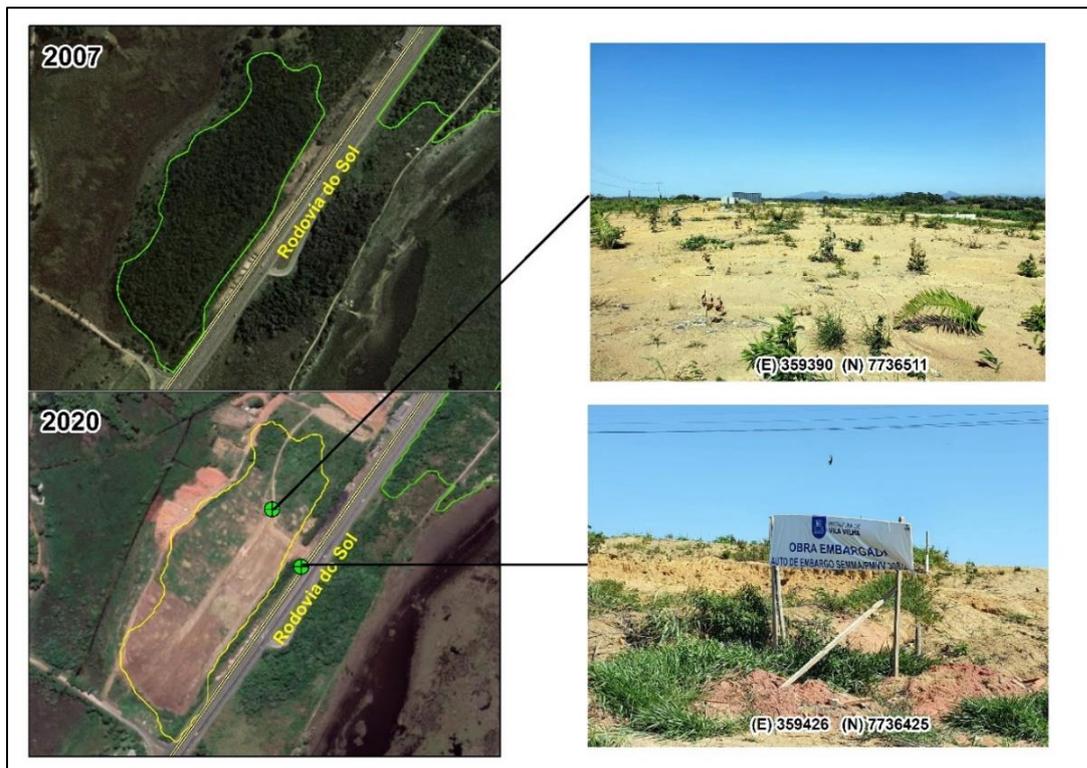


Figura 43: Desmatamento completo da restinga às margens da Rodovia do Sol em Vila Velha. Fonte: o autor

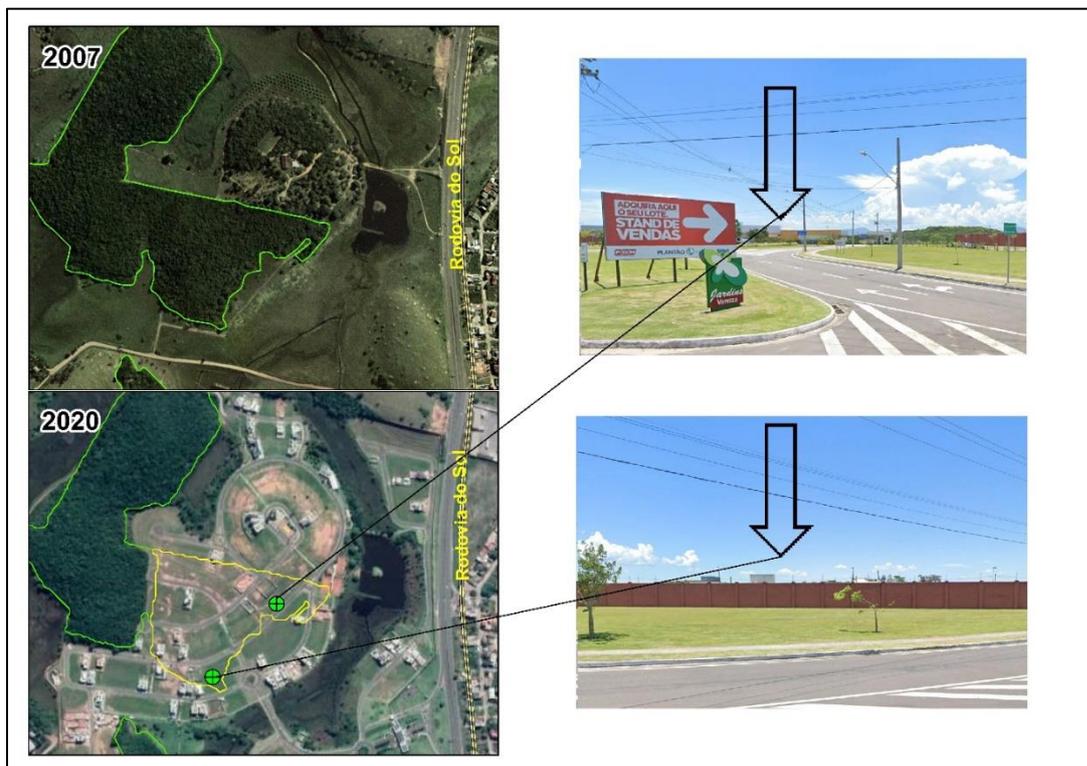


Figura 44: Fragmento florestal convertido em condomínio residencial ao longo da Rodovia do Sol, Vila Velha. Fonte: o autor

O avanço do desmatamento no baixo curso do Rio Jucu parece ser uma resposta à crescente demanda por novas áreas de expansão urbana. Apesar de não ter sido objeto dos procedimentos técnicos de quantificação do presente trabalho, pode-se constatar que significativa parte das áreas já desmatadas no trecho encontram-se consolidadas, com a paisagem completamente alterada, e em alguns casos degradadas.

Isso comprova a ineficiência do padrão de exploração adotado, uma vez que cria um círculo vicioso de demanda constante por novas áreas residenciais e equipamentos urbanos. Demanda essa, não necessariamente ligada ao crescimento da produção, mas sim aos movimentos de especulação do mercado financeiro.

## **6.2 MÉDIO CURSO DO RIO JUCU**

Abrangendo a porção oeste dos municípios de Domingos Martins e Marechal Floriano, além das áreas rurais de Viana e Guarapari, o médio curso do Rio Jucu apresenta uma extensão de 80.000 ha, contendo 32.873,82 ha de vegetação nativa. Quando comparado ao baixo curso, o trecho possui significativa cobertura florestal, com alguns fragmentos de mais de 2.000 ha de extensão.

Os valores aferidos mostram que entre 2007 a 2020, o médio curso do Rio Jucu apresentou uma área de 247,82 ha desmatada. Em termos percentuais a supressão da vegetação nativa significou 0,75% da área florestal.

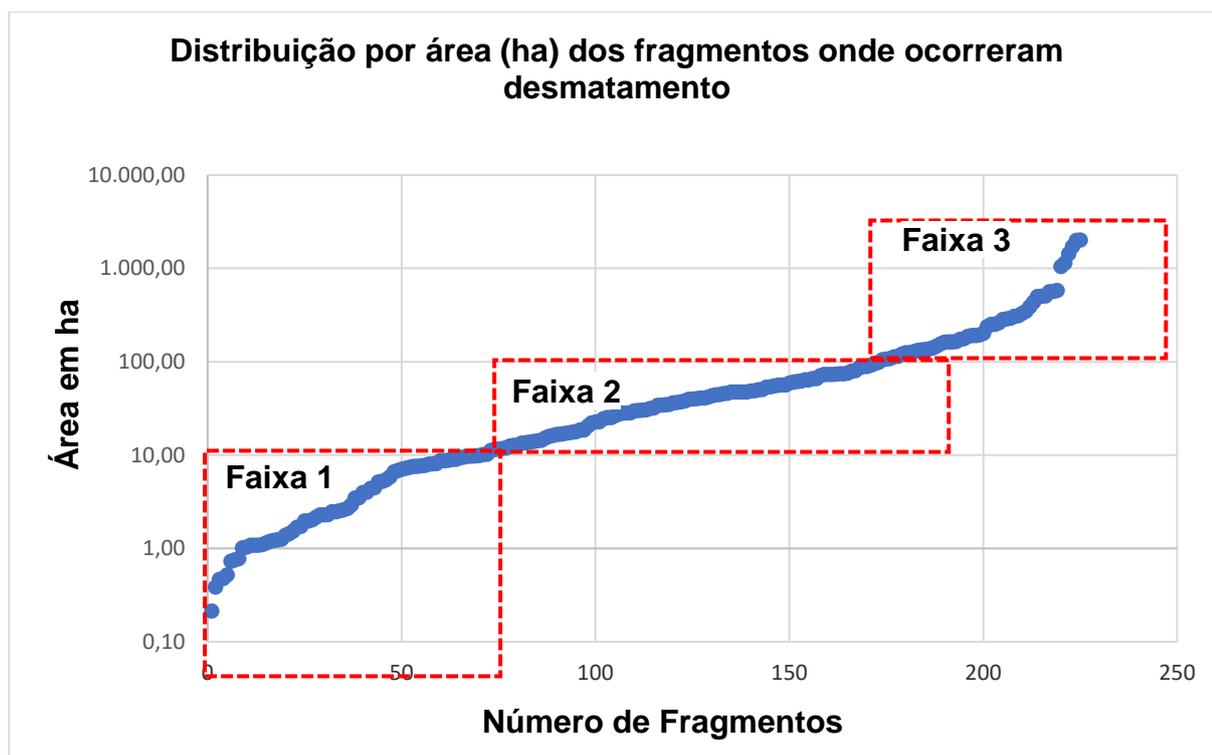


Figura 45: Gráfico de distribuição dos fragmentos florestais onde ocorreram desmatamento no médio curso: Fonte: o autor

No gráfico acima é possível verificar a distribuição das áreas totais dos 225 fragmentos onde ocorreu a supressão florestal na região do médio curso do Rio Jucu. Desses, 70, ou seja, 31,11% correspondem a áreas inferiores a 10 (dez) ha (faixa 1), ao passo que 45,77% (103 fragmentos) referem-se a áreas entre 10 a 100 ha (faixa 2), e 23,11% acima de 100 ha (faixa 3).

Quando comparado ao baixo curso, a região do médio curso apresenta diferenças principalmente nas faixas 1 e 3, nas quais é possível verificar uma distribuição mais homogênea nesses intervalos. Os resultados para a faixa 2 apresentaram uma diminuição face o aumento dos intervalos 1 e 3, mas ainda representam a maioria dentro do total de fragmentos.

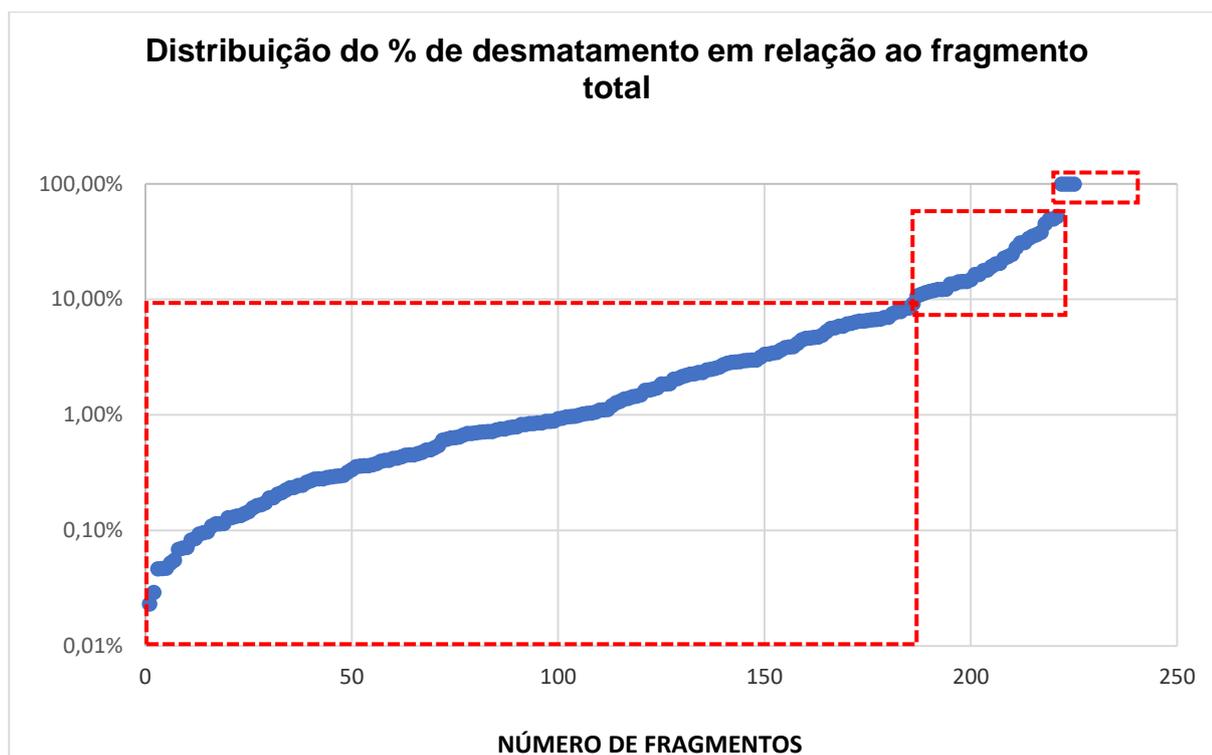


Figura 46 Gráfico de distribuição do % desmatado em relação ao fragmento florestal. Fonte: o autor

Os registros calculados que determinaram a distribuição da porcentagem do desmatamento em relação ao tamanho do fragmento, indicam que o desmatamento está fortemente concentrado no intervalo entre 0 a 10%, sugerindo pequenas intervenções nos fragmentos florestais.

No intervalo entre 10 a 99% foram observadas poucas ocorrências de desflorestamento, sendo que os fragmentos completamente desmatados totalizaram apenas quatro áreas ao longo de todo o trecho.

O comparativo entre a extensão dos fragmentos florestais com os números referentes à distribuição do percentual desmatado está evidenciado no gráfico da figura 47, o qual demonstra a proporção real dos números do desmatamento no médio curso do Rio Jucu.

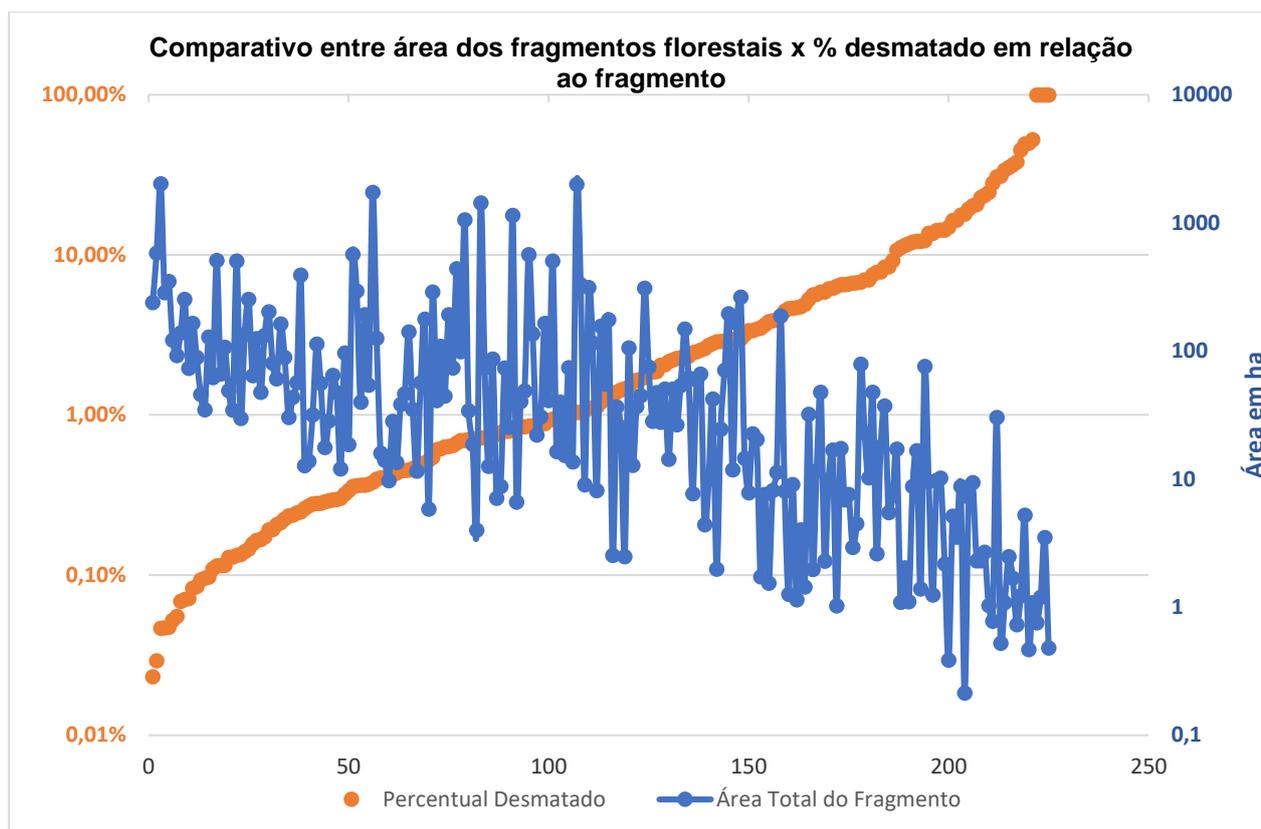


Figura 47 Gráfico comparativo entre a área do fragmento florestal x % desmatado em relação ao fragmento. Fonte: o autor

Tabela 12: Proporção dos focos de desmatamento no médio curso do rio Jucu.

	Faixa 1 0 a 10 ha	Faixa 2 10 a 100 ha	Faixa 3 Acima de 100 ha
Área desmatada (ha)	32,53	80,78	134,50
Média da área desmatada (ha)	0,374	0,531	0,468
Desmatamento em relação a área desmatada (%)	13,13	32,59	54,27
Desmatamento em relação a área total dos fragmentos (%).	0,13	0,32	0,53

Fonte: o autor.

Para a região do médio curso do Rio Jucu, nota-se um comportamento diferente em relação ao baixo curso. A maior parte do desmatamento, 134,50 ha, está concentrado em fragmentos florestais superiores a 100 ha (faixa 3), o que reflete um padrão para o trecho, ou seja, a prática de supressão florestal ocorre, em sua maioria, em grandes fragmentos no médio curso da bacia. Observa-se ainda que o tamanho médio das áreas desmatadas nesses fragmentos é de 0,468ha, muito a baixo ao verificado no baixo curso.

Já para a faixa 2 ou fragmentos entre 10 a 100 ha, observa-se 80,78 ha, o que corresponde a 32,59% do total desmatado, caracterizando assim valores intermediários significativos para o trecho. A média das áreas desflorestadas também se diferencia do baixo curso, enquanto o trecho do médio curso apresentou 0,531ha, a região baixa, ultrapassou 2 ha.

Nos fragmentos florestais menores que 10 ha, (faixa 1) foram registrados os menores índices de desmatamento, com 32,54 ha, representando 13,13% em relação ao total desmatado. A diminuição dos valores aparece também na média das áreas desmatadas na faixa 1, em que se verificou 0,374 ha nos polígonos mapeados.

Diante dos valores estatísticos encontrados, é possível estabelecer que apesar dos fragmentos acima de 100 ha representarem apenas 23,11% do total, são nesses grandes fragmentos florestais que ocorrem as maiores partes das retiradas da vegetação nativa no trecho do médio curso do Rio Jucu.

De forma complementar, a leitura da figura 48 parece corroborar para a construção do seguinte entendimento: desmata-se frequentemente com pequenas áreas em grandes fragmentos acima de 100 ha, sendo tal fato constatado no trabalho de campo e com auxílio das imagens de alta resolução espacial do Google Earth.

Outra característica verificada ao longo do trecho foi a de que em alguns pontos próximos à BR-262 e da mancha urbana de Marechal Floriano e Domingos Martins, a retirada da cobertura florestal ocorre objetivando a instalação de novos empreendimentos imobiliários, como loteamentos e pequenos parcelamentos no entorno das sedes municipais. Já para as áreas rurais distantes da mancha urbana, o padrão observado de desmatamento segue a de conversão para incremento de atividades agrícolas.

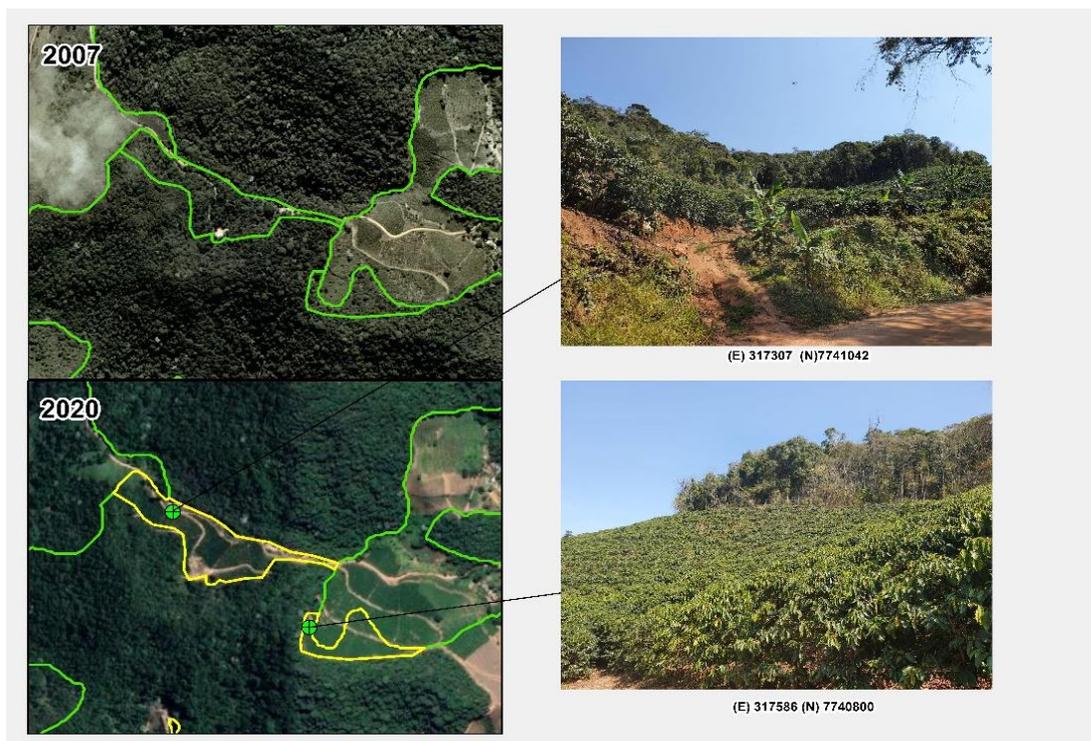


Figura 48: Desmatamento no médio curso do Rio Jucu. Conversão florestal para o cultivo de café.

Fonte: O autor

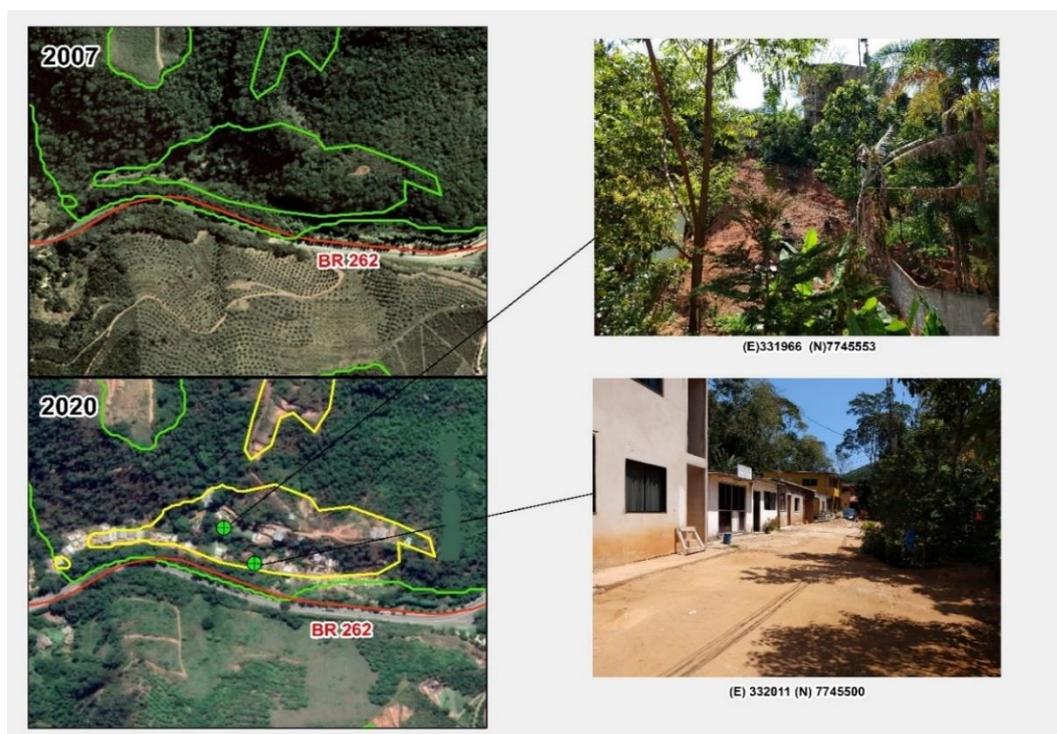


Figura 49: Conversão de áreas florestais em moradias, próximo à BR-262, em Domingos Martins. Fonte: o autor

O comportamento pode ser pautado no potencial das atividades agropecuárias que a região possui, gerando uma cadeia produtiva de suma importância nas escalas municipais e estaduais. As últimas publicações da síntese da produção referente à participação das atividades agropecuárias no PIB municipal (IBGE, 2018) evidenciam que os municípios de Domingos Martins e Marechal Floriano têm lugar de destaque no setor agropecuário estadual.

Tabela 13: Proporção da agropecuária no PIB total dos municípios capixabas.

<b>Participação do valor adicionado bruto a preços correntes da agropecuária no valor adicionado bruto a preços correntes total (%)</b>		
<b>Ranking</b>	<b>Municípios</b>	<b>%</b>
<b>25</b>	<b>Marechal Floriano (ES)</b>	<b>18,47</b>
26	Alfredo Chaves (ES)	18,31
27	Boa Esperança (ES)	18,28
28	Apiacá (ES)	17,46
29	Montanha (ES)	17,38
30	Marilândia (ES)	16,91
<b>31</b>	<b>Domingos Martins (ES)</b>	<b>16,57</b>

Fonte: SIDRA, IBGE 2021

O setor agrícola constitui grande parte da economia de Marechal Floriano, representando cerca de 80% da produção de renda do município, tendo como principais atividades o cultivo do café, a avicultura e a olericultura. Em Domingos Martins, segundo o INCAPER, o município representa cerca de 35% de todo o café cultivado na região Centro-Serrana do Espírito Santo, com mais de 50.000 ha de pés de cafés.

O avanço do desmatamento no médio curso do Rio Jucu, parece ser uma resposta à crescente demanda por novas áreas de expansão das atividades agrícolas em zonas rurais do trecho. Em locais próximos ao eixo viário BR-262 e as sedes urbanas, os recursos florestais dão lugar aos estabelecimentos imobiliários tal como ocorre no baixo curso. Assim, é possível estabelecer um padrão misto para o médio curso do Rio Jucu, observando em sua maioria, que o maior número de focos de desmatamento ocorre em zonas rurais.

### 6.3 ALTO CURSO DO RIO JUCU

O alto curso do Rio Jucu abrange apenas dois municípios da bacia, Domingos Martins e Marechal Floriano, com destaque para localidades com características rurais. Apresenta uma extensão de 100.224,24 ha, contendo 32.976,95 ha de vegetação nativa, números que se assemelham ao trecho anteriormente analisado.

Os valores aferidos mostram que entre 2007 a 2020, o alto curso do Rio Jucu apresentou uma área de 458,03 ha desmatada. Em termos percentuais, a supressão da vegetação nativa significou 1,38% da área florestal.

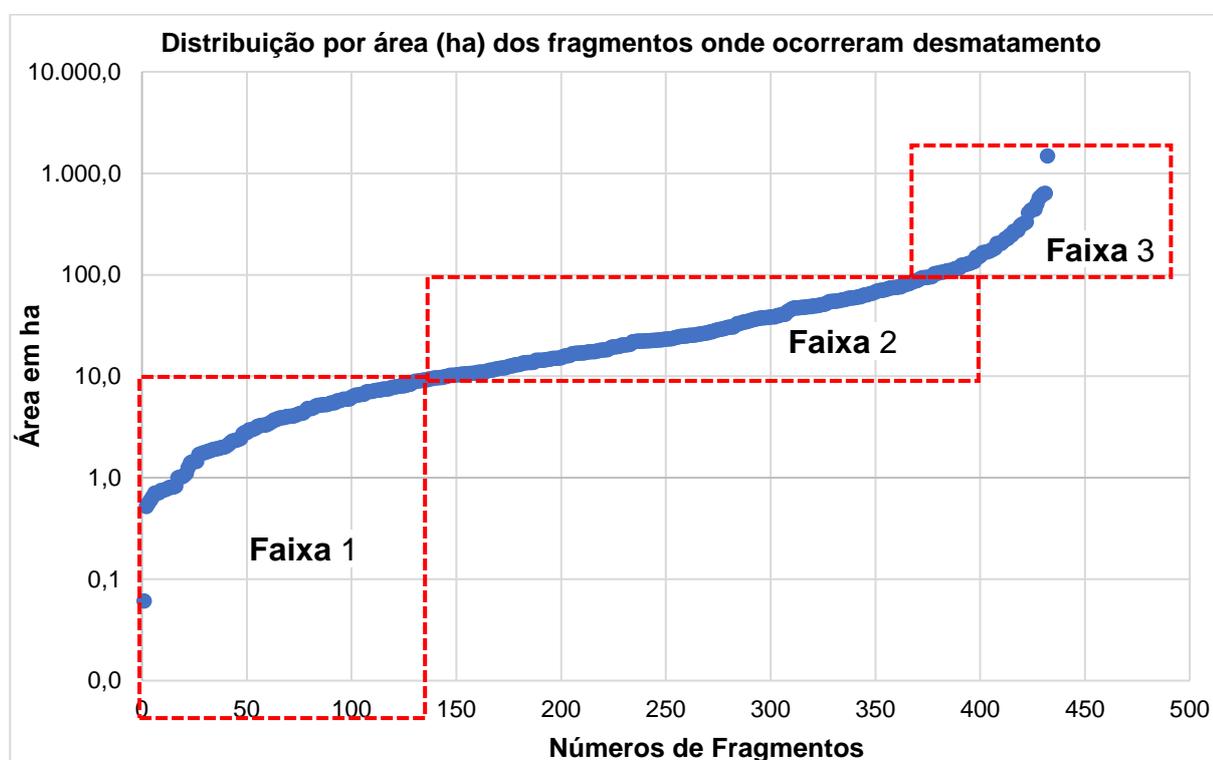


Figura 50: Gráfico de distribuição dos fragmentos florestais onde ocorreu desmatamento no alto curso. Fonte: o autor

Na figura 50 é possível verificar a distribuição das áreas totais dos 432 fragmentos que sofreram com a supressão florestal no alto curso do Rio Jucu. Desses, 145, ou seja, 33,56% correspondendo a áreas inferiores a 10 ha (faixa 1), ao passo que 53,70% (232 fragmentos) referem-se a áreas entre 10 a 100 ha (faixa 2), e 12,73 % acima de 100 ha (faixa 3).

Percebe-se para o alto curso, semelhanças na distribuição dos fragmentos afetados pelo desmatamento com o médio curso, sendo que o desmatamento ocorre predominantemente em fragmentos florestais entre 10 a 100 ha, seguido por valores significativos para a faixa 1 (0 a 10 ha) e poucos fragmentos acima de 100 ha correspondentes a faixa 3.

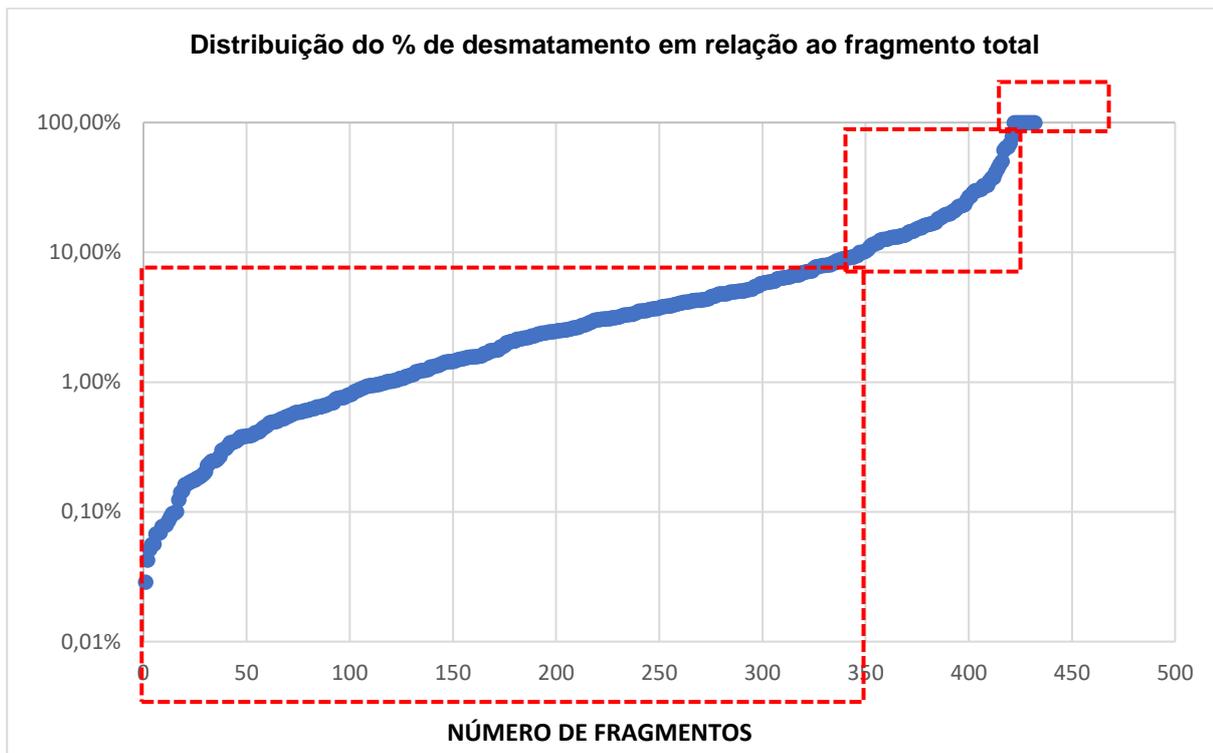


Figura 51: Gráfico de distribuição do % desmatado em relação ao fragmento florestal, alto curso.

Fonte: o autor

Na região do alto curso do Rio Jucu, a distribuição da porcentagem do desmatamento em relação ao tamanho do fragmento, indica que esse está fortemente concentrado no intervalo entre 0 a 10%, sugerindo pequenas intervenções nos fragmentos florestais, assim como assistido no médio curso. No intervalo entre 10 a 99% foram observadas algumas ocorrências de desflorestamento, sendo mapeados onze fragmentos completamente suprimidos para o trecho em destaque.

O comparativo entre a extensão dos fragmentos florestais com os números referentes à distribuição do percentual desmatado está evidenciado no gráfico da figura 52, o qual demonstra a proporção real dos números do desmatamento no alto curso do Rio Jucu.

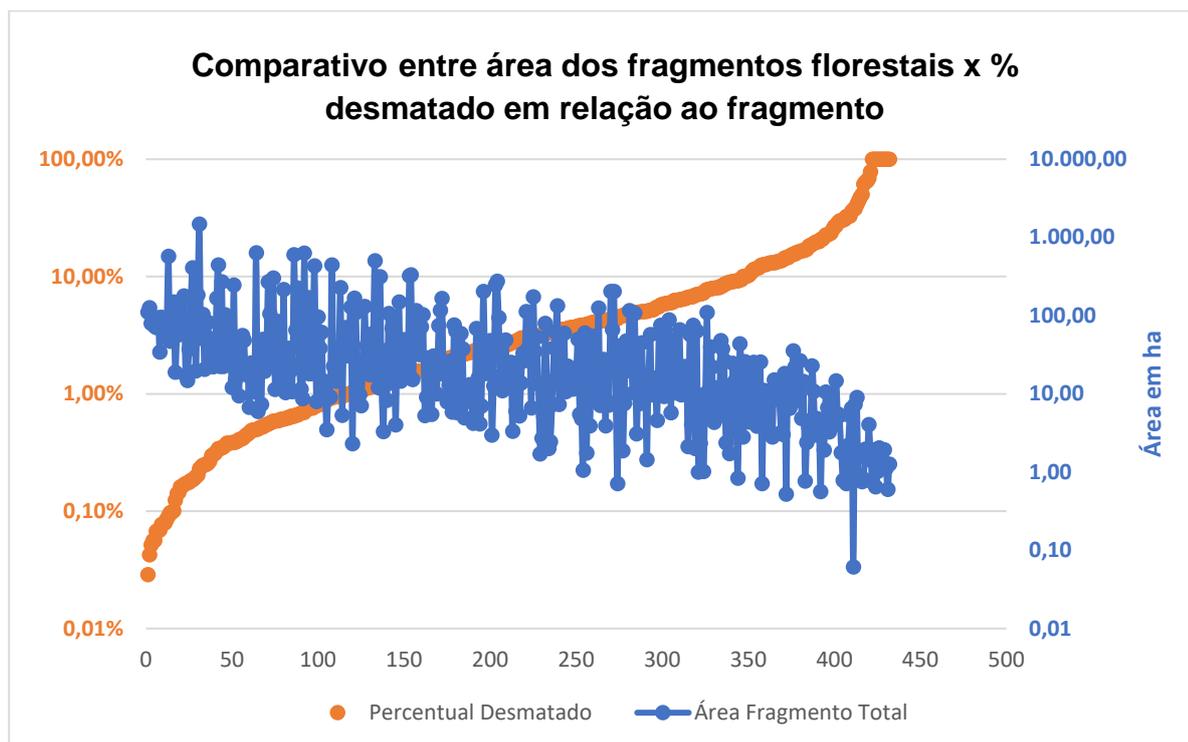


Figura 52: Gráfico comparativo entre a área do fragmento florestal x % desmatado em relação ao fragmento. Fonte: o autor

Tabela 14: Diagnóstico do desmatamento no alto curso do Rio Jucu. Fonte: o autor.

	Faixa 1 0 a 10 ha	Faixa 2 10 a 100 ha	Faixa 3 Acima de 100 ha
Área desmatada (ha)	77,883	229,40	150,75
Média da área desmatada (ha)	0,472	0,537	0,532
Desmatamento em relação a área desmatada (%)	16,48	50,61	32,91
Desmatamento em relação a área total dos fragmentos (%).	0,34	1,02	0,66

Na região do alto curso do Rio Jucu, a maior parte do desmatamento, 229,40 ha, está concentrada em fragmentos florestais superiores, entre 10 a 100 ha (faixa 2), o que reflete um padrão um pouco diferente para o trecho, ou seja, pouco mais da metade da supressão florestal ocorre em fragmentos médios. Observa-se ainda que o tamanho médio das áreas desmatadas nesses fragmentos é de 0,537 ha, próximo ao verificado no médio curso.

Já para a faixa 3 ou fragmentos superiores a 100 ha, observa-se 150,75 ha, o que corresponde a 32,91% do total desmatado, caracterizando assim, valores intermediários significativos para o trecho. A média das áreas desflorestadas é de 0,532 ha nesses grandes fragmentos.

Nos fragmentos florestais menores que 10 ha, (faixa 1), foram registrados os menores índices de desmatamento, com 77,88 ha representando 16,48% em relação ao total desmatado. Tal como observado no médio curso, a média para a faixa 1 também segue um padrão de diminuição.

No alto curso, os fragmentos entre 10 e 100 ha correspondem a mais de 50% do total e ao mesmo tempo, são nessas áreas que estão concentrados os focos de desmatamento. Nesse sentido, para a região estabelece-se um modelo em que a supressão florestal ocorre em fragmentos médios com pequenas áreas desmatadas, conforme a tabela 14, acima apresentada.

Tanto no médio quanto no alto curso, uma característica observada pela validação do mapeamento, é o padrão espacial das áreas desmatadas. O desmatamento ocorre com maior frequência às margens dos fragmentos florestais, de forma difusa e gradativa. Em outras palavras, a retirada da vegetação inicia-se pelas bordas dos fragmentos com pequenas áreas desmatadas, como forma de expansão de culturas e atividades agrícolas na região.

Esse entendimento foi reforçado pelo trabalho de campo e as imagens das figuras 53, 54 e 55 auxiliam na convergência entre os elementos encontrados no mapeamento com a realidade observada. As verificações in loco na região do alto curso mostraram que em todas as áreas houve a substituição da mata nativa para usos agrícolas diversos.



Figura 53: Duas áreas desmatadas convertidas em lavouras de café. Fonte: o autor

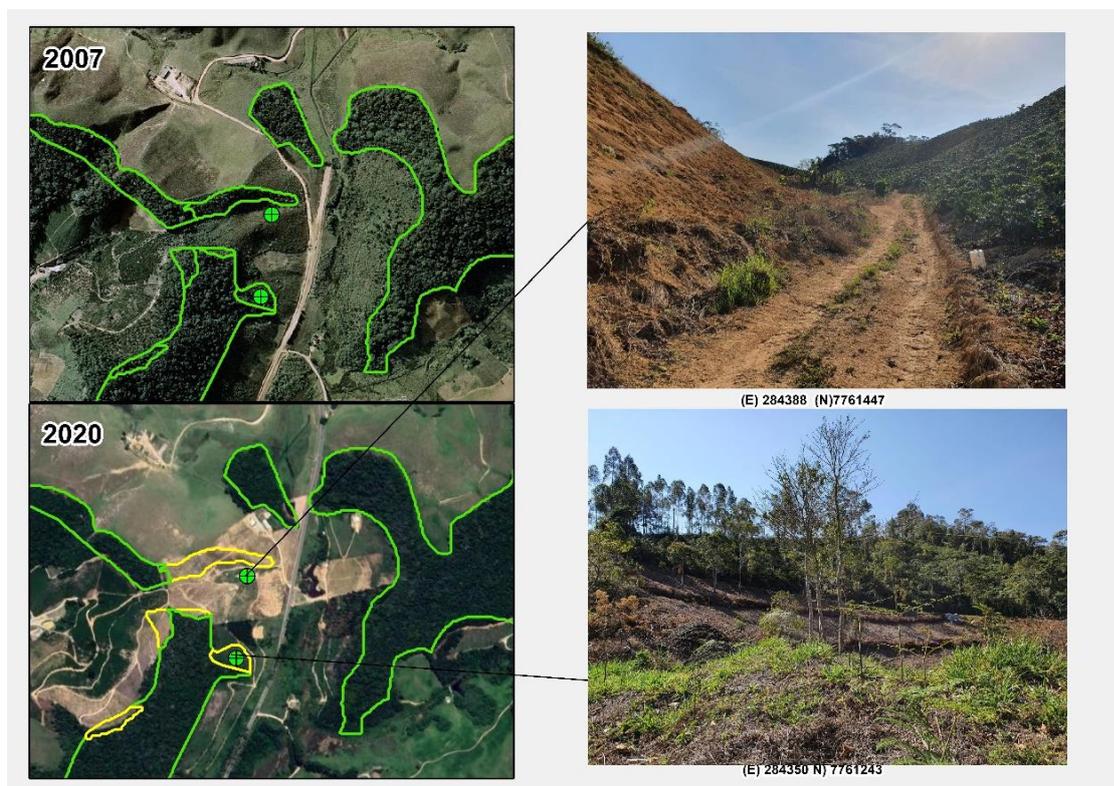


Figura 54: registro de campo em área desmatada, com destaque para insumos agrícolas encontrados no local. Fonte: o autor

Os valores do desmatamento para o alto curso do Rio Jucu demonstram que as atividades agropecuárias substituem os recursos florestais. De forma sintética, a região possui um número maior de áreas florestais quando comparados aos dois trechos anteriores, porém, traz os maiores índices de áreas desflorestadas.

Além disso, respaldado pelas análises estatísticas e verificação in loco, notam-se diferentes processos que agem na alteração da paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu, que pode ser entendido da seguinte forma:

- ✓ Baixo Curso – Desmatamento em fragmentos médios operando em áreas desmatadas em média superior a 1 ha, para expansão de áreas residenciais e obras de infraestrutura viária, tendo proximidade dos principais eixos viários da região;
- ✓ Médio Curso – Desmatamento em grandes fragmentos operando em pequenas áreas desmatadas em média 0,5 ha, em sua maioria para expansão de novas áreas agrícolas. Próximo a BR-262 e as manchas urbanas verificou-se a conversão de áreas florestais em novos bairros e estabelecimentos comerciais e residenciais; e,
- ✓ Alto Curso - Desmatamento em fragmentos entre 10 e 100 ha, operando em pequenas áreas desmatadas inferiores a 0,5 ha, exclusivamente para abertura sistemática de novas áreas agrícolas.

Face ao exposto, as discussões seguintes serão realizadas no âmbito geral da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu, com auxílio de mapa de calor (Kernel), em que serão cartografadas e identificadas as localidades com mais ocorrência de desmatamento ao longo de toda área em estudo. Com isso, espera-se que se possa produzir um mapa de concentração dos focos de desmatamento e associá-lo ou não aos fatores fisiográficos da Bacia.

#### **6.4 MAPA DE CALOR REFERENTE AO DESMATAMENTO ENTRE OS ANOS DE 2007 A 2020 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUCU**

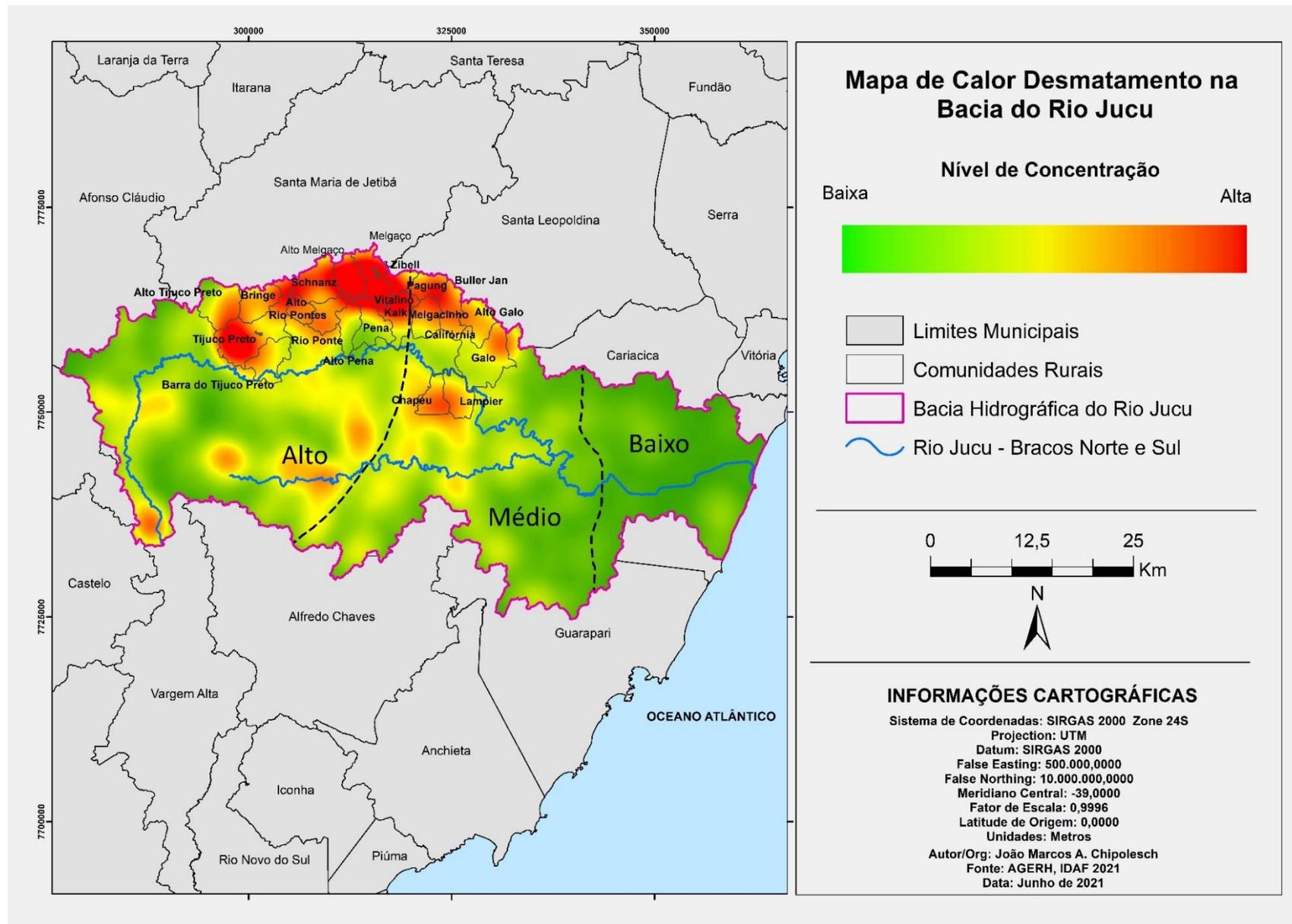


Figura 55: Mapa de Calor (Kernel) do desmatamento na bacia do rio Jucu entre os anos de 2007 a 2020. Fonte: o autor

Com o intuito de demonstrar como se comportam espacialmente os dados de desmatamento, foram elaborados mapas, utilizando o algoritmo de Kernel, identificando, assim, as áreas de concentração de supressão florestal, além de verificar seu comportamento.

Pelo mapa apresentado na figura 55, é possível observar que a concentração de desmatamento está situada no alto curso do rio Jucu, no município de Domingos Martins, nas seguintes comunidades rurais: Tijuco Preto, Alto Tijuco Preto, Barra do Tijuco Preto, Bringe, Schnanz, Alto Rio Pontes, Rio Ponte, Alto Penas, Pena Melgaço, Alto Melgaço, Zibel, Vitalino Kalk, Pagung, Melgacinho, Califórnia, Buller Jan, Galo, Alto Galo, Chapéu e Lampier.

Todas estas comunidades possuem vocação e potencial para atividades agrícolas, e de forma a subsidiar a compreensão das razões do desmatamento nessas áreas, as informações contidas no gráfico abaixo permitem sugerir que a retirada da vegetação está intimamente ligada à expansão de novas áreas agrícolas e silvicultura.

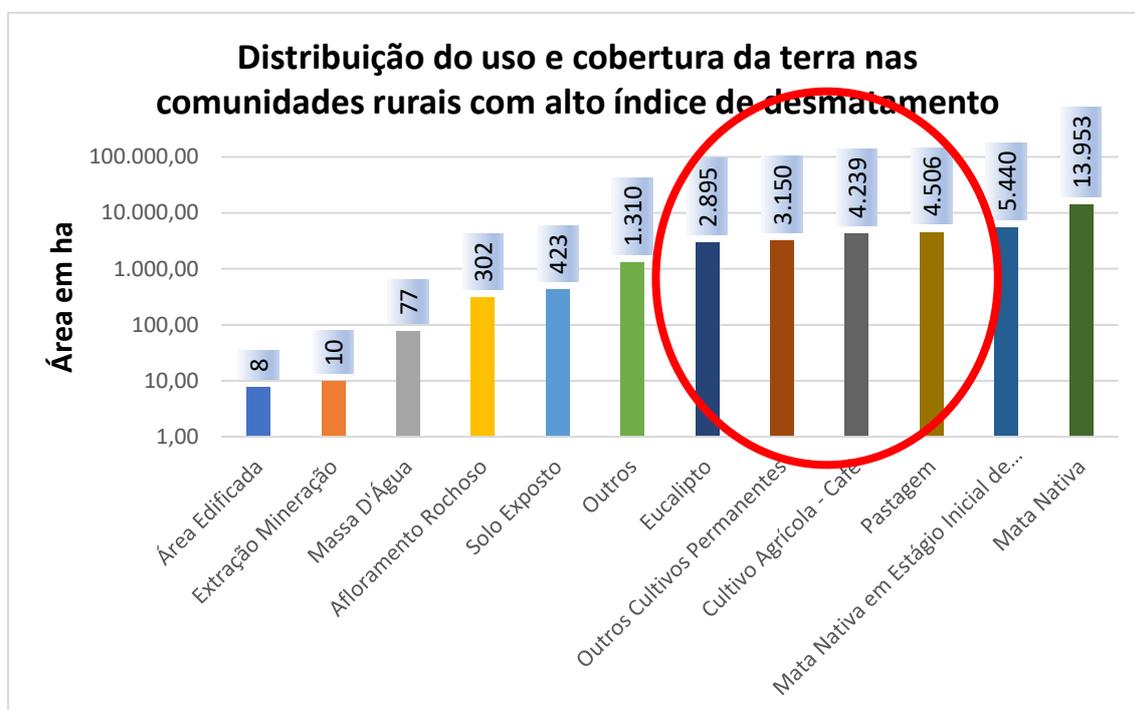


Figura 56: Quantificação dos usos da terra nas comunidades com alta concentração de desmatamento. Fonte: adaptado IEMA 2012/2015.

Tendo como parâmetro a tabulação dos dados referente ao mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra (IEMA, 2012/2015), é possível destacar que as classes com maiores áreas em hectares são de cultivos agrícolas, pastagem e silvicultura de eucalipto. Essas informações tornam-se imprescindíveis, pois asseguram que a maior concentração do desmatamento pode estar diretamente ligada a expansão de novas áreas de café, eucalipto, pastagem e demais cultivos permanentes.

Outro fato que merece destaque é a proximidade das comunidades com o principal curso d'água da bacia. O braço norte do Rio Jucu parece influenciar de forma direta a conversão de áreas florestais em uso agrícola, uma vez que a região possui densa rede hidrográfica que abastece o canal principal, o que por sua vez, oportuniza e facilita a prática de irrigação para novas lavouras agrícolas.

Na sobreposição com o mapa hipsométrico, a concentração do desmatamento chama a atenção para uma possível homogeneidade face às cotas altimétricas. No mapa abaixo (figura 57), verifica-se que no intervalo entre 500 a 1.250 metros situam-se as localidades onde mais se desmata, com predomínio da faixa de 750 a 1.000 metros de altitude.

Dessa maneira, é possível associar de forma objetiva que a disponibilidade de áreas de café (acima de 4.000 ha), a oferta hídrica e o predomínio de médias altitudes, criam as condições ideais para que a espécie arábica (cultivada acima de 600 metros de altitude) seja um dos agentes catalisadores do desmatamento na região.

Amparado no referencial teórico, evidencia-se que a dinâmica de modificação do uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu, segue o modelo exploratório dos recursos florestais observado ao longo de toda a história do país.

Não obstante, Deina (2013), destaca que as alterações à montante desta área, que mesmo situada nas porções do médio e alto Jucu, acabam por se refletir a jusante. A retirada da cobertura florestal promove a exposição direta do solo às intempéries, induzindo um maior escoamento superficial das águas da chuva,

que por sua vez provoca mais erosão deixando fortes indícios de assoreamento do leito do rio em vários trechos do canal principal.

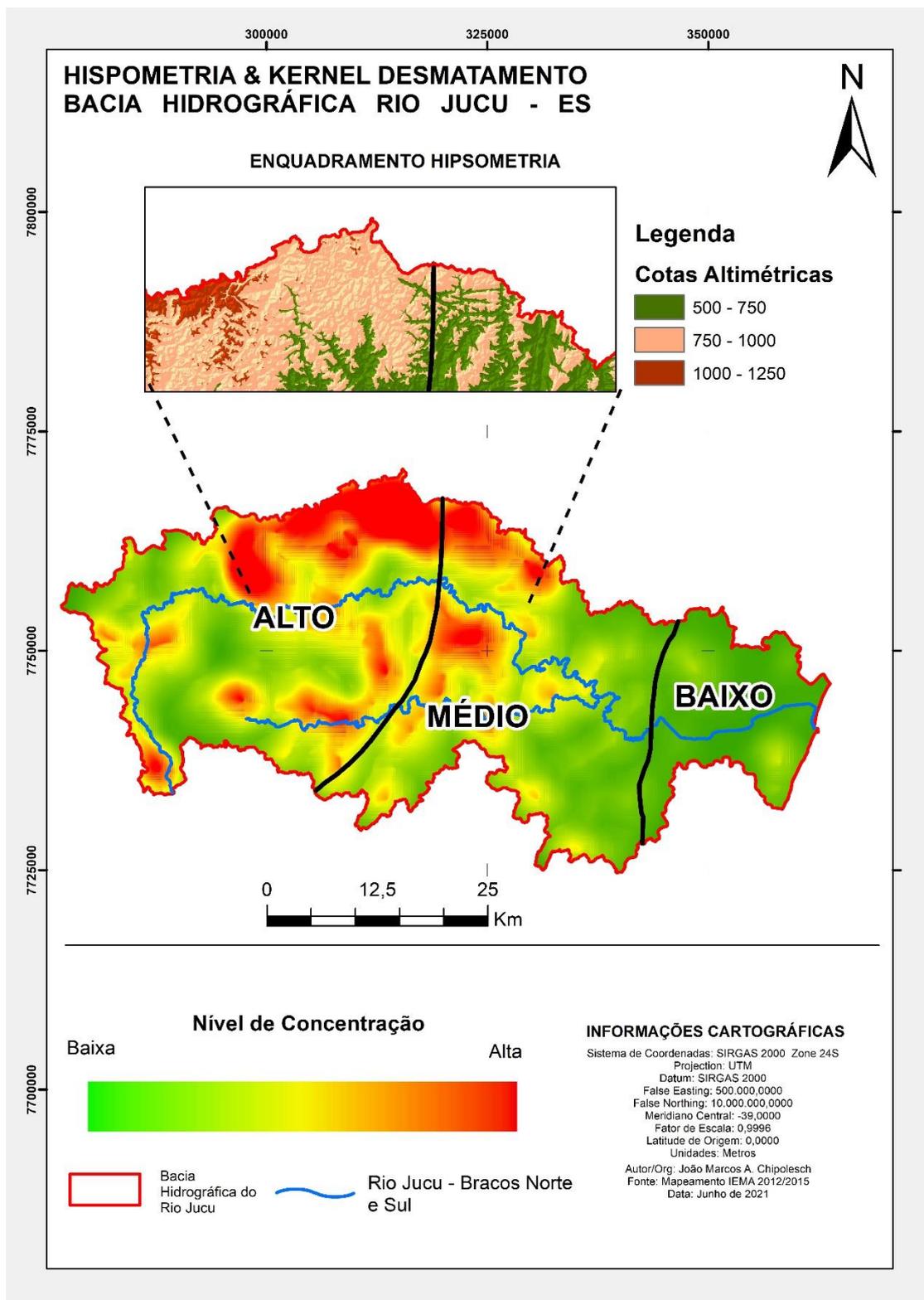


Figura 57: Mapa de calor desmatamento e enquadramento da hipsometria. Fonte: o autor

No estado do Espírito Santo, não há iniciativas ou projetos de monitoramento sistemático da vegetação nativa. Os mapeamentos IEMA 2007/2008 e IEMA 2012/2015, avançaram muito em diagnosticar nesse período, a dinâmica do uso e cobertura da terra de forma precisa e eficaz. Entretanto, entende-se que o monitoramento contínuo dos recursos florestais deve auxiliar o combate do desmatamento e prevenir supressões de novas áreas.

O Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012) determina que a supressão de vegetação, nos casos permitidos por lei, depende de prévia autorização do órgão ambiental; e no contexto institucional, o IDAF é o ente estadual responsável pela fiscalização e autorização de exploração florestal no território capixaba.

A rotina de fiscalização e monitoramento da vegetação nativa ocorre na maior parte das vezes por denúncias ou vistorias in loco, deixando uma lacuna a ser preenchida com o auxílio dos produtos oriundos do SR. Faz-se necessário, portanto, ações imediatas do poder público no sentido de buscar alternativas que possam frear o desmatamento na Bacia do Rio Jucu.

As intervenções nessa unidade de planejamento têm sido agressivas e degradantes no que se relaciona a alteração da paisagem. A retirada da vegetação nativa para aberturas de estradas, construção de novos bairros e condomínios, além da expansão da fronteira agrícola, tem dado uma dinâmica não aceitável a uma bacia hidrográfica considerada estratégica.

Totalizando 750,62 ha de desmatamento entre 2007 a 2020 a bacia do Rio Jucu ainda conserva significativos fragmentos de vegetação nativa que por sua característica desempenham importantes serviços ambientais para toda a sua extensão. Dessa forma, o uso das imagens orbitais de alta resolução, em conjunto com o seu processamento digital, tem capacidade para promover racionalidade e objetividade na tomada de decisões estratégicas.

Por isso, em tese, esta pesquisa e seus resultados, contribuiu para promover o preenchimento da lacuna supracitada, pois a metodologia ora aplicada se mostrou eficaz na detecção do desmatamento.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre agosto de 2020 e julho de 2021, o PRODES apontou mais de 13.000 km<sup>2</sup> de áreas desmatadas na Amazônia, números que são os maiores desde 2006. Apesar de localizar-se em outro Bioma, o desmatamento parece seguir as mesmas trilhas na Mata Atlântica capixaba. Segundo Lovato (2018), a Mata Atlântica é um dos ecossistemas mais atingidos pela fragmentação desde os primórdios da colonização.

A detecção e análise do desmatamento na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu entre os anos de 2007 a 2020, ancorada na compreensão da noção de paisagem, contribuem para a afirmação da importância dos produtos do SR, e da acuidade e inter-relação entre os fatores naturais e sociais nos estudos de natureza geográfica.

Constatou-se em números que 750,86 ha de Mata Atlântica foram desmatados no período supramencionado na bacia do Rio Jucu. A dinâmica da conversão de áreas florestais seguiu diferentes padrões para cada setor da unidade de planejamento do Rio Jucu (baixo, médio e alto curso, de acordo com as cotas altimétricas).

A região do baixo curso, com 64,91 ha de área desmatada situa-se nas proximidades da foz do Rio Jucu, região mais urbanizada na bacia, sofrendo intensa pressão dos centros urbanos no sentido de expansão de novas áreas residenciais e incremento de obras de melhoria viária como construção e melhoramento de rodovias.

O desmatamento, portanto, atua nesse trecho de forma a converter áreas florestais em novos condomínios residenciais e em aberturas de novas rodovias, com áreas desmatadas acima de 1 ha de média. Os principais eixos como Rodovia do Sol, Leste Oeste e BR-101 sugerem uma influência direta para a supressão florestal ter esse padrão, pois são importantes vias de comunicação de pessoas e mercadorias que valorizam toda a região.

No médio curso observou-se dois modelos de conversão do uso do solo, um ligado à proximidade com as sedes municipais de Domingos Martins e Marechal Floriano e com a BR-262, que por sua vez, altera as áreas florestais em novos bairros, loteamentos e empreendimentos comerciais, além de outro padrão localizado nas zonas rurais, onde a mata dá lugar a novas lavouras agrícolas.

A supressão florestal no médio curso sugere, portanto, um padrão misto com influência direta da BR-262 e dos centros urbanos acima citados e a vocação para atividades agropecuárias dos municípios, totalizando 247,82 ha de áreas desmatadas.

Os valores registrados para o alto curso do Rio Jucu, são os maiores observados entre os três setores da bacia, sendo verificados 458,03 ha de floresta perdida para o trecho. A aferição dos valores aponta para a quase totalidade de expansão de áreas de cultivos agrícolas em detrimento à vegetação nativa de Mata Atlântica.

É importante destacar que o padrão espacial do desmatamento na bacia é um elemento significativo para sua compreensão, pois a retirada da vegetação ocorre de forma difusa e gradativa, iniciando-se a degradação da floresta pelas bordas dos fragmentos, em pequenas áreas, como tentativa de fugir dos agentes fiscalizadores.

Por isso, um dos objetivos da pesquisa gravita em torno da contribuição do SR e Geotecnologias gratuitas como forma de garantir a igualdade de oportunidade de uso, sem se distanciar da eficácia e precisão dos produtos finais. Ao mesmo tempo o processamento digital das imagens CBERS4, permitiu a confecção de um mapa de calor (Kernel) de desmatamento ao longo de toda a bacia.

Cartografou-se, portanto, os *hotspots* (pontos quentes) referentes ao desmatamento revelando os locais onde esses processos foram mais intensos. Concomitantemente, a utilização do conceito de paisagem permitiu identificar e setorizar a bacia em paisagens distintas, onde o padrão de conversão de áreas florestais ocorre de maneira diferente.

Em algumas comunidades rurais de Domingo Martins foi constatada uma alta concentração de áreas desmatadas situadas na porção norte do município com destaque para Tijuco Preto, Melgaço e Alto Melgaço, comunidades com enorme potencial de produção de café arábica, considerado principal agente catalisador no processo de modificação de paisagens florestais para novas áreas degradadas.

Desta forma, pôde-se fazer uma avaliação diferenciada da intensidade de degradação na unidade de planejamento identificando áreas de maior e menor pressão, uma vez que a quantificação generalizada poderia mascarar as diversas realidades ali existentes e a gravidade dos valores de desmatamento encontrados.

A presente pesquisa estabeleceu assim, uma proposta de rotina de monitoramento dos recursos florestais utilizando as imagens orbitais CBERS4, softwares gratuitos, que poderá servir de piloto para o IDAF no âmbito das suas atribuições fiscalizatórias.

Ademais, a metodologia apresentada pode contribuir para a economia de esforços, uma vez que permite identificar pontualmente as áreas desmatadas, evitando vistorias ou denúncias precárias. Além disso, para a implementação dessa rotina de monitoramento, é possível observar a contenção de recursos financeiros, visto que a aquisição, o processamento e mapeamento final são realizados em ambientes completamente gratuitos.

Destaca-se que a resolução temporal do sensor CBERS4 a cada 26 dias, assegura uma regularidade previsível em relação à aquisição de imagens e também um recobrimento potencial de diferentes locais ao redor do globo. As limitações para a replicação dos procedimentos seriam de ordem de armazenamento das cenas e aparecimento de nuvens nas imagens.

As ações no intuito de identificar e detectar o desmatamento da vegetação nativa da Mata Atlântica parecem, ao menos em curto prazo, as únicas alternativas

cabíveis para a proteção de toda biodiversidade inserida nesse importante ecossistema. Trata-se de um problema de difícil solução, que requer vontade dos entes governamentais e um esforço de reconfiguração das estruturas urbanas e rurais para adaptar-se às condições naturais estabelecidas previamente.

Alguns países aprenderam a lidar com as suas florestas. Já não são recentes as evidências de que é possível equilibrar as condições de convívio entre as populações urbana e rural e os recursos florestais. Então o que está faltando para que se alcance tal consonância? E como será a restauração dos ambientes já desmatados ao longo dessa importante bacia hidrográfica? Certamente este é um problema difícil de ser solucionado em curto prazo.

A partir da relação entre os resultados alcançados e a abordagem teórica utilizada, é possível revelar apenas uma parte da complexidade que permeia a interação entre as dinâmicas naturais e sociais no âmbito dos recursos florestais, tendo em vista que a compreensão dessa interação faz parte de um sistema maior que se conecta em diferentes escalas.

Por fim, cumpre destacar que o presente trabalho não tem a pretensão de esgotar o debate em torno do assunto ou impor quaisquer sentenças teórico-metodológicas. Os resultados e conclusões ora apresentados buscam contribuir para um debate que reorienta o modelo predatório verificado no Bioma Mata Atlântica, visando a qualificação dos instrumentos de ordenamento do uso do solo e da formulação de políticas públicas, bem como outros trabalhos de ordem acadêmica na busca pela construção de modelos mais sustentáveis de desenvolvimento.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, Aziz. **Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ACHARD, F, et al. **Determination of Deforestation of the World's Humid Tropical Forests**. Science. 297, 999-1002. (2002).

AGERH - AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Enquadramento de Corpos de Água e Plano de Recursos hídricos dos rios Santa Maria da Vitória e Jucu. 2016.** Disponível em: <https://agerh.es.gov.br/Media/agerh/Documenta%C3%A7%C3%A3o%20CBHs/CBHs%20Jucu%20e%20Santa%20Maria%20da%20Vit%C3%B3ria%20-%20Enquadramento%20de%20Corpos%20de%20%C3%81gua%20e%20Plano%20de%20Recursos%20H%C3%ADricos.pdf>. Acesso em: 05 de abril de 2021.

AIZEN MA, FEINSINGER P (1994) **Habitat fragmentation, native insect pollinators, and feral honey bees in Argentine 'Chaco Serrano'**. Ecological Applications 4: 378–392, 1994.

ALVARENGA, N. I. **Uso de ferramentas de SIG e sensoriamento remoto para o monitoramento do desmatamento em unidades de conservação: estudo de caso da Floresta Nacional do Bom Futuro -RO / Itagyba Alvarenga Neto**. Porto Velho, Rondônia, 2010. 112f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Fundação Universidade Federal de Rondônia / UNIR.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Bacias Hidrográficas do Atlântico Sul – Trecho Leste: Sinopse de informações do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Sergipe**. Disponível em: Acesso em: 25 ago. 2020. RESOLUÇÃO Nº 597, DE 27 DE DEZEMBRO DE 2006. Disponível em: Acesso em: 26 jan. 2021.: HIDROWEB. Disponível em: Acesso em: 12 jan. 2021.

AQUINO, Lucimeire Brandão Carlunga de. **Evolução do desmatamento no planalto de Corumbá pela análise de imagens de satélite / Lucimeire Brandão Carlunga de Aquino, Carlos Roberto Padovani – Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. 32 p.**

ATLAS DA MATA ATLÂNTICA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO 2007-2008/2012-2015/ Sossai, Marcos Franklin (coord). Cariacica ES: IEMA, 2018.

BARRELLA, W. et al. **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes**. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

Batista, G.T.; Tucker, C.J. Assessment of AVHRR data for deforestation estimation in Mato Grosso (Amazon Basin). **Remote Sensing Reviews**, v. 10, n.1-3, p. 35-50, 1994.

BIEBER, A. G. D.; SILVA, P. S. D.; SENDOYA, S. F.; OLIVEIRA, P. S. **Assessing the Impact of Deforestation of the Atlantic Rainforest on Ant-Fruit Interactions: A Field Experiment Using Synthetic Fruits**. Plosone, v9, issue 2, February, 2014.

BRUNET, R. 2001. **Pratiques scientifiques de la Géographie**. In: **Le déchiffrement Du monde – Theorie et pratique de la Géographie**. Paris. P 309-341.

BURGOS, D. C. ; FORNACIARI, F. A. ; WANDERLEY, T. C. . " **Caracterização dos Patamares Escalonados do Sul Capixaba com Enfoque no Estudo do Processo de Esfoliação em Rocha**". In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2006, Goiânia. Geomorfologia Tropical e Subtropical: processos, métodos e técnicas., 2006. v. 1. p. 291-291.

CAMARA, G; SOUZA, R.C.M; FREITAS, U.M; GARRIDO, J. SPRING: **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**". **Computers&Graphics**, 20: (3) 395-403. (2013).

CANDIDO, Humberto Goi. **Degradação ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba - MG**. 2008. 107 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Uberaba, 2008.

CAPOBIANCO, J. P. R. 2002. **Mata Atlântica: Conceito, abrangência e área original**. In: Schäffer, W. B. & Prochnow, M. eds. **A Mata Atlântica e você**. Brasília, APREMAVI. p.111-123, 2002.

Carreiras, J.M.B.; Shimabukuro, Y.E.; Pereira, J.M.C. Fraction images derived from SPOT-4 VEGETATION data to assess land-cover change over the State of Mato Grosso, Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 23, p. 4979-4983, 2002.

CAYLOR, K. K.; MANFREDA, S.; RODRIGUEZ-ITURBE, I. **On the coupled geomorphological and ecohydrological organization of river basins**. **Advances in Water Resources**, v. 28, n. 1, p. 69-86, 2005.

COELHO, André Luiz Nascentes. **Alterações Hidrogeomorfológicas no Médio-Baixo Rio Doce/ES**. 2007.

COLMAN, E.A. **Vegetation and watershed management: an appraisal of vegetation management in relation to water supply, flood control, and soil erosion**. New York: The Ronald Press Company, 1953. 412p.

CORRÊA, Roberto Lobato & ROZENDAHL, Zeny. **Apresentando leituras sobre paisagem, tempo e cultura**. In: CORRÊA, Roberto Lobato & ROZENDAHL, Zeny (orgs.). **Paisagem, Tempo e Cultura**. Rio de Janeiro: Eduerj, 1998.123p. p.7-11

CORTE, Ana Paula dalla et al. TESTES DE LIMIARES PARA A SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS SPOT-5 VISANDO A DETECÇÃO DE PLANTIOS FLORESTAIS. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 249-257, jun. 2008.

DEAN, W., 1997. With Broadax and Firebrand: **The Destruction of the Brazilian Atlantic Forest**. University of California Press, Berkeley, 1997.

DEINA, Miquelina Aparecida. **ALTERAÇÕES HIDROGEOMORFOLÓGICAS NO BAIXO CURSO DO RIO JUCU (ES)**. 2013. 187 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

DIAS, J. **A construção da paisagem na raia Divisória São PauloParaná-Mato-Grosso do Sul: um estudo por teledetecção** / Jailton Dias. – Presidente Prudente: UNESP/FCT, 2003 266 f.: il. Tese (doutorado). - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia

DRUMMOND, J., 2004. Brazil. In: Krech, III, S., McNeill, J.R., Merchant, C. (Eds.), **Encyclopedia of World Environmental History**. Routledge, New York, pp. 161– 169, 2004.

FELIX, I.M.; KAZMIERCZAK, M.L.; ESPINHOLA, G.M. RapidEye: **a nova geração de satélites de Observação da Terra**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, abril 2009.

FERREIRA, Poliana F; SILVA, Ary G. **A história da degradação da cobertura vegetal da região costeira do estado do Espírito Santo, sudeste do Brasil**. Natureza Online, Santa Teresa, v. 1, n. 9, p. 10-18, set. 2011. Mensal. Disponível em:[http://naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/03\\_FerreiraPF\\_SilvaAG\\_1018.pdf](http://naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/03_FerreiraPF_SilvaAG_1018.pdf). Acesso em: 10 out. 2021.

FONSECA, L. M. G. **Processamento digital de imagens**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000. 105p.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; Instituto nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica 2018**. São Paulo, 2018.

GALINDO-LEAL, C., CÂMARA, I.G., **The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats and Outlook**. Island Press, Washington, 2003.

GAO, J.; LI, S. **Detecting spatially non-stationary and scale-dependent relationships between urban landscape fragmentation and related factors using geographically weighted regression**. *Applied Geography*. v.31, p.292-302, 2011.

GATES, D.M.; TANTRAPPORN, W, The reflectivity of deciduous trees and herbaceous plants in the infrared to 25 microns. **Science**, Washigton, DC, v115, p.613-616,1965.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas 1999.

GOEL, N.S. **Models of vegetation canopy reflectance and their use in estimation of biophysical parameters from reflectance data**. Remote Sensing Reviews, v. 4, n. 1, p. 1-212, 1988

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S. B. **Degradação ambiental**. In: CUNHA, S. B. Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 01.07.2015**. 2015. Disponível em: Acesso em: 19 maio 2021.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - INCAPER. **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER 2016 – 2017)**. Marechal Floriano, 2017. Disponível em: <[http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Centro\\_cerrano/Marechal\\_Floriano.pdf](http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Centro_cerrano/Marechal_Floriano.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2021.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – IEMA. Contratação de empresa especializada em Engenharia Cartográfica para a realização dos serviços de Levantamento Aerofotogramétrico, Apoio de Campo, Aerotriangulação, Restituição da Hidrografia, geração do Modelo Digital de Elevação, geração do Modelo Digital de Terreno, Restituição da Altimetria, elaboração Ortofotomosaicos e Mapeamento da Cobertura Vegetal Nativa e do Uso das Terras, em escala igual, ou melhor, a 1/25.000, do Estado do Espírito Santo (2012/2015).

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - IEMA. Ortofotomosaico 2007-2008 do território do Estado do Espírito Santo em escala 1:15.000.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES - IJSN **Distribuição Populacional no Espírito Santo: Resultados do Censo IJSN Demográfico 2010. Ano IV – Nº 27 – maio de 2011**. Pesquisado em: <[http://www.ijsn.es.gov.br/Sitio/attachments/958\\_2011-27\\_.pdf](http://www.ijsn.es.gov.br/Sitio/attachments/958_2011-27_.pdf)>. Acesso em: 08 out. 2021.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. Imagens CBERS 3-4:, 2021. Disponível em: <http://www.cbbers.inpe.br/sobre/cbbers3-4.php> Acesso em: 05 jun. 2021.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. Imagem CBERS 4: recobrimento de toda a bacia do Jucu no Estado do Espírito Santo, 2020. Disponível em: < <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/> />. Acesso em: 05 jun. 2020.

JACINTHO, Luiz Roberto de Campos. **GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO COMO FERRAMENTAS NA GESTÃO AMBIENTAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**: o caso da área de proteção ambiental (apa) do capivari-monos, são paulo-sp. 2003. 88 f. Tese (Doutorado) - Curso de Recursos Minerais e Hidrogeologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003

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

JESUS, Rafael Justino. **Avaliação do comportamento da temperatura da superfície terrestre do município de Cariacica (ES) em 1985 e 2013 / 2016**. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

KAPOOR, V. **Spatial uniformity of power and altitudinal geometry of river networks**. *Water Resource Research*. v. 26, n. 10, p. 2303-2310, 1990.

LACOSTE, Y. 1977. **A quoi sert le paysage? Qu'este qu'un beau paysage?** In Heródote. Paris. P. 3-41.

LAKATOS, Eva Maria e MARCONI, Maria de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003

LEONARDI, Fernando *et al.* Fusão de Imagens CBERS 2B: CCD-HRC. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2009, Natal. **Anais [...]**. Natal: Inpe, 2009. p. 6951-6958.

LORENA, Rodrigo Borrego; CHIPOLESCH, João Marcos Augusto; VOMMARO, Felipe C.. Adaptação da metodologia PRODES para a detecção de áreas desmatadas da Mata Atlântica do Estado do Espírito Santo, utilizando imagens RapidEye. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., 2017, Santos. **Anais [...]**. Santos: Inpe, 2017. p. 978-985.

LOVATE, Thaís Batista. **EXPANSÃO URBANA E MEIO AMBIENTE**: uma análise do corredor ecológico duas bocas-mestre álvaro - es. 2019. 194 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019.

MITTERMEIER, R.A., Gil, P.R., HOFFMANN, M., PILGRIM, J., BROOKS, J., MIITERMEIER, C.G., LAMOURUX, J., FONSECA, G.A.B., **Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and most Endangered Terrestrial Ecoregions**. Cemex, Washington, DC., 2005.

MENESES, P.R, et al. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília, Brasília – DF, 266p. (2012).

MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. da S. (Orgs.). **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais**. Brasília: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.

MORAES, E. C; **Fundamentos De Sensoriamento Remoto**: .In: RUDORFF, B. F. T.; MORAES, E. C.; PONZONI, F. J.; CAMARGO JÚNIOR, H.; CONFORTE, J. C.; MOREIRA, J. C.; EIPHANIO, J. C. N.; MOREIRA, M. A.; KAMPEL, M.; ALBUQUERQUE, P. C. G. de; MARTINI, P. R.; FERREIRA, S. H.; TAVARES JÚNIOR, S. S.; SANTOS, V. M. N. dos (Ed.). Curso de uso de sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente. São José dos Campos: INPE, 2002. cap. 1, p. 7.

MORAES, Maria Eugênia Bruck de; LORANDI, Reinaldo (org.). **Métodos e Técnicas e pesquisa em bacias hidrográficas**. Ilhéus: Editus, 2016. 306 p. Disponível em: <https://ler.amazon.com.br/?asin=B07218F8Q8&language=pt-BR>. Acesso em: 06 jun. 2021.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3. ed. atual. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2005. 320 p.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B., Kent, J., **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. *Nature* 403, 853–858, 2000.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. Ed. Edgard. (2008).

PASSOS, Messias Modesto dos. **Teledeteção aplicada ao estudo de paisagem** – Sudoeste do Mato Grosso. 1996. Tese (Livre Docência). UNESP, Presidente Prudente.

PAZ MENGUE, V. **Utilização de séries temporais de imagens de moderada resolução espacial para monitoramento das mudanças do uso do solo e cobertura vegetal do bioma pampa**. – 2018. 122 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Programa de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto, Porto Alegre, BR RS, 2018.

PINTO, Luiz.; BEDE, Lucio Cadaval.; PAESE, Adriana.; FONSECA, Mônica.; PAGLIA, Adriano.; LAMAS, Ivana. (2006). **Mata Atlântica brasileira: Os desafios para a conservação da biodiversidade de um hotspot mundial**.

PIROLI, Edson Luís; BECKER, Elsbeth Léia Spode; BOLFE, Edson Luis; PEREIRA, Rudiney Soares. **ANÁLISE DO USO DA TERRA NA MICROBACIA DO ARROIO DO MEIO** – SANTA MARIA – RS, POR SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E IMAGEM DE SATÉLITE. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, p. 407-413, 13 mar. 2002. Mensal.

PONZONI, F. J. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a mata atlântica. In: RUDORFF, B. F. T.; MORAES, E. C.; PONZONI, F. J.; CAMARGO JÚNIOR, H.; CONFORTE, J. C.; MOREIRA, J. C.; EPIPHANIO, J. C. N.; MOREIRA, M. A.; KAMPEL, M.; ALBUQUERQUE, P. C. G. de; MARTINI, P. R.; FERREIRA, S. H.; TAVARES JÚNIOR, S. S.; SANTOS, V. M. N. dos (Ed.). **Curso de uso de sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente**. São José dos Campos: INPE, 2002. cap. 8, p. 27.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO I. E.; KUPLICH T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

PORTO, M. F. A. PORTO, R. L. L. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Recebidoem 17.6.2008 e aceitoem 23.6.2008. Estudos avançados 22 (63), 2008.

RADAMBRASIL – **Levantamentos de Recursos Naturais Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso Potencial da Terra**. V. 32, Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória. IBGE, 1λ83. 775p.

REZENDE, C. L., Uezu, A.; Scarano, F.R.; Araujo, D.S.D. **Atlantic Forest spontaneous regeneration at landscape scale. Biodiversity Conservation**, 24: 2255-2272, 2015.

RIBEIRO, M.R.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F.J.; Hirota, M.M. **The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. Biological Conservation**, 142, p 1141 - 1153, 2009.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **ECOGEOGRAFIA DO BRASIL**: subsídios para planejamento ambiental. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 208 p.

SANTOS, M. 1988. **Metamofose do Espaço Habitado**. São Paulo. Ucitec.

SANTOS, M. 1996. **A Natureza do espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. São Paulo. Hucitec

SCHWARTZMAN, L. F. G; **Análise do desempenho de classificadores para o mapeamento de cobertura do solo em regiões de floresta tropical; estudo de caso do município de Tefé-AM**. Porto Alegre, 2017.

SCHOENMAKERS, R. P. H. M.; WILKINSON, G. G.; SCHOUTEN, T. E. Segmentation of remotely-sensed Images: a redefinition for operational applications. In: INTERNATIONAL GEOSCIENCE REMOTE SENSING SYMPOSIUM, 91., 1991. Helsinki. **Proceedings...** Helsinki:IEEE, 1991. v. 2. p. 1087-1090.

SILVERMAN, B. W. **Density Estimation for Statistics and Data Analysis**. Nova York: Chapman and Hall, 1986.

SUGUIO, Kenitiro; BIGARELLA, João José. **Ambientes Fluviais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1990. 2ª ed.

TEIXEIRA, A.M.; SOARES-FILHO, B.S.; FREITAS, S.R.; METZGER, J.P. **Modeling landscape dynamics in an Atlantic Rainforest region: Implications for conservation Forest Ecology and Management** 257, 1219–1230, 2009.

TULIO, Leonardo (org.). **APLICAÇÕES E PRINCÍPIOS DO SENSORIAMENTO REMOTO**. Ponta Grossa: Atena, 2018. 1 v.

VARGAS, Tiago De *et al.* Aplicação do Interpolador IDW para Elaboração de Mapas Hidrogeológicos Paramétricos na Região da Serra Gaúcha . **SCIENTIA CUM INDUSTRIA**, Caxias do Sul, v. 6, n. 3, p. 38-43, 2018.

VENTURIERI, A.; SANTOS, J.R. dos. **Técnicas de Classificação de Imagens para Análise de Cobertura Vegetal**. In: ASSAD, E.D. e SANO, E.E. Sistema de Informações Geográficas. 2. ed., rev. e ampl.. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998. Capítulo 18, p. 351-371.

VIANA, Mariana Carneiro *et al.* **ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUCU- ES E ESPACIALIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL PELO MÉTODO IDW**. In: IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, XV ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA AMBIENTAL E III FÓRUM LATINO AMERICANO DE ENGENHARIA E SUSTENTABILIDADE, 9., 2017, Belo Horizonte. **Anais [...]**. [S.L.] Belo Horizonte: Sbea, 2017. v. 1, p. 1-10.

VIEIRA, Maria Helena Pereira, *et al.* "MAPAS DE KERNEL COMO ALTERNATIVA AO MONITORAMENTO AMBIENTAL: ANÁLISE DAS INDÚSTRIAS QUE REALIZAM EMISSÕES NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL, NOS ANOS 2008 A 2018." **ANAIS DO ENIC 11 (2019)**.