

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ANDRE MEDEIROS ROCHA

**MONITORAMENTO DA FLORESTA ESTACIONAL
DECIDUAL BRASILEIRA, POR MEIO DO
SENSORIAMENTO REMOTO**

Montes Claros - MG

2017

ANDRE MEDEIROS ROCHA

**MONITORAMENTO DA FLORESTA ESTACIONAL
DECIDUAL BRASILEIRA, POR MEIO DO
SENSORIAMENTO REMOTO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Estadual de Montes Claros, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Dinâmica e Análise Espacial.

Linha de Pesquisa: Território, Cultura e Meio ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Esdras Leite

Coorientador: Prof. Dr. Mário Marcos do Espírito Santo

Montes Claros - MG

2017

R673m

Rocha, André Medeiros.

Monitoramento da floresta estacional decidual brasileira, por meio do sensoriamento remoto [manuscrito] / André Medeiros Rocha. – Montes Claros, 2017.

85 f. : il.

Bibliografia: f. 78-85.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Montes Claros - Unimontes, Programa de Pós-Graduação em Geografia/PPGEO, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Esdras Leite.

Coorientador: Prof. Dr. Mário Marcos do Espírito Santo.

1. Monitoramento do Uso e Cobertura do Solo (UCS). 2. Florestas Estacionais Deciduais (FED). 3. Sistema de Informação Geográfica (SIG). I. Leite, Marcos Esdras. II. Espírito Santo, Mário Marcos do. III. Universidade Estadual de Montes Claros. IV. Título.

ANDRE MEDEIROS ROCHA

**MONITORAMENTO DA FLORESTA ESTACIONAL
DECIDUAL BRASILEIRA, POR MEIO DO
SENSORIAMENTO REMOTO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Estadual de Montes Claros, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Dinâmica e Análise Espacial.

Linha de Pesquisa: Território, Cultura e Meio ambiente

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Esdras Leite (Orientador)
Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES

Prof. Dr. Mário Marcos do Espírito Santo (Coorientador)
Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES

Prof^ª. Dr^ª. Maria Ivete Soares de Almeida
Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES

Prof. Dr. Jorge Luís Silva Brito
Universidade Federal de Uberlândia - UFU

MONTES CLAROS/MG
AGOSTO/2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai Edinilson e minha mãe (falecida) Neuma, pela possibilidade de existência, apoio, trabalho árduo e amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais (Edinilson Batista e Neuma Medeiros), madrastra (Jaqueline Costa) e irmãos (Wilson Rocha e Arthur José) que sempre me acompanharam em minha jornada de vida e acadêmica, dando-me suporte e apoio, sempre que precisasse;

Aos meus familiares, em especial a minha avó Izaltina Medeiros pelos ótimos finais de semana que passamos no Edgar Pereira nos últimos anos;

A Academia Planet pelos dois ótimos anos de musculação;

Ao Professor Doutor Marcos Esdras Leite pela oportunidade de Ingresso no Laboratório de Geoprocessamento da UNIMONTES, e orientações ao longo da Graduação e Mestrado em Geografia;

Ao Professor Mário Marcos do Espírito Santo do Laboratório de Ecologia Evolutiva da UNIMONTES, pela coorientação e parceria nesses últimos dois anos, de caráter extremamente frutífera;

A Rede de Pesquisa Colaborativa Tropi-Dry, pelo financiamento e fornecimento de um objeto de pesquisa;

Aos colegas do Laboratório de Geoprocessamento Bruno, Raul, Riard, Alex, Gabriel, Manoel, Jefferson, Carlos Magno, Mariley, Héricck e Willer pelos eventuais auxílios e recomendações;

Às Professoras Iara Soares de França, Anete Marília Pereira, Maria das Graças Campolina Cunha, Ana Ivânia Alves Fonseca e Maria Ivete Soares de Almeida e Professor Expedito José Ferreira do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da UNIMONTES, pelas disciplinas ofertadas e contribuições indiretas que tiveram nessa pesquisa;

Aos softwares ArcGIS e ENVI, plataformas que tornaram definitivamente reais a realização de grandes pesquisas no âmbito da Geografia;

À Biblioteca Central Professor Antônio Jorge da UNIMONTES, pelo ótimo acervo disponível;

A Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES por oportunizar o ingresso na Pós-Graduação em Geografia (PPGEO).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição Espacial dos Biomas Brasileiros.....	9
Figura 2B: Distribuição das Áreas de Florestas Tropicais Secas Sazonais dos Neotrópicos, segundo Pennington, Prado e Pendry (2000).....	26
Figura 3: Localização da Área de Estudo.....	28
Figura 4: Síntese das Etapas Metodológicas.....	30
Figura 5: Localização dos Tiles MODIS da Área de Estudo.....	33
Figura 6: Exemplificação de Utilização dos Comprimentos de onda (Vermelho e Infravermelho Próximo) e produtos derivados Índices de Vegetação (NDVI e SAVI), no que diz respeito à discriminação das classes Cerrado (CER), FED, Pastagem (PAST), Eucalipto (EUCA) e Silvicultura (SILV).	37
Figura 7: Exemplificação de Utilização do Comprimento de onda Infravermelho Médio e Índice de Áreas Construídas por Diferença Normalizada, no que diz respeito à discriminação das classes Cerrado (CER), FED, Pastagem (PAST), Eucalipto (EUCA) e Silvicultura (SILV).	38
Figura 8: Exemplificação de Utilização da Transformação do Componente Principal (TCP) na discriminação das classes Cerrado (CER), FED, Pastagem (PAST), Eucalipto (EUCA) e Silvicultura (SILV).....	39
Figura 9: Cenário I de utilização do Mosaico Verão.	40
Figura 10: Cenário II de utilização do Mosaico Verão.	40
Figura 11: Fragmentação da Área de Estudo em 11 regiões, segundo características espectrais e topográficas.....	45
Figura 12: Estrutura da Árvore de Decisão.....	46
Figura 13: Árvore de Decisão da Classificação MODIS 2016.....	47
Figura 14: Roteirização do Trajeto percorrido no Trabalho de Campo.	48
Figura 15: Distribuição das Classes de Uso e Cobertura do Mapeamento MODIS 2016 (A) e das Classes do Mapeamento da Vegetação Brasileira do IBGE (B).....	52
Figura 16: (A) Espacialização das Áreas de Vegetação IBGE e MODIS e Áreas de Intersecção, (B) Matriz Comparativa das Áreas de Vegetação dos Mapeamento IBGE e MODIS e (C) Relação das Áreas com Intersecção em relação aos Mapeamentos IBGE e MODIS.	54
Figura 17: (A) Espacialização das Áreas Comuns e Erros de Omissão e Comissão das Classes de Vegetação do IBGE (FO, FESD, Sav. e SavEst) em relação a Classe Outras	

Vegetações do Mapeamento MODIS e matriz comparativa áreas não-compatíveis (B) IBGE-MODIS e (C) MODIS-IBGE..... 56

Figura 18: (A) Espacialização das Áreas Comuns e Erros de Omissão e Comissão da Classe Floresta Estacional Decidual do IBGE em relação a Classe FED do Mapeamento MODIS e matriz comparativa áreas não-compatíveis (B) IBGE-MODIS e (C) MODIS-IBGE..... 60

Figura 19: Distribuição das Classes de Uso e Cobertura do Solo e Estatística associada para os Anos de 2007 (A) e 2016 (B)..... 68

Figura 20: Distribuição Municipal do Balanço Líquido (Perda e Ganho) de Floresta Estacional Decidual e síntese estatística (Distribuição % FED, Balanço Líquido, Ganho e Perda) das Mesorregiões da Área de Estudo. 74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Particionamento dos Biomas brasileiros, por tipo de vegetação que os compõe.	10
Tabela 2: Proporção das Formações Florestais no Brasil e distribuição dos mesmos por Bioma	10
Tabela 3: Tipos de Vegetação das Formações Florestais Brasileiras e Distribuição das mesmas por Bioma brasileiro	12
Tabela 4: Cronologia de Publicações associadas direta (negrito) e indiretamente (itálico) a Publicação do SCVB atual.....	18
Tabela 5: Características Gerais MODIS-TERRA, TM-L5 e OLI/TIRS-L8.....	32
Tabela 6: Relação das datas do Pacote de Imagens MOD13Q1 obtidos para os tiles da Área de Estudo	34
Tabela 7: Definição das Classes de Uso e Cobertura do Solo (UCS)	41
Tabela 8: Discriminação dos Tipos de Uso e Cobertura do Solo, por Padrões Característicos, considerando Mosaico MODIS de Inverno (JJAS) – ano 2016 (Comp. RGB MIR-NIR-Red).....	42
Tabela 9: Matrix de Erro para Classificação do Uso de Cobertura do Solo 2016.....	49
Tabela 10: (A) Quantidade de fragmentos e Área por Intervalo de tamanho dos Fragmentos de FED e Outras Vegetações MODIS, (B) Quantidade de fragmentos, Dimensão do Menor Fragmento das classes IBGE e (C) Distribuição dos fragmentos do Mapeamento da Vegetação IBGE (2006b) por classes de dimensão (km ²), para todo Brasil e Área de Estudo.....	64
Tabela 11: Síntese Estatística, com descrição das Totais mapeados em 2007 e 2016 por classes de UCS e discriminação das Interseções (Áreas Comuns), Perdas e Ganhos	69
Tabela 12: (A) Matriz de Conversão dos Usos e Cobertura do Solo, entre os anos de 2007 e 2016, em unidades de área (km ²); Discriminação das Áreas das Perdas e Ganhos para os anos de (B) 2007 e (C) 2016.	72

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribuição Percentual das Reservas Globais de Florestas	11
Gráfico 2: Discriminação das Coberturas Naturais e Secundárias por Tipo de Vegetação	13

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AFP – Área de Formação Pioneira

AOI – Area of Interest

ARCGIS – Aeronautical Reconnaissance Coverage Geographical Information System

ASTER - Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

ATE – Área de Tensão Ecológica

Camp. – Campinarana

CERES - Clouds and Earth's Energy System

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DSF – Deciduous Seasonal Forests

ESE – Earth Science Enterprize

EOS – Earth Observing System

ENVI – Environment for Visualizing Images

FAO/UN – Food and Agriculture Organization of United Nations

FED – Floresta Estacional Decidual

FESd – Floresta Estacional Semidecidual

FOA – Floresta Ombrófila Aberta

FOD – Floresta Ombrófila Densa

FOM – Floresta Ombrófila Mista

FTS – Floresta Tropical Seca

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LAI – Leaf Area Index

LPDAAC – Land Processes Distributed Active Archive Center

LULC – Land Use and Land Cover

MIR – Middle Infra-Red

MISR - Multi-Angle Imaging Spectroradiometer

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MODIS – Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

MOPITT - Measurements of Pollution in the Troposphere

MTVB – Manual Técnico da Vegetação Brasileira

NASA – National Aeronautics and Spatial Administration

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index

NE – Northeast

NIR – Near Infra-Red

OLI – Operational Land Imager

PCT – Principal Component Transformation

PDI – Processamento Digital de Imagens

RADAM – Radar na Amazônia

RV – Refúgio Vegetacional

Sav. – Savana

Sav-Est. – Savana-Estépica

SAVI – Soil Adjusted Vegetation Index

SCVB – Sistema de Classificação da Vegetação Brasileira

SDTF – Seasonally Dry Tropical Forest

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SW – Southwest

TIRS – Thermal Infrared Sensor

TM – Thematic Mapper

UCS – Uso e Cobertura do Solo

USGS – United States Geological Survey

UTM – Universal Transverse Mercator

WGS – World Geodetic System

RESUMO

Dentre as várias características que o território brasileiro dispõe, fixando-se o parâmetro fitogeográfico, uma precisamente se sobressai: o referido país contempla a segunda maior reserva florestal do planeta, respondendo por pouco mais de 10% do cômputo total das formações florestais globais. Contudo, tal atribuição se torna alvo de preocupação ao se ter conhecimento que o referido país apresenta nítida liderança no quantum mundial de perdas de floresta, colocando-o numa posição central nas discussões fitogeográficas. Nesse cenário, as Florestas Estacionais Deciduais constituem no Sistema de Classificação da Vegetação Brasileira oficial do país (IBGE) como o segundo tipo florestal menos expressivo no território brasileiro. Dessa forma, o supracitado tipo florestal há de ser alvo das análises na esfera dessa pesquisa, a julgar principalmente pelas características peculiares que apresenta. Em verdade, as FED distribuem-se no território brasileiro sob a forma de disjunções e comparativamente às demais formações florestais do Brasil, o referido tipo de vegetação está situado predominantemente em biomas não florestados, tal como o Cerrado e a Caatinga. Tal fato deve ser considerado, uma vez que quaisquer legislações direcionadas a sua conservação passam diretamente pela sua preliminar identificação. No entanto, tal pré-requisito se apresenta notoriamente como um desafio, a pesar sobretudo por muito comumente as áreas de Florestas Estacionais Deciduais serem classificadas equivocadamente como outros tipos de vegetação. Esse fato particular deriva certamente de como as FED são interpretadas. Logo, tendo-se por nota respectivamente as informações apresentadas, a pesquisa corrente está estruturada sob a ideia de atingir dois objetivos particulares. O primeiro apresenta como plano de fundo a legislação 11.428 de 2006 a qual dispõe sobre a utilização e conservação da vegetação nativa da Mata Atlântica, englobando assim as áreas de FED. Nesse contexto, considerando o fato da referida legislação ter aplicação nas áreas preliminarmente identificadas pelo Mapeamento da Vegetação do IBGE (1:5.000.000), será desenvolvida análise de cunho cartográfico com vista a identificar as inconsistências por parte do mapeamento IBGE, tendo-se por parâmetro o mapeamento de Uso e Cobertura do Solo efetuado a partir do produto MOD13Q1 do satélite TERRA (sensor MODIS). A análise prescrita está direcionada principalmente pelo fato de que quaisquer inconsistências detectadas apresentam consequências diretas sobre a efetiva validade da legislação 11.428/2006, os quais certamente possui relevante influência sobre a manutenção das áreas de FED. De outro modo, será objetivo secundário dessa pesquisa, embora com mesma relevância, o monitoramento de Uso e Cobertura do Solo entre os anos de 2007 e 2016 da faixa contínua que se estende desde o Norte de Minas Gerais até o sul do Piauí. Tal análise se justifica pelo fato de aproximadamente 50% da FED brasileira estar circunscrita nessa seção do território, possibilitando através da análise proposta avaliar a situação atual de grande percentual das florestas deciduais do Brasil, assim como verificar os principais agentes que atuam sobre sua perda ou ganho. De forma indireta, essa última análise permitirá listar, ainda de forma preliminar, algumas das dificuldades atreladas ao processo de identificação da referida formação florestal. Para efeito de alcançar tais metas, será empreendido no âmbito dessa pesquisa o produto MOD13Q1 da plataforma TERRA, principalmente pelas sua resolução temporal e nível de processamento. Todos os procedimentos operacionais, em termos de SIG/PDI serão desenvolvidos nos softwares ArcGIS 10.2.1 e ENVI 5.3, considerando sobretudo sua pertinência para a proposta apresentada.

Palavras-chave: Monitoramento do UCS, FED, Sensoriamento Remoto, SIG.

ABSTRACT

Among the many characteristics that the Brazilian territory disposes, assigning a phytogeographic parameter, one precisely excel: the mentioned country contemplates the second biggest forest resource of the planet, responding for a little bit more than 10% of the total amount of global forest resources. However, such attribution becomes target of attention when one is aware that the referred country presents clear leading in the global quantum of forest loss, putting itself in the central position of phytogeographic discussion. In that scenario, the Deciduous Seasonal Forests (DSF) perform in the official Classification System of Brazilian Vegetation of the Country (IBGE) as the second forest type less expressive in the Brazilian territory. In this way, the aforementioned forest kind is going to be the analysis target in the sphere of this research, given mainly its singular characteristics. Truly, the DSF is distributed in the Brazilian territory over disjunctions form and comparatively to the other Brazil forest formations, the over mentioned vegetation type is situated mostly in not forested biomes, just as Savannas and Scrublands. Such fact must be considered, once that whatever legislations directed to its conservation pass directly by its preliminary identification. Nevertheless, the above prerequisite presents itself notoriously as a challenge, justified mainly for much commonly the Deciduous Seasonal Forests to be classified improperly as other vegetation types. This particular fact derives certainly as how DSF are interpreted. Therefore, considering respectively the information presented, the current research is arranged over the idea of achieving two specific aims. The first one presents as background the 11.428 legislation of 2006, in which dispose about the utility and conservation of the Atlantic Forest native vegetation, including thus the DSF areas. In this context, considering the fact that the aforementioned legislation to have application in the areas identified by the IBGE vegetation mapping (1:5.000.000), it will be developed analysis of cartographic nature, with view to identify the inconsistencies of the IBGE mapping, when equated to the land use land cover mapping evaluated through the MOD13Q1 product of TERRA platform (MODIS sensor). The prescribed analysis is directed mainly by the fact that any inconsistency detected result in direct consequences over the effective validity of 11.428/2006 legislation, in which possesses relevant influence over the DSF areas maintenance. Of other form, it will be secondary aim of this research, although with same importance, the land cover land use monitoring for the years of 2007 and 2016 of the continuous area which extend since North of Minas Gerais until Piauí South. Such analysis justify itself by the fact that approximately 50% of Brazilian DSF to be circumscribed in this territory section, making possible through the proposed analysis to assess the current situation of great percentage of Brazilian deciduous forests, as well as to verify the main agents that act over the loss and gain. Indirectly, this last analysis is going to permit to list, even in preliminary way, some difficulties associated to the identification process of the aforesaid forest formation. So that such aims to be achieved, it will be employed in the scope of this research the MOD13Q1 product of TERRA satellite, mostly by its temporal resolution and processing level. All operational proceedings, in terms of GIS/IDP, will be developed in ArcGIS 10.2.1 and ENVI 5.3 softwares, considering mainly its pertinency for the proposed presented.

Key-words: LULC Monitoring, TDF, Remote Sensing, GIS.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1: REFERENCIAL TEÓRICO	5
1.1. Bioma e Vegetação: avaliação comparativa	5
1.2. Vegetação: Delimitando o conceito.....	14
1.3 Floresta Estacional Decidual: Terminologias e Acepções.....	22
CAPÍTULO 2: MATERIAIS E MÉTODOS	28
2.1. Caraterização da Área.....	28
2.2. Metodologia	30
2.2.1 Aquisição das Imagens	30
2.2.2 Pré-Processamento das Imagens	34
2.2.3 Produtos de Entrada	35
2.2.4 Definição das Classes de Uso e Cobertura do Solo (UCS).....	40
2.2.5 Classificação do Uso e Cobertura do Solo.....	45
2.2.6 Pós-Classificação	47
CAPÍTULO 3: RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
3.1 Análise da Generalização Cartográfica	51
3.2 Análise da Mudança do Uso e Cobertura do Solo – Anos de 2007 e 2016.....	65
CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS	78

INTRODUÇÃO

O relatório de avaliação dos recursos globais de floresta da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - *Food and Agriculture Organization of The United Nations* – [FAO/UN \(2010\)](#) aponta para decréscimo da taxa de desmatamento global por ano, quando equiparado as décadas de 1990-2000 e 2000-2010. Na primeira década, cerca de 16 milhões de hectares/ano de Floresta eram perdidos, enquanto na última década, tal valor tenha reduzido para 13 milhões de hectares/ano. Conforme o referido relatório, tal redução se apresenta certamente em função da redução das taxas de perda de floresta registrado no Brasil e na Indonésia. Entretanto, a [FAO \(2010\)](#) relativiza a sentença anterior, afirmando ainda serem alarmantes as taxas de desmatamento. Nesse ponto, é de notoriedade se observar conforme o relatório acima que dos 4 bilhões de hectares de floresta estimados do planeta, cerca de 67% se concentram tão-somente em 10 países, sendo 7 deles com áreas superiores a 100 milhões de hectares. Tais informações adquirem relevância, devido os três países com maiores taxas de desmatamento para as décadas supracitadas estarem na lista dos 10 maiores territórios ricos em floresta, com destaque particular para o Brasil, o qual ocupa o posto de segundo país com maior área territorial de floresta e tem registrado os maiores valores de desmatamento do planeta.

As informações acima denotam certo quantitativismo no que se refere à avaliação do Desmatamento, no entanto servem perfeitamente para o propósito de se tornar evidente e imperativo a preocupação que deve existir, devido às sequenciais perdas de floresta que se tem registrado. O estudo a respeito do Desmatamento da floresta amazônica brasileira de [Fearnside \(2005\)](#) corrobora para enfatizar tal afirmação quando o mesmo situa a perda de produtividade do solo e de biodiversidade, as mudanças do regime hidrológico e a emissão de gases do efeito estufa dentre as possíveis consequências danosas ao ambiente derivados do processo de desmatamento. Portanto, assim como sublinhado pelo citado autor, estratégias e medidas mitigadoras e de controle devem ser pensadas e concretizadas, haja vista que perdas a nível ecossistêmico são demasiadamente reais, para serem desconsideradas.

Em consonância ao exposto, a Mata Atlântica e Amazônia se destacam no território brasileiro por constituírem, no âmbito do sistema de classificação da vegetação brasileira ([IBGE 2006a](#) e [2006b](#)), os biomas com maiores proporções de vegetações florestais (florestas ombrófilas e florestas estacionais), contabilizando individualmente em sua totalidade mais de 75% das referidas subclasses de formação. A esse respeito, o

mapa de biomas – primeira aproximação - lançado no ano de 2004 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) revela que os referidos biomas perfazem juntos 62,3% da área total do Brasil. De outro modo, ainda se observa que os referidos biomas florestados se estendem por 24 das 27 unidades de federação brasileiras, constituindo sede para 19 capitais (IBGE, 2006a e 2006b).

A Mata Atlântica, particularmente, constitui a macro unidade da presente pesquisa, haja vista que o referido bioma se destaca por apresentar maior percentual de vegetação secundária ou em regeneração dos biomas brasileiros (IBGE 2006a e 2006b), contabilizando aproximadamente 80% de sua totalidade. Além disso, o Relatório Técnico Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica período 2012 a 2013, a qual se baseia na área de aplicação da Lei n. 11.428 de 2006 que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa da Mata Atlântica, aponta para existência tão-somente de 12,5% de remanescentes florestais na Mata Atlântica (SOS Mata Atlântica e INPE, 2014). A fundação supracitada realiza monitoramento dos remanescentes florestais da vegetação nativa da Mata Atlântica desde o ano de 1985, e tendo por referência o citado relatório, observa-se uma redução considerável das taxas anuais de desmatamento. No entanto, para além do aspecto quantitativo do fenômeno, notifica-se que os municípios mais desmatados no período 2013-2014 são municípios de ocorrência de Floresta Estacional Decidual - FED. Tal vegetação corresponde, por sua vez, a menos de 4% do território brasileiro (IBGE, 2006a), sendo - portanto preocupante os desflorestamentos que ocorrem nas referidas áreas, haja vista que podem - em longo prazo - culminar na eliminação completa do referido tipo vegetacional.

Em vista exposto, sobretudo relevando a notória participação brasileira na contabilização global dos estoques de florestas e, de forma não menos importante, a reduzida proporção de remanescentes florestais da vegetação nativa da Mata Atlântica, em especial da FED, a pesquisa corrente propõe realizar análise espaço-temporal do Uso e Cobertura do Solo (*Land Use and Land Cover – LULC*) entre os anos de 2007 e 2016 da faixa semi-contínua de Floresta Estacional Decidual que se estende desde o norte de Minas Gerais/ Jequitinhonha até Sul do Piauí. A escolha da referida área justifica-se por estar circunscrita inteiramente na área de aplicação da Lei 11.428 de 2006 que dispõe sobre utilização e proteção da vegetação nativa do bioma Mata Atlântica.

Dessa forma, a realização do mapeamento proposto será empreendido, com vista a alcançar dois objetivos particulares. O primeiro consiste em avaliar a generalização cartográfica inerente ao Mapeamento da Vegetação Brasileira vigente (3ª edição, escala

de mapeamento 1:5.000.000), tendo por parâmetro as áreas de FED identificadas pelo Mapeamento de Uso e Cobertura do Solo – UCS (escala 1:500.000) a ser realizado para o perímetro de análise definido. Tal meta tem por proposição fundamental identificar os erros de omissão e comissão derivados da generalização cartográfica característica da escala de mapeamento proposta pelo IBGE, destacando que as referidas inconsistências, em função de sua magnitude, podem afetar diretamente a validade da Lei 11.428 de 2006.

A segunda meta a ser alcançada consiste na avaliação da dinâmica de mudança de Uso e Cobertura do Solo (UCS) para os anos de 2007 e 2016, buscando focalizar particularmente sobre os processos de Desmatamento e Regeneração. De outro modo, será também alvo de esforços para a presente meta apontar as classes de uso e cobertura (*drivers*) envolvidas nas mudanças pela qual as áreas de Florestas Estacionais Deciduais particularmente perpassam no período específico. Nesse momento, será realizada a avaliação comparativa para com os principais fatores apontados pela literatura como responsáveis pelas mudanças de UCS, permitindo assim constatar em última instância se a dinâmica de perda/ganho ocorrida para área de estudo se comporta, em termos de justificativa, de forma similar ou diferenciada em relação ao padrão literário.

Afim de se atingir a proposta efetuada, o mapeamento de UCS será realizado na interface dos softwares ArcGIS 10.2.1 e ENVI 5.3, dada suas potencialidades no quesito Sistema de Informação Geográfica - SIG e Processamento Digital de Imagens – PDI. Como produto orbital base, será empreendido as imagens do Satélite Terra - Sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer – MODIS, produtos MOD13Q1 (Resolução espacial de 250m), em vista de suas características espectrais e temporais. As etapas metodológicas a serem seguidas amparam-se, principalmente nos monitoramentos da cobertura vegetal realizados ultimamente por [Carvalho et al. \(2006\)](#), [Anderson \(2004\)](#), [Coura \(2006\)](#), [Ferreira \(2003\)](#) e [Sano et al. \(2008\)](#). Tais mapeamentos serão utilizados como paramétricos, pois constituem propostas – em nível de emprego dos instrumentos geotecnológicos – já consolidadas e aceitas no âmbito científico, sendo – portanto – basilares.

Para efeito de organização e sistematização do projeto corrente, a pesquisa adiante está estruturada sinteticamente em 4 capítulos. Na etapa inicial (Referencial Teórico), será efetuado o levantamento dos principais conceitos e princípios científicos que fundamentam a presente pesquisa. A Metodologia corresponde ao Capítulo 2, etapa a qual dar-se-á o levantamento de certas características pertinentes a Área de Estudo. De outro

modo, também será realizado a descrição dos produtos orbitais, subprodutos, softwares utilizados, bem como as etapas metodológicas a serem seguidas, com intuito de realização do mapeamento de Uso e Cobertura do Solo (UCS). A apresentação dos resultados atingidos, em vista das metas propostas, assim como sua discussão objetiva será concretizado no Capítulo 3. As Considerações Finais, por fim, serão avaliadas no Capítulo 4. A essa última parte está reservada a avaliação crítica dos objetivos elencados, bem como as expectativas, sucessos e falhas observados e alcançados no decorrer da pesquisa.

CAPÍTULO 1: REFERENCIAL TEÓRICO

Antes propriamente da avaliação da fundamentação teórica, é patente tecer algumas considerações iniciais, objetivando compreender em termos concretos o sentido último da análise integrada dos termos a seguir. Conforme previamente avaliado na Introdução, o presente trabalho é direcionado por dois objetivos principais, os quais compartilham por plano de fundo e como fator em comum a Floresta Estacional Decidual, um tipo de vegetação que representa o objeto principal de análise. No entanto, será observado paralelamente as análises posteriores que tantos outros termos, de conceito diferenciado, serão empreendidos de forma subjacente, sem constituírem respectivamente o foco principal desse trabalho, sendo empregados principalmente como suporte conceitual, com vista a complementar as análises propostas.

Dessa forma, ratifica-se que nenhuma outra análise será efetuada, senão aquelas explicitamente definidas pelos objetivos. Tal consideração se faz valer, pois se reconhece de antemão a existência de problemáticas (divergências conceituais), no campo científico, associadas ao termo Floresta Estacional Decidual; sobretudo, quando associado ao termo Mata Atlântica, seja bioma ou área de aplicação da Lei 11.428/2006. Logo, o presente estudo não fornecerá respostas definitivas a questionamentos que, embora sejam válidos no âmbito científico, não constituem foco da pesquisa proposta. Dessa forma, o que precisamente se objetiva nos parágrafos posteriores é realizar a delimitação conceitual dos termos que concorrem aos objetivos definidos, para que nenhuma lacuna ou dúvida se apresente diante das análises ulteriores. É ainda cabível ressaltar, embora relativamente evidente, que em função da base teórica consultada, interpretações diferenciadas podem estar associadas a um mesmo termo, da mesma forma que o referido pode ser empreendido de forma diferente em variados campos do conhecimento. Sendo assim, a sua especificação e discriminação conceitual apresenta-se de primordial relevância para condução da pesquisa.

1.1. Bioma e Vegetação: avaliação comparativa

O termo Bioma constitui no escopo dessa pesquisa a macro unidade territorial, de caráter definitivamente física, a qual o objeto de estudo está situado e, portanto, consiste em terminologia fundamentalmente a ser investigada, haja vista que a legislação de uso e proteção da Floresta Estacional Decidual está em função do bioma a qual o tipo de

vegetação está radicado. Sendo assim, bem se cogita que a avaliação integrada Bioma-Vegetação há de compor o plano de fundo que está por trás do balanço perda-ganho derivado do monitoramento do uso e cobertura do solo.

Logo, é oportuno assinalar previamente que embora a formulação do termo Bioma tenha sido apresentada em 1939 por Frederick Edward Clements e Victor Ernest Shelford na obra intitulada *Bio-ecology*, o Mapa de Biomas do território brasileiro (primeira aproximação, escala 1:5.000.000) somente fora proposto no ano de 2004 mediante cooperação técnica entre o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística e Ministério do Meio Ambiente – MMA. (IBGE, 2004 e FIGUEIRÓ, 2015).

Tal proposição fora efetuada com vista a apresentar terminologia que designasse o conjunto planta-animal, sendo interpretado pelo IBGE (2004), no âmbito do Mapa do Biomas, como unidade biótica (vegetal e animal) composta pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos, identificáveis em escala regional, providos de fauna e flora própria, sendo resultante das condições físicas predominantes de determinada área, compartilhando assim características climáticas, litológicas, pedológicas e geomorfológicas similares, assim como histórico evolutivo semelhante.

A concepção apresentada pelo IBGE acerca do termo bioma perfaz o embasamento teórico a ser tomado como referência no âmbito desse trabalho, definido em função do critério compatibilidade. Com efeito, é cabível destacar que a legislação de Uso e Proteção da Vegetação Nativa do Bioma Mata Atlântica (Lei 11.428/2006 e Decreto 6.660/2008) são fundadas nos Mapas da Vegetação Brasileira (3ª edição) e de Biomas (1ª aproximação) expedidos diretamente pelo IBGE no ano de 2004. Portanto, atentando-se ao critério de coerência e pertinência conceitual, resolveu-se adotar como parâmetros a base cartográfica e teórica indicado pelo referido órgão, tanto para delimitação espacial quanto conceitual.

No entanto, dada a relevância do termo, considera-se pertinente salientar algumas diferenças existentes para com o conceito clássico de Bioma, cabendo avaliar em termos comparativos tanto a extensão conceitual imediata do termo, quanto aos critérios que norteiam sua delimitação espacial. Nesse ponto, é observável a existência de certa amplitude terminológica presente na literatura, no que concerne a sua designação concreta imediata.

Em primeiro ponto, focalizando sobre complexo de significados associados ao Termo Bioma, observa-se determinada abrangência de vocábulos empreendidos na conceituação do Termo. Clements e Shelford (1939), pioneiros na apresentação do termo, definem

Bioma ou Formação Planta-Animal como uma formação biótica, constituindo a unidade básica da comunidade. De outro modo, conforme apontado pelos autores, o reconhecimento de que a comunidade planta e animal geralmente serem coextensivos naturais, residentes - muito frequente - de um habitat particular acaba por suportar a ideia da concretização do bioma como uma entidade, ou por extensão conotativa de um organismo complexo. É, de certo notório, apontar - partindo desse último aspecto - que a avaliação então de caráter integrada e articulada proposta por [Clements e Shelford \(1939\)](#) das composições planta-animal é manifestada coincidentemente posterior a formulação da Teoria Geral dos Sistemas por Ludwig von [Bertalanffy](#)¹ em 1937. Essa abordagem, conforme assinalada por [Capra \(1999\)](#), constitui certamente a ascensão do pensamento sistêmico, contextual e articulado, fazendo oposição direta ao pensamento mecanicista e desprovido de integração do século anterior.

Embora seguindo a mesma linha do raciocínio supracitado, abordagens diferenciadas podem ser identificadas quanto a conceituação do termo. Nesse ponto, [Figueiró \(2015\)](#) identifica o Bioma como expressão que descreve a associação entre a formação vegetal e sua fauna própria, muito peculiar, portanto ao já mencionado. Por outro lado, o referido termo é destacado, em sentido mais extensivo, por [Troppmair \(1987\)](#) ao descrevê-lo como formações e associações vegetais de determinada área. No entanto, maior alcance conceitual pode ser observado em [Odum \(2013\)](#), quando o aponta como terminologia largamente empreendida, sendo assim grande biosistema regional ou subcontinental.

No que concerne aos parâmetros para delimitação dos biomas, as considerações de [Figueiró \(2015\)](#) fazem alusão a um nível de consenso mais evidente na literatura, sobretudo quando avaliado sob égide da perspectiva clássica. O próprio levantamento efetuado pelo autor deixa claro a predominância das variáveis abióticas, em especial as condições climáticas como critério decisivo na diferenciação dos biomas. Nesse contexto, se destaca os diagramas para diferenciação das formações vegetais de [Holdridge \(1947\)](#)² e [Whittaker \(1962\)](#)³ a qual se fazem pesar mormente fatores climáticos. De forma similar, [Dajoz \(1978\)](#) também reforça tal pensamento, ao definir o macroclima como parâmetro de maior relevância.

¹ BERTALLANFY, L. von. **Das Gefüge des Lebens**. Leipzig, Germany: Teubner, 1937

² HOLDRIDGE, L. R. Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data. **Science**, v. 105, n. 2727, p. 367-368, 1947.

³ WHITTAKER, R. H. Classification of Natural Communities. **Botanical Review**, v. 28, n. 1, p. 1-239, 1962.

Por outro lado, [Figueiró \(2015\)](#) também releva o fato de que ainda que a perspectiva aqui definida clássica enfatize as variáveis climáticas como critério de maior importância na diferenciação dos biomas, é certamente nítido e passível de hipotetização que embora o clima se faça destacar como parâmetro de relativo peso, há cenários em que outras variáveis abióticas irão se destacar e sobrepor as condições climáticas propriamente. É decerto nesse âmbito que a proposição de [Walter \(1986\)](#)⁴ dos pedobiomas, zonobiomas e orobiomas se faz valer, pois traduz perfeitamente o fato de haver outras variáveis de igual importância e relevo na discriminação espacial dos biomas. As afirmações acima se apresentam como convenientes para análise, pois manifestam de forma clara a perspectiva sobre o qual a conceituação do [IBGE \(2004\)](#) está embasada, ao apresentar a existência de tantas outras variáveis físicas, para além do clima, no controle da diferenciação dos biomas. Por isso, é partindo-se de tal embasamento teórico que a avaliação conjugada vegetação-bioma será empreendida.

O território brasileiro, em termos de extensões continentais, é composto por 6 biomas, assim observado na Figura 1, sendo eles: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa ([IBGE, 2004](#)). Apesar da mencionada composição, o Brasil, de forma evidente, apresenta cerca de 70% de superfície continental territorial representada exclusivamente por dois biomas: Amazônia (46,2%) e Cerrado (24,3%). Por seu turno, a Mata Atlântica e a Caatinga possuem proporções intermediárias nessa contabilização, registrando 14,1% e 9,4%, respectivamente. Em contrapartida, os Biomas Pantanal e Pampa caracterizam-se pela menor expressividade, ocupando valor inferior a 3%, cada um, no Brasil ([IBGE, 2006a](#) e [2006b](#)).

As informações então apontadas servem primariamente para ampla compreensão da distribuição espacial (sobretudo, em termos quantitativos) dos Biomas e tipos vegetacionais do território brasileiro. A esse respeito, fundamentando-se nas bases cartográficas disponibilizadas pelo [IBGE \(2006a\)](#) e [IBGE \(2006b\)](#), a tabela 1 apresenta a descrição em valores relativos dos tipos de vegetação que compõem cada bioma brasileiro. Partindo-se disso, observa-se a Floresta Ombrófila Densa - FOD (Floresta Tropical Pluvial) e a Savana (Cerrado) constituem as duas fisionomias mais abundantes no Brasil, registrando juntas pouco mais de 45% da área territorial. Tal status, aliás, há de ser ressaltando que se deve principalmente por ocuparem posições de destaque nos biomas mais expressivos no território nacional. Sob essa perspectiva, pode-se observar

⁴ WALTER, H. **Vegetação e Zonas Climáticas: tratado de ecologia global**. São Paulo: EPU, 1986.

que a FOD é predominante no bioma Amazônia (51,1%) e, de forma secundariamente expressiva, na Mata Atlântica (18,8%). A Savana, por sua vez, constituiu a vegetação dominante nos Biomas Cerrado (67,8%) e Pantanal (70%).

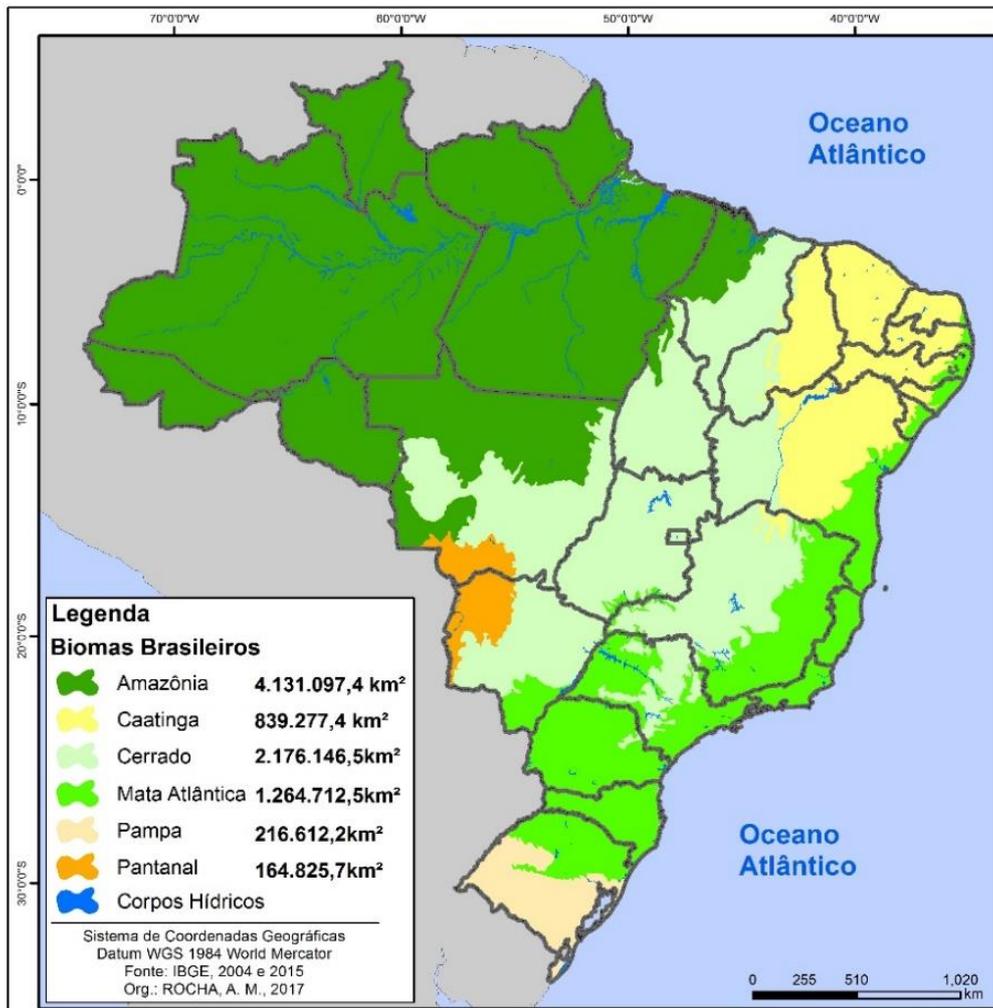


Figura 1: Distribuição Espacial dos Biomas Brasileiros

Face ao exposto, é decerto necessário refletir sobre as informações descritas, pois traduzem acertadamente, em termos fitogeográficos, a composição do território brasileiro. Na verdade, o encadeamento lógico conduzido acima é útil por permite inferir prontamente os dois tipos de formações vegetais que coexistem no Brasil, o florestal e o campestre, que segundo será observado apresentam papéis diferenciados no território nacional. Nessa perspectiva, [Oliveira-Filho, Jarekow e Rodal \(2006\)](#) corroboram com o exposto ao destacar os domínios Atlântico e Amazônico por abrigarem as maiores faixas territoriais de florestas ombrófilas na América do Sul, sendo intercaladas pelo corredor diagonal de sentido SW-NE constituído por formações abertas compostas de caatingas, cerrados e chaco.

Tabela 1: Particionamento dos Biomas brasileiros, por tipo de vegetação que os compõe.

Amazônia		Caatinga		Cerrado		Mata Atlântica		Pampa		Pantanal	
FOD	51.1%	Sav-Est.	66.4%	Sav	67.8%	FESd	40.6%	Estepe	76.1%	Sav.	70.0%
FOA	23.4%	ATE	25.7%	ATE	23.1%	FOD	18.8%	AFP	12.5%	ATE	19.5%
ATE	16.0%	FED	2.3%	FED	6.6%	FOM	16.6%	ATE	4.5%	Sav-Est	8.1%
Camp.	2.6%	Sav.	2.1%	FESd	1.7%	FED	8.4%	FESd	3.9%	FED	2.1%
Sav.	2.5%	FESd	1.9%	AFP	0.4%	ATE	5.8%	FED	2.1%	FESd	0.3%
AFP	2.2%	RV	0.6%	RV	0.2%	Estepe	5.1%	Sav-Est	0.9%	FOD	0.0%
FESd	1.8%	FOA	0.5%	Sav-Est.	0.0%	Sav.	2.1%	FOD	0.0%		
Sav-Est	0.2%	AFP	0.5%	FOD	0.0%	FOA	1.3%				
FED	0.2%	FOD	0.0%	FOA	0.0%	AFP	1.2%				
RV	0.1%	FOM	0.0%			Sav-Est	0.1%				

Fonte: Base cartográfica [IBGE \(2006a e 2006b\)](#)

Descrição dos Tipos de Vegetação: **FOD** – Floresta Ombrófila Densa, **FOA** – Floresta Ombrófila Aberta, **FOM** – Floresta Ombrófila Mista, **FED** - Floresta Estacional Decidual, **FESd** – Floresta Estacional Semidecidual, **Camp.** – Campinarana, **Sav.** – Savana, **Sav-Est.** – Savana-Estépica, **ATE** – Área de Tensão Ecológica, **AFP** – Área de Formação Pioneira, **RV** – Refúgio Vegetacional

Sendo assim, depreende-se diretamente da sentença anterior que tais domínios correspondem respectivamente aos biomas Amazônia e Mata Atlântica, o qual sugerem, conforme exame da tabela 1, serem os biomas com maior predominância interna de formações florestais (valores superiores a 75% cada um). De outro modo, a tabela 2 a seguir confirma tais apontamentos, tornando evidente, por um lado, a majoritária proporção de formações florestais no território brasileiro, alcançando pouco mais de 50% da superfície continental nacional. Além disso, a avaliação conjugada dos Biomas Mata Atlântica e Amazônia revela que os mesmos respondem por cerca de 94% do total de florestas que existem no Brasil embora, conforme se observe, estejam em situações de conservação diferenciadas.

Tabela 2: Proporção das Formações Florestais no Brasil e distribuição dos mesmos por Bioma

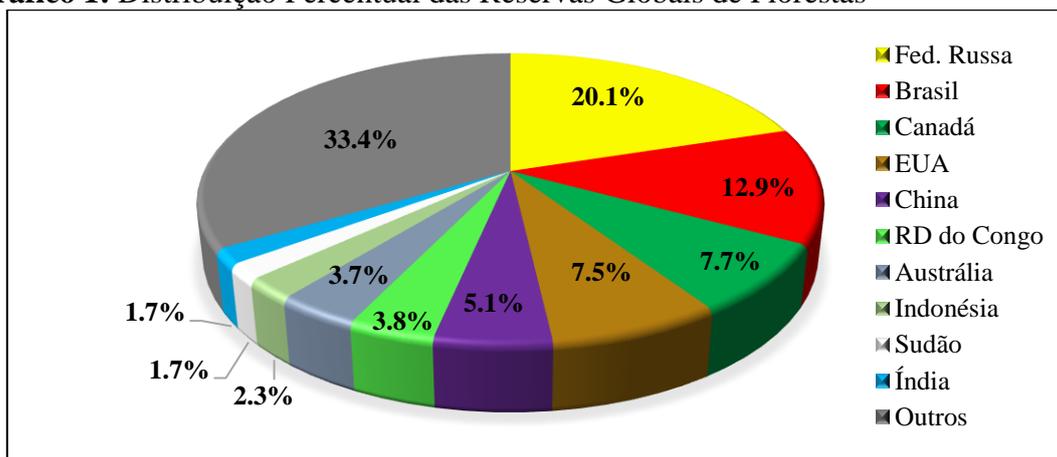
Distribuição % das Formações brasileiras e outros Tipos	Formações Florestais	Formações Campestres	ATE	Outros		
	51.3%	28.5%	16.7%	3.5%		
Itens para Avaliação	Amazônia	Mata Atlântica	Cerrado	Caatinga	Pampa	Pantanal
Distribuição % das Formações Florestais	71.2%	23.6%	4.0%	0.9%	0.3%	0.1%
Distribuição % de Cobertura Natural	82.9%	6.0%	23.6%	10.8%	0.0%	57.6%
Distribuição % de Cobertura Secundária	17.1%	94.0%	76.4%	89.2%	100.0%	42.4%

Fonte: Base Cartográfica [IBGE \(2006a e 2006b\)](#)

Nesse ponto, a preocupação elucidada pelo relatório da [FAO \(2010\)](#) sobre os Recursos Globais de Florestas anteriormente apresentado adquire total relevância e pertinência, haja vista que o Brasil constitui país de dimensões continentais e congrega parcela notável de formações florestais em seu território. Acerca disso, a [FAO \(2010\)](#)

apresenta, conforme segue o gráfico 01, a distribuição % das áreas globais de Floresta, ressaltando os 10 países com maior contribuição absoluta. Nesse cômputo, observa-se que o Brasil ocupa a posição de segundo país com maiores proporções de áreas de Floresta do planeta, alcançando juntamente com a Federação Russa aproximadamente 1/3 do quantum mundial florestal, o que indubitavelmente o coloca em posição de destaque. Sendo assim, quaisquer movimentações bruscas no balanço anual de perda-ganho no território brasileiro de áreas florestais impactam diretamente as reservas globais. Logo, tomando-se por parâmetro a tabela 02, observa-se que enquanto a formações florestais amazônicas contabilizam positivamente mais de 80% de sua área ocupada por coberturas vegetais naturais; tal valor decai negativamente para cifras inferiores a 15% na Mata Atlântica, tornando claro o efeito ocasionado pela pressão antrópica sobre as áreas de coberturas naturais.

Gráfico 1: Distribuição Percentual das Reservas Globais de Florestas



Fonte: FAO (2010)

Em vista do apresentado, infere-se diretamente do exposto que as formações florestais são proeminentes no Brasil, e sua participação na balança global de florestas é nítida. Dessa forma, para além da ampla discriminação dos tipos de formações que coexistem no Brasil, torna-se pertinente avaliar ainda sua composição, haja vista que é constituída por diferentes fisionomias que se encontram em situações de conservação diferenciada. Dito isto, a tabela 3 expõe os tipos vegetacionais que compõem a formação florestal encontrada no Brasil, assim como sua discriminação de área por Bioma.

As informações iniciais derivadas da tabela 3 apontam que formação florestal brasileira é composta por cinco tipos de vegetação: Florestas Ombrófilas Densa, Aberta, e Mista e Florestas Estacionais Semidecidual e Decidual, dos quais se observa que as formações ombrófilas densa e aberta alcançam isoladamente quase 75% do total florestal

do Brasil. Por extensão, é passível ainda se averiguar que caso se considere todas as formações ombrófilas, tal valor atinge cifras próximas a 80%. Essa avaliação decerto confirma o fato das formações estacionais não serem definitivamente expressivas em termos quantitativos no território brasileiro. No entanto, é cabível relativizar tal raciocínio, pois o mesmo é válido para a perspectiva avaliada, uma vez que se estendendo a avaliação dos tipos de vegetação que predominam no Brasil, para além das FODs e Savanas já enfatizadas, figuram-se as FOAs e as Florestas Estacionais Semidecíduais ocupando a terceira e quarta posição.

Outro aspecto de destaque se refere a distribuição geográfica dos referidos tipos florestais, a qual conforme se observará exibem dinâmicas de localização diferenciada. As florestas ombrófilas densas e abertas apresentam predominância quase que exclusiva no Bioma Amazônia (89 a 97%), com algumas áreas ainda consideráveis na Mata Atlântica; as Florestas Ombrófilas Mistas, por sua vez, são encontradas tão-somente na Mata Atlântica. Desse raciocínio, depreende-se que os tipos vegetacionais citados apresentam padrão de localização restrito a certos biomas estando predominantemente situados em um ou dois biomas.

Em contrapartida, notifica-se que as florestas estacionais (semidecidual e decidual) descrevem dinâmica mais ampla de distribuição: com destaque inicial para a Semidecidual cuja ocorrência reside majoritariamente na Mata Atlântica, sendo encontrada posteriormente na Amazônia e Cerrado. A Floresta Estacional Decidual, por sua vez, descreve – ainda conforme tabela 3 – dinâmica de distribuição mais dispersa das formações florestais. Com efeito, observa-se que a floresta decidual, pelas suas características de decidualidade mais acentuada segundo será avaliado, é encontrada mais firmemente em biomas caracteristicamente de formações campestres (totalizando 60,3%; com destaque especial para Biomas Cerrado e Caatinga), do que propriamente em biomas majoritariamente florestados.

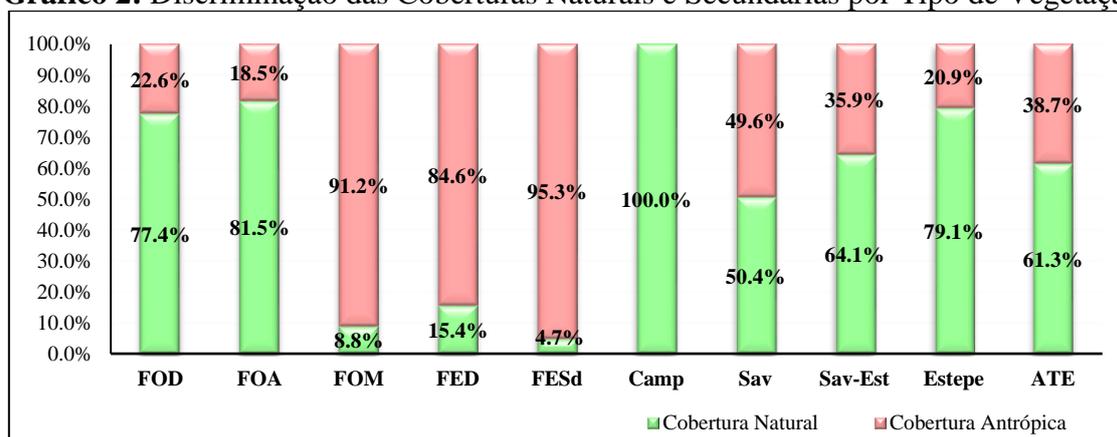
Tabela 3: Tipos de Vegetação das Formações Florestais Brasileiras e Distribuição das mesmas por Bioma brasileiro

Form. Florestais	km ²	%	Amazônia	Caatinga	Cerrado	Mata Atlântica	Pampa	Pantanal
FOD	2,349,410.2	52.4%	89.9%	0.0%	0.0%	10.1%	0.0%	-
FOA	989,335.3	22.1%	97.9%	0.4%	-	1.7%	-	-
FESd	649,744.7	14.5%	11.2%	2.5%	5.9%	79.1%	1.3%	0.1%
FED	284,566.8	6.3%	2.2%	6.7%	50.8%	37.5%	1.6%	1.2%
FOM	209,330.7	4.7%	-	-	-	100.0%	-	-

Fonte: IBGE (2006a e 2006b)

Outro aspecto avaliado diz respeito às proporções de coberturas vegetais naturais e secundárias das formações florestais, e por extensão das formações campestres. O gráfico 02 é apresentado com intuito de traduzir sintaticamente esta ideia. Partindo-se dele, notifica-se diretamente que as Florestas Ombrófilas Densas e Abertas e a Campinarana constituem os tipos vegetacionais com maior predominância de coberturas vegetais naturais (oscilando de desde 77% a 100%). Nesse ponto, é devidamente relevante ressaltar que os referidos tipos vegetacionais apresentam ocorrência quase que exclusiva na Amazônia. Por outro lado, observa-se que a proporção de coberturas naturais decresce para o intervalo 50-79% quando considerado as formações campestres (Savana, Savana-Estépica e Estepe) e as Áreas de Tensão Ecológica. Por outro lado, vertiginosamente é observado o decréscimo do percentual das coberturas naturais nas fisionomias florestais estacionais e na Floresta Ombrófila Mista, alcançando valores inferiores a 16%.

Gráfico 2: Discriminação das Coberturas Naturais e Secundárias por Tipo de Vegetação



Fonte: IBGE (2006a e 2006b)

Diante do exposto, o raciocínio acima fora apresentado, pois descreve exatamente o contexto a que se encontrada radicado os fundamentos da proposição dos objetivos dessa pesquisa. Consoante as informações acima derivadas do cruzamento de bases cartográficas do IBGE (2006a e 2006b), fica claro que as Florestas Estacionais Semidecíduais e Deciduais e as Florestas Ombrófilas Mistas constituem os ecossistemas com menores proporções de coberturas originalmente naturais no Brasil, sendo notório – dessa forma – a fragilidade associada a tais sistemas. De forma mais crítica, apresenta-se muito provavelmente as situações dessas duas últimas (FEDs e FOMs) por estarem situadas de forma menos expressiva no território brasileiro.

Conforme observado, no cenário descrito os três tipos de fisionomia apresentam certa similaridade, pois possuem conjuntamente baixa proporção de formações vegetais

naturais, o que constitui fator de diferenciação para com os demais tipos de vegetação do Brasil que encontram em situação de conservação mais equilibrada. Nessas circunstâncias, a visibilidade a ser dada nesse trabalho particularmente ao caso das florestas estacionais decíduais se justifica, pois estas, em oposição aos demais tipos florestais, não se apresentam situadas majoritariamente em biomas com predominância de florestas. Em verdade, conforme anteriormente observado, as FEDs são encontradas em todos os biomas, com destaque especial para biomas com predominância de formações campestres. Tal dinâmica de distribuição é interpretada no âmbito desse trabalho como fator negativo, pois torna difícil a regulamentação efetiva do uso e proteção das áreas de floresta.

1.2. Vegetação: Delimitando o conceito

De forma secundária, embora ainda relevante, fora tratado o termo vegetação nos parágrafos precedentes, tornando claro sua relação direta na composição do termo Bioma. Em verdade, conforme argumentado por [Figueiró \(2015\)](#), no que concerne ao processo de diferenciação dos biomas, critérios fisionômicos destacam-se substancialmente, pois na composição de tal conceito, o tipo de vegetação, ou melhor, a formação vegetal sobressai-se como principal componente. O conceito de [Odum \(2013\)](#) bem se enquadra nessa linha de pensamento, pois descreve os vários Biomas existentes como sendo discriminados por um tipo principal de vegetação, sendo este um aspecto diferenciador.

Nesse sentido, embora o bioma seja composto por tipos diferentes de vegetação, haverá determinada fisionomia que será proeminente, portanto característica daquele ambiente. Nessas circunstâncias, é pertinente ressaltar que paralelamente ao exposto, as informações derivadas do [IBGE \(2006a e 2006b\)](#) acerca da composição vegetação por biomas suportam exatamente tal ideia, pois assinalam que para cada um dos 6 tipos de biomas brasileiros, haverá uma fisionomia predominante, sendo que tal proporção varia desde predominância em 40% de uma fisionomia particular (caso da Mata Atlântica) até valores superiores a 70% (caso dos biomas Pampa e Pantanal).

No que diz respeito mormente ao conceito de vegetação, o levantamento realizado revelou a existência tanto de acepções abrangentes e, nesse sentido, fazendo menção a significados amplos, quanto conotações particulares que certamente fundamentam uma avaliação mais criteriosa. Tratando-se inicialmente do primeiro caso, [Clements e Shelford \(1939\)](#), em excerto sobre o conceito de Bioma, pontuam que o termo em destaque muito

comumente tem sido interpretado como conjunto de plantas que compõem um dado bioma. De modo similar, o termo é retratado no *Dicionário de Botânica* de [Ferri, Nanuza e Monteiro \(1981\)](#), como sendo o conjunto de vegetais de determinada área. [Rizzini \(1997\)](#), por outro lado, embora assinale acertadamente a diferença existente entre vegetação e flora, ratificando – dessa forma – que por mais que sejam empregadas não raro como sinônimos, tais conceitos apresentam conotações diferenciadas; por vez, segue a mesma linha de raciocínio de [Ferri, Nanuza e Monteiro \(1981\)](#), pois não corrobora para uma definição mais restrita e particular do termo.

A preocupação acima se justifica, pois se tratando do desenvolvimento de uma pesquisa científica que se apoia genuinamente em tal termo, o emprego de tais referências como amparo teórico muito superficialmente corrobora para uma avaliação profunda e coerente da terminologia. De forma similar, [Küchler \(1988b\)](#) expressa sua preocupação acerca da adesão de tais definições, uma vez que em âmbito científico, a superficialidade atrelada a tais conceitos não ampara o desenvolvimento de mapeamentos da vegetação, pois não descrevem acertadamente o significado do termo, inviabilizando assim quaisquer avaliações significativas.

Em contrapartida, conforme previamente elucidado, há outras referências que avançam na construção do conceito de Vegetação. Nesse caso, [Figueiró \(2015\)](#) a descreve como sendo composta por espécies vegetais diferentes, constituída por uma mesma fisionomia, com dominância de formas de vida semelhantes e estratificação peculiar. De forma similar, [Küchler \(1988b\)](#), assinala que a vegetação consiste numa reunião de plantas, as quais podem ser diferenciadas de duas maneiras: morfológica e taxonomicamente. O primeiro mais se associa com a discussão corrente. Nessa perspectiva, o mencionado autor afirma que as plantas que compõem a vegetação são identificadas com base em suas feições gerais, e tais características observáveis constituem o que [Küchler \(1988b\)](#) denominou de Fisionomia.

Em enunciado similar, [Ribeiro e Walter \(1988\)](#) apresentam a diferença entre tipos de vegetação e formas de vegetação, sendo que no primeiro caso, os tipos são diferenciados pela Fisionomia, Flora e Ambiente, ao passo que as formas são discriminadas tão-somente pela fisionomia. O referido termo que é comum em ambos os casos é traduzido conforme [Ribeiro e Walter \(1988\)](#) a partir de três aspectos: Estrutura (Altura e Densidade), Formas de Vida e Mudanças Estacionais. Ademais, em diálogo correlato, [Di Gregorio e Jansen \(2005\)](#) amparando-se preferencialmente em [Küchler \(1988b\)](#) expõem que as

comunidades vegetais ou fitocenoses (a vegetação) são diferenciadas segundo duas características particulares: fisionomia e estrutura.

É imperativo destacar a esse ponto que embora as informações apresentadas em algum momento descrevam certas discordâncias conceituais, as mesmas corroboram para a finalidade última dessa avaliação que consiste na compreensão do termo vegetação. Sendo assim, para além da caracterização básica inicial de compreender a vegetação como sendo um conjunto de plantas (vegetais) de determinada área, pôde-se averiguar alguns critérios muito comumente empregados na diferenciação dos tipos de vegetações: sendo eles a fisionomia, estrutura e por extensão, composição florística (DI GREGORIO e JANSEN, 2005) ou fisionomia, flora e ambiente (aspecto ecológico) (RIBEIRO e WALTER, 1988).

Tais informações são relevantes, pois conforme descrito por Ellenberg e Muller-Dombois (1974), a vegetação é um fenômeno geográfico e por tal definição sua avaliação é inviável sem considerar o espaço a qual ocupa. Nessa perspectiva, a identificação espacial da distribuição da vegetação ou propriamente seu mapeamento se torna uma etapa indispensável. Logo, conforme já adiantado, é cabível determinar em primeira instância quais critérios o sistema de classificação empreendido será baseado, pois decerto a literatura (DI GREGORIO e JANSEN, 2005; IBGE, 2012; RIZZINI, 1997) bem possibilita observar que as combinações de critérios são variadas.

Logo, para o presente estudo que idealiza a obtenção de mapeamentos de uso e cobertura do solo, para avaliação das análises propostas, é necessário definir de antemão um sistema de classificação que aponte, ainda que com generalidade cartográfica, a realidade preliminar da distribuição dos tipos de vegetação encontrados no território brasileiro. Em vista disso, dada a notoriedade do empenho histórico característico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no mapeamento sistemático da vegetação brasileira, será empregado no âmbito desse trabalho para indicação preliminar das áreas de Florestas Estacionais Deciduais a base cartográfica do IBGE (2006b), e - de outro modo - a 2ª edição do Manual Técnico de Vegetação Brasileira (MTVB) de 2012, como instrumento de direcionamento.

É pertinente sublinhar a esse ponto que a escolha de tal órgão conforme supracitado se justifica pelo pioneirismo a frente no mapeamento da vegetação brasileira, através

principalmente dos trabalhos iniciais de [Andrade-Lima \(1966\)](#)⁵ e [Veloso \(1966\)](#)⁶ e outros derivados direta ou indiretamente do projeto RADAMBRASIL. De outro modo, bem é ressaltado por [Joly et al. \(1999\)](#) a tentativa de universalização do sistema de classificação por meio do referido órgão. Nesses termos, a tabela 4⁷ a seguir será utilizada para avaliar do ponto de vista cronológico as principais publicações associadas diretamente a proposição do Sistema de Classificação da Vegetação Brasileira (SCVB) atualmente utilizado no Brasil. Nele, figuram-se tanto trabalhos nacionais (*azul*) quanto internacionais (*preto*), assim como outras publicações que indiretamente tiveram contribuições decisivas no campo das ciências naturais.

Sendo assim, [Joly et al. \(1999\)](#) relata que a primeira classificação da vegetação brasileira fora realizada em 1824 na obra *Flora Brasiliensis* do alemão Carl Friedrich von [Martius \(1824\)](#)⁸, a qual dividiu o território brasileiro em cinco domínios florísticos. Em período temporal similar, [Whittaker \(1980\)](#) descreve que as primeiras tentativas de cunho científico de classificação da vegetação foram empreendidas no início do século XIX, principalmente através das publicações de [Humboldt \(1806\)](#)⁹, [Humboldt \(1808\)](#)¹⁰ e [Grisebach \(1838\)](#)¹¹, com conotações – no entanto – estreitamente fisionômicas, fazendo oposição direta a proposta florística de [Martius \(1824\)](#).

Nesse ponto, conclui-se de imediato com suporte de [Whittaker \(1980\)](#) que as primeiras classificações da vegetação foram baseadas particularmente em critérios fisionômicos. Sobre isso, [Clements \(1928\)](#) afirma que o conceito de *Formação* proposto por Grisebach apresenta conotação inteiramente fisionômica e essa mesma linha de pensamento se aplica a utilização do termo *Associação* por Humboldt. Em verdade, [Clements \(1928\)](#) reitera que os mencionados autores provavelmente tentaram expressar a mesma ideia, por meio da utilização de termos diferentes; no entanto.

⁵ ANDRADE-LIMA, D. de. **Atlas Nacional do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1966.

⁶ VELOSO, H. P. **Atlas Florestal do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola, 1966

⁷ É importante frisar que não se pretende, de forma alguma, realizar um levantamento exaustivo que se diga completo dos antecedentes históricos do SCVB. Apenas fora elencado aqueles diretamente associados ao SCVB com base na literatura consultada. Para mais informações, vide IBGE (1992, 2012), Joly et al. (1999) e Veloso e Góes-Filho (1982).

⁸ MARTIUS, C. F. P. von. *Tabula geographica brasiliæ et terrarium adjacentium (tabula geographica quinque provincias floræ brasiliensis illustrans)*. In: MARTIUS, C. F. P. von; EICHLER, A. W.; URBAN, I. **Flora brasiliensis**. Monacchi et Lipsiæ [Alemanha]: R. Oldenbourg, 1840-1906. fasc. 21, v. 1, part. 1.

⁹ HUMBOLDT, A. von. **Ideen zu einer Physiognomik der Gewäse**. 1806.

¹⁰ _____. **Ansichtern der Natur mit wissenschaftlichen Erläuterngen**. 1808.

¹¹ GRISEBACH, A. **Ueber den Einfluss des Climas auf die Begränzung der natürlischen**. 1838.

Embora Grisebach seja considerado o primeiro fisionomista (BEARD, 1980), provavelmente em função da proposição do termo *formação*, Kùchler (1988a) atribui a Schimper (1898)¹² a publicação do primeiro mapeamento da vegetação do mundo a ser considerado moderno. Este evento, decerto, é de interesse no histórico da fitogeografia brasileira, haja vista que os estudos biogeográficos no Brasil iniciam a partir de publicação de Martius (1824) e a próxima obra acerca da temática somente viera a público um século posterior (JOLY et al. 1999), a partir da classificação da vegetação de Campos (1926)¹³, baseado em critérios fisionômicos-estruturais. Em 1940, por sua vez, Sampaio¹⁴ apresenta classificação da vegetação de conotação florística, que embora apresenta avanços em relação às classificações anteriores, retrocedeu em certos aspectos quando comparada à classificação de Sampaio (IBGE, 2012 e JOLY et al. 1999).

Tabela 4: Cronologia de Publicações associadas direta (negrito) e indiretamente (*itálico*) a Publicação do SCVB atual

Anterior a 1800	Período 1941 a 1960
<i>Lineu (1753?)</i>	Santos (1943)
Período 1800 a 1900	Kùchler (1947)
Humboldt (1806, 1808)	<i>Holdridge (1949)</i>
Von Martius (1824)	Aubréville (1956)
<i>Schmarda (1853)</i>	Trochain (1957)
<i>Sclater (1857)</i>	Período 1961 a 1980
<i>Darwin (1859)</i>	<i>Gausson (1964)</i>
Grisebach (1872)	Andrade-Lima/ Veloso (1966)
<i>Wallace (1876)</i>	Ellenberg e Müller-Dombois (1966-1967)
<i>Haeckel (1876)</i>	<i>Eiten (1968)</i>
<i>Engler e Prantl (1887)</i>	UNESCO (1973)
Drude (1887)	<i>Whittaker (1969 e 1980)</i>
<i>Von ihering (1900)</i>	Período 1981 a 2000
Período 1901 a 1920	Veloso e Goes-Filho (1982)
Schimper (1903, 1908)	IBGE (1988). 1ª ed. Mapa da Vegetação
Warming (1908)	Veloso, Rangel-Filho e Lima (1991)
Período 1921 a 1940	IBGE (1992). 1ª ed. Manual da Vegetação
<i>Wegner (1924)</i>	IBGE (1993). 2ª ed. Mapa da Vegetação
Campos (1926)	Ribeiro e Walter (1998)
Raunkiaer (1934)	<i>Di Gregório e Jansen (1998)</i>
Schimper e von Faber (1935)	Período 2001 e 2015
<i>Köppen (1936)</i>	<i>FAO/FRA (2001) e Olsen (2001)</i>
<i>Bertallanfy (1937)</i>	IBGE (2004). 3ª ed. Mapa da Vegetação
<i>Clements e Shelford (1939)</i>	<i>Di Gregório e Jansen (2005)</i>
Sampaio (1940)	IBGE (2012). 2ª ed. Manual da Vegetação

Fonte: Kùchler (1951), Troppmair (1987), IBGE (2012) e Figueiró (2015)

¹² SCHIMPER, A. F. W. **Pflanzengeographie auf physiologischer**. Grundlage. Gustav Fischer, Jena. 1898.

¹³ CAMPOS, G. de. **Mappa Florestal do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio. Typ do Serviço de Informação, 1926.

¹⁴ SAMPAIO, A. J. **Fitogeografia**. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, ano 2, n. 1, p.59-78, jan. 1940.

Conforme observado, os estudos fitogeográficos fisionômicos datam particularmente do início do século XIX (CLEMENTS, 1928; WHITTAKER, 1980 e KÜCHLER, 1988a). Apesar disso, a fitogeográfica fisionômica no Brasil somente tenha apresentado notoriedade a partir da obra de Santos (1943)¹⁵, conforme atestado pelo IBGE (2012), a qual fora responsável pela elaboração de classificação da vegetação, com base em critérios puramente fisionômicos, aproximando-se assim da proposição de Schimper (1898).

Partindo-se da tabela 4, é passível observar que o período de 1950-1970 fora decerto alvo de produção no campo fitogeográfico, uma vez que vários sistemas de classificação da vegetação foram publicados nesse espaço temporal. A esse respeito Beard (1980) e Ellenberg e Müeller-Dombois (1974) elencam algumas publicações de notoriedade: Aubréville (1956)¹⁶, Trochain (1957)¹⁷, Dansereau (1957)¹⁸, Fosberg (1961)¹⁹, Ellenberg e Müeller-Dombois (1967) e Schmithüsen (1968)²⁰. Tais obras merecem destaque, pois apresentam conexão direta com o atual Sistema de Classificação da Vegetação Brasileira adotado no Brasil, conforme apontado pelo IBGE (2012).

Com efeito, Veloso e Góes-Filho (1982) destacam que os primeiros Atlas florestais do Brasil foram publicados no ano de 1966 por Dardano de Andrade-Lima²¹ e Henrique Pimenta Veloso²², sendo dotados por sistema de classificação próprio que embora façam uso de certas terminologias regionais, apresentaram cunho universalizado. De forma simultânea, o final da década de 1960 presidiu a publicação do Sistema de Classificação Fisionômico-Ecológico da Vegetação por Ellenberg e Müeller-Dombois (1967), a qual conforme observado pelo IBGE (2012), tal obra constitui a base fundamental do sistema fitogeográfico proposto pelo projeto RADAMBRASIL em 1982 e das obras subsequentes do IBGE (1988, 1991, 1992, 1993, 2004 e 2012).

¹⁵ SANTOS, L. B. dos. **Aspecto geral da vegetação do Brasil**. Boletim Geográfico, Rio de Janeiro: IBGE, ano 1, n. 5, p. 68-73, 1943.

¹⁶ AUBREVILLE, A. **Essai de classification et de nomenclature des formations forestières africaines avec extension du système propose à toutes les formations du monde tropical**. 1956

¹⁷ TROCHAIN, J. L. **Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique tropicale**. 1957

¹⁸ DANSEREAU, P. **Biogeography, an ecological perspective**. The Ronald Press: New York, 1957.

¹⁹ FOSBERG, F. R. A Classification of Vegetation for General Purposes. **Tropical Ecology**. v. 2, p. 1-28. 1961.

²⁰ SCHMITHÜSEN, J. **Vegetation maps at 1:25 million of Europe, North Asia, South Asia, SW Asia, Australia, N Africa, S Africa, N America, Central America, South America (north part), South America (south part)**. XVIII, p. 321-346 in Grosses Duden-Lexikon. 1968.

²¹ ANDRADE-LIMA, D. de. **Contribuição ao estudo do paralelismo da flora amazônica nordestina**. Recife: Instituto de Pesquisas Agronômicas - IPA, 1966.

²² VELOSO, H. P. **Atlas florestal do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola, 1966.

Tratando-se particularmente desse último sistema, o fisionômico-ecológico, torna-se necessário fazer alguns apontamentos, uma vez que essa obra está articulada diretamente com as publicações precedentes, conforme se pode observar na tabela 4. A respeito disso, conforme relatado pelo [IBGE \(2012\)](#), em 1967, o sistema fisionômico-ecológico para classificação da vegetação fora proposto por Heinz Ellenberg e Dieter Müller-Dombois, sendo baseado nos trabalhos anteriores de [Aubréville \(1956\)](#), [Trochain \(1955\)](#)²³, [Trochain \(1957\)](#), [Küchler \(1947\)](#)²⁴ e [Küchler \(1949\)](#)²⁵. Tal classificação está estruturada na Sistema Hierárquico de Formações, com ordens variando desde a classe de Formação até a Formação e Subformação, propriamente.

De acordo com [Ellenberg e Müller-Dombois \(1967\)](#), o sistema para classificação da vegetação proposto transparece influência rigorosamente fisionômica, uma que as formações e as outras subdivisões são resultantes de combinações de diferentes formas de vida, portanto, derivadas de unidades fisionômicas. Esse ponto particular revela a conexão direta com os trabalhos de [Humboldt \(1806\)](#), [Warming \(1908\)](#)²⁶ e [Raunkiaer \(1934\)](#)²⁷ acerca do tema *Formas de Vida*. [Rizzini \(1997\)](#), nesse ponto, destaca que as primeiras formas de vida reconhecidas foram definidas por Humboldt. Tal sistema posteriormente fora modificado por Warming e sequencialmente por Raunkiaer ([IBGE, 2012](#)). A proposta de 1967 está fundamentada particularmente nas *Formas Biológicas* de definidas em 1934.

Em sequência, [Ellenberg e Müller-Dombois \(1974\)](#) ressalta que critérios ecológicos, climatológicos, pedológicos e geomorfológicos foram também empreendidos na construção terminológica das classes, uma vez que em certos casos, o uso tão-somente da resposta fisionômica-estrutural da vegetação não é suficiente para revelar determinadas propriedades. Nessa perspectiva, o [IBGE \(2012\)](#) deixa transparecer a relação direta do sistema anterior com a proposição de [Trochain \(1955\)](#) e [Trochain \(1957\)](#) a qual tem contribuições incisivas ao considerar elementos ecológicos na classificação da vegetação.

²³ TROCHAIN, J. L. **Nomenclature et classification des milieux végétaux en Afrique noire française**. 1955.

²⁴ KÜCHLER, A. W. A. A geographic system of vegetation. **Geographical Review**, New York: American Geographical Society, v. 37, n. 2, p. 233-240. 1947.

²⁵ _____. A physiognomic classification of vegetation. **Annals of the Association of American Geographers**, Washington, DC, v. 39, n. 3, p. 201-210. 1949

²⁶ WARMING, E. **Lagoa Santa: contribuição para a geographia phytobiologica**. Tradução por A. Löfgren. Bello Horizonte: Impr. Oficial do Estado de Minas Gerais, 1908.

²⁷ RAUNKIAER, C. **The Life forms of plants and statistical plant geography**. Oxford: Clarendon Press, 1934

[Aubréville \(1956\)](#) teve influência nos sistemas posteriores, por incluir em sua classificação terminologias associadas a topografia.

Transcorrido a década de 1960, conforme exposto por [Joly et al. \(1999\)](#), os anos posteriores a 1970 encerram uma nova etapa no campo fitogeográfico brasileiro. Partindo-se da década de 1970, o Projeto Radar na Amazônia - RADAM tenha iniciado suas operações na Amazônia e em subjacências do Nordeste, com vista a realizar o levantamento dos recursos naturais da área ([CPRM, 2017](#)). Em vista dos resultados positivos alcançados, tal projeto fora ampliado para o restante do Brasil em 1975, sendo doravante chamado RADAMBRASIL ([CPRM, 2017](#)). Nesse contexto, [Joly et al. \(1999\)](#) enfatiza a primazia do Projeto RADAM e posteriormente RADAMBRASIL na elaboração de sistema de classificação fitogeográfico baseado genuinamente no sistema universal de [Ellenberg e Müller-Dombois \(1967\)](#).

O fato apontado é decerto notório na história da biogeografia brasileira, haja vista que as bases do Sistema Fitogeográfico foram publicadas em 1982 por Henrique Pimenta Veloso e Luiz Góes-Filho por meio da obra capital *Fitogeografia Brasileira: classificação fisionômica-ecológica da vegetação neotropical*. Conforme ressaltado por [Joly et al. \(1999\)](#) e [IBGE \(2012\)](#), os mapas da vegetação de 1988 (1ª edição) e 1993 (2ª edição) são derivações com sutis mudanças da classificação de 1982. De outro modo, as publicações de [Veloso, Rangel-Filho e Lima \(1991\)](#), a 3ª edição do Mapa da Vegetação Brasileira ([IBGE, 2004](#)) e os Manuais Técnicos da Vegetação Brasileira ([IBGE, 1992](#) e [IBGE, 2012](#)) encerram obras em articulação direta do produto inicialmente derivado do Projeto RADAMBRASIL.

Diante das colocações efetuadas, torna-se patente e imperativo reiterar que a utilização da base vetorial de Vegetações de 2006 Manual Técnico da Vegetação Brasileira de 1992 se justifica pelo fato da referida base constituir a base mais recente, com disponibilidade gratuita no Brasil. Além disso, o conceito de FED empreendido será embasado principalmente pelo MTVB de 2012. No entanto, é pertinente salientar que outros conceitos de FED estão dispersos na literatura e os estudos avaliados a posteriori acertadamente comprovam isso. Sendo assim, com vista a não negligenciar tais conotações que decerto apresentam contribuições significativas na construção do conhecimento no que tange a ideia de FED, será efetuada nos parágrafos consecutivos um levantamento dos principais conceitos e terminologias associadas a esse tipo de vegetação para que mediante tal pesquisa, seja possível empregar quando necessário tal conjunto de informações como mecanismo assistente.

1.3 Floresta Estacional Decidual: Terminologias e Acepções

Contrariamente ao observado acerca dos estudos da vegetação que datam do início do século XIX (WHITTAKER, 1980), os estudos referentes às Florestas Tropicais Secas (FTS) apresentam-se majoritariamente restritos aproximadamente às últimas três décadas. De forma efetiva, Linares-Palomino (2006) atribui a Hueck (1959)²⁸ como responsável pelo primeiro estudo efetuado particularmente acerca das florestas tropicais secas sazonais (*seasonally tropical dry forest* - SDTF), com vista a levantar as principais informações acerca desse tipo de vegetação na América do Sul. Por outro lado, trabalhos contemporâneos à Hueck como Smith e Johnston (1945)²⁹, Beard (1955)³⁰ e Holdridge (1966)³¹ e mais recentemente Sarmiento (1975)³², Murphy e Lugo (1986), Gentry (1995), Janzen (1988), Prado (2000)³³, Pennington, Prado e Pendry (2000), Olson et al. (2001), Eva et al. (2002)³⁴, Linares-Palomino, Pennington e Bridgewater (2003)³⁵ e Sánchez-Azofeifa et al. (2005) se destacam como amplas referências empreendidas no que concerne a estudos relativos a mapeamento da vegetação.

Nesse cenário pertinente aos estudos de Florestas Secas, aspectos particulares a sua extensão, grau de notoriedade no âmbito científico e status de conservação aparentam ser subjacentemente alvo de intenso debate. A esse respeito, Murphy e Lugo (1986) apontam que cerca de 40% da faixa tropical e subtropical terrestre é composta predominantemente por florestas fechadas e abertas, sendo que as florestas secas respondem majoritariamente por 42% dessa área, sendo acompanhadas pelas florestas úmidas (*moist forests*) e florestas pluviais e úmidas (*wet and rain forest*).

Embora a predominância das florestas secas nos trópicos seja notória e suportado por vários autores, pouca atenção tem sido dada as mesmas, demonstrando relativa negligência

²⁸ HUECK, K. **Bosques Secos de la Zona Tropical e Subtropical de la America del Sur.** 1959

²⁹ SMITH, A. C.; JOHNSTON, I. M. **A Phytogeographic sketch of Latin America.** 1945

³⁰ BEARD, J. S. **The classification of tropical American vegetation-types.** 1955.

³¹ HOLDRIDGE, L. R. **Life Zone Ecology.** 1966

³² SARMIENTO, G. **The Dry Plant Formations of South America and their floristic connections.** 1975

³³ PRADO, D. E. **Seasonally Dry Forests of Tropical South America: from forgotten ecosystems to new phytogeographic unit.** 2000

³⁴ EVA, H. D.; MIRANDA, E. E. de.; BELLA, C. M. di.; GOND, V.; HUBER, O.; SGRENZAROLI, M.; JONES, S.; COUTINHO, A.; DORADO, A.; GUIMARÃES, M.; ELVIDGE, C.; ACHARD, F.; BELWARD, A. S.; BARTHOLOMÉ, E.; BARALDI, A.; GRANDI, G. de.; VOGT, P.; FRITZ, S.; HARTLEY, A. **A Vegetation Map of South America.** European Commission – Joint Research Centre. 2002.

³⁵ LINARES-PALOMINO, R.; PENNINGTON, R. T.; BRIDGEWATER, S. **The phytogeography of Seasonally Dry Tropical Forests in Equatorial Pacific South America.** 2003

ao assunto, o que implica em situação de visível incompatibilidade, considerando a esse ponto que o referido tipo de vegetação constitui um dos ecossistemas mais ameaçados do planeta (SÁNCHEZ-AZOFEIFA et al., 2005). Essa última atribuição se deve conforme Miles et al. (2006) a Janzen (1988), na qual tenha salientado que as Florestas Tropicais Secas prescrevem o tipo florestal tropical em maior grau de ameaça. Janzen (1988) depreende tal informação, sobretudo do fato de que quando os espanhóis alcançaram o ocidente, as áreas de Florestas Secas atingiam na Mesoamérica cerca de 550.000 km² de área, sendo que hoje tão-somente 0.09% dessa floresta apresenta status de conservação e menos de 2% constitui vegetação originalmente intacta. De forma similar, Janzen (1988) reitera que as circunstâncias apresentadas não são particulares a Mesoamérica; em verdade, aponta que as florestas tropicais secas da Austrália, Sudeste Asiático, África e porções da América do Sul passaram por condições similares.

Corroborando com o exposto, Portiollo-Quintero e Sánchez-Azofeifa (2010) argumentam que, nos trópicos, a pressão antrópica sobre os ecossistemas de FTS é evidentemente manifesto, haja vista que tais áreas correspondem a *sites* dotados de características climáticas e edáficas decerto propensos a ocupação humana, o que diretamente estimula sua depredação. Paralelamente a isso, segundo elucidado pelos mencionados autores, apresenta-se de forma incoerente o fato de que embora seja evidente a fragilidade associada ao status de conservação das FTS, os esforços científicos acerca da conservação das florestas tropicais residem majoritariamente sobre as florestas pluviais tropicais, com pouca atenção dada, não obstante, às florestas secas. Esse fato particular fica explícito no levantamento realizado por Sánchez-Azofeifa et al. (2005) sobre os estudos sobre florestas tropicais através do Índice de Citação Científica (*Science Citation Index*) entre os anos de 1945 e 2004. Nessa pesquisa, os autores concluíram que do total de artigos publicados no período temporal especificado, somente 14% referiam-se particularmente às florestas secas, prevalecendo assim os estudos sobre florestas úmidas (*wet forests*).

Para além da pressão antrópica existente sobre as áreas de FTS nos trópicos, Linares-Palomino (2004) recorda que contribui igualmente para os problemas associados a conservação das florestas secas (*bosques secos*) o fato de serem muito comumente interpretadas como constituintes degradadas de outros tipos de vegetação e tal compreensão detêm influência decisiva quando ela é avaliada em termos de conservação.

De outro modo, Miles et al. (2006) salienta que a avaliação da conservação das florestas secas passa primariamente pelo conhecimento de suas extensões e tal

definição está em função de como esse tipo de vegetação é conceituado. Esse ponto, conforme destacado por [Miles et al. \(2006\)](#) é um assunto complexo, à medida que segundo observado na literatura não-raro florestas secas são classificadas como “*Savannas and Woodlands*”, o que diretamente interfere no estabelecimento de seus reais limites.

No que tange particularmente aos conceitos presentes na literatura sobre FTS, a qual constitui o objetivo mor desse tópico, a literatura tem apontado a existência de vários conceitos e termos associados às Florestas Tropicais Secas. No parágrafo precedente, [Miles et al. \(2006\)](#) fornecera pistas acerca dessa amplitude terminológica e conceitual do termo em questão. De um modo geral, os trabalhos têm convergido para um conjunto específico de obras que tem direcionado e subsidiado a compreensão da extensão e limites conceituais das FTS. Conforme já mencionada, não raro os trabalhos de [Beard \(1955\)](#), [Holdridge \(1966\)](#), [Olson et al. \(2001\)](#) e [Eva et al. \(2002\)](#) são encontrados como parâmetros na identificação preliminar das áreas de FTS. Essa pesquisa, no entanto, não fará uso de tais abordagens ou sistemas de classificação, uma vez que apresentam amplas conotações que escapam espacial e conceitualmente da proposta desse trabalho³⁶.

A cerca do exposto, [Mooney, Bullock e Medina \(1995\)](#) expressam que a extensão das florestas tropicais é um assunto para difícil discussão, uma vez que os limites conceituais e físicos das “*Dry Forests, Woodlands e Savannas*” são interpenetrantes o que torna sua distinção relativamente complexa. Por outro lado, em necessidade de definição, os referidos autores apontam que em termos gerais as Florestas Tropicais Secas são encontradas em áreas da faixa tropical que apresentam duração da estação seca prolongada, perdurando por vários meses, sendo em alguns casos absoluta.

Em termos mais específicos, [Murphy e Lugo \(1995\)](#), [Gentry \(1995\)](#) e [Pennington, Lewis e Ratter \(2006\)](#) salientam que as Florestas Tropicais Sazonais Secas são encontradas em áreas em geral com média de precipitação anual inferior a 1600mm/a, com estação seca perdurando por 5 a 6 meses. Além disso, ressaltam que embora ocorram em condições climáticas similares as áreas savânicas; [Mooney, Bullock e Medina \(1995\)](#), assim como os supracitados autores apontam que as florestas secas se diferenciam desse último tipo de vegetação notoriamente por propriedades estruturais e edáficas. Com efeito, as florestas secas detêm arranjo estrutural dominado por árvores, estando situadas

³⁶ Os trabalhos de [Murphy e Lugo \(1995\)](#), [Prado \(2000\)](#), [Miles et al. \(2006\)](#), [Portiollo-Quintero e Sánchez-Azofeifa \(2010\)](#) e [Linares-Palomino \(2004\)](#) fazem referência a tais estudos e, portanto, servem para obtenção de mais informações.

em solos mais férteis. As savanas, por outro lado, não apresentam cobertura vegetal contínua e detêm estrato inferior composto por vegetação herbácea xeromorfa, com tolerância à fogo. A cerca do exposto, [Janzen \(1988\)](#) e [Sánchez-Azofeifa \(2005\)](#) relatam propriedades similares, com ligeiras alterações, no entanto, na duração da estação seca e na precipitação média anual. De forma similar, em estudo efetuado por [Gentry \(1995\)](#), valores de precipitação média anual abaixo de 1600mm/a foram alcançados para os *sites* de FTS; no entanto, o autor salienta que para o amplo grupo de pontos disponíveis, valores para além desse limiar foram alcançados, demonstrando certa variabilidade das propriedades em função de sua localização.

Diante das informações acima, as Figuras 2A e 2B destacam, conforme [Linares-Palomino, Oliveira-Filho e Pennington \(2011\)](#) e [Pennington, Prado e Pendry \(2000\)](#), a distribuição das áreas de Florestas Tropicais Secas, Savanas e Associados nos Neotrópicos. Conforme se observa e descrito por [Pennington, Lewis e Ratter \(2006\)](#), a extensão de tais áreas varia desde a Flórida, perpassando pela península de Yucatán no México, atingindo a América Central continental e insular (mormente Costa Rica, Panamá, Jamaica e Cuba), norte da América do Sul (extensões mais evidentes na Colômbia e Venezuela), fragmentos na América andina e por fim diagonal de sentido NE-SO oscilando desde o nordeste brasileiro até o Chaco paraguaio.

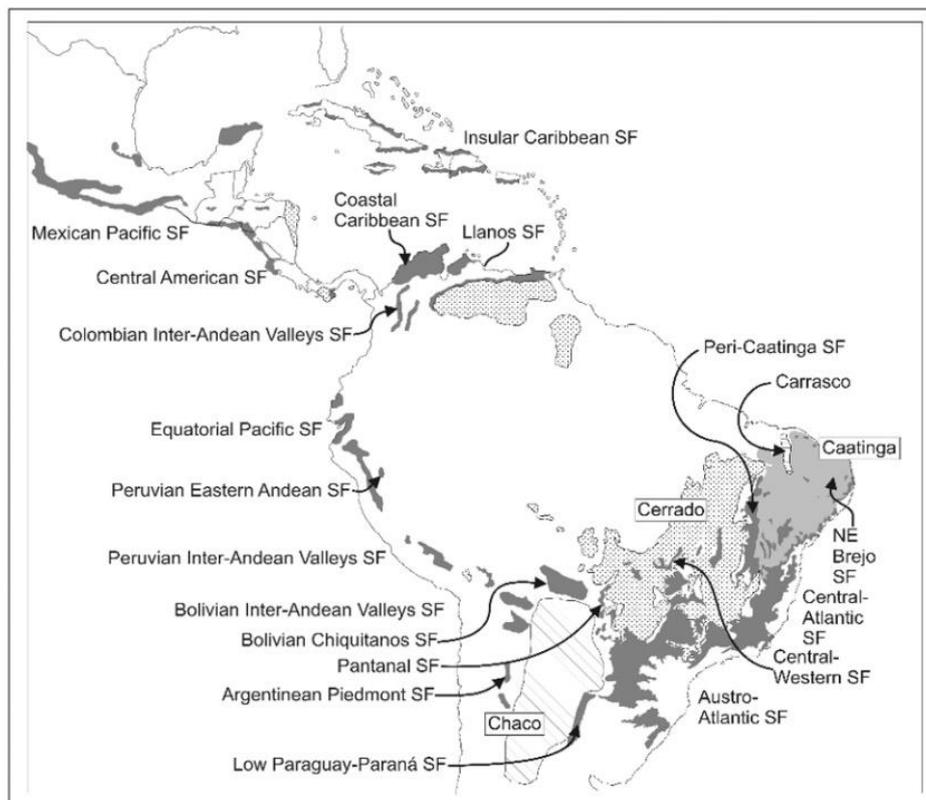


Figura 2A: Distribuição das Áreas de Florestas Tropicais Secas Sazonais dos Neotrópicos, segundo [Linares-Palomino, Oliveira-Filho e Pennington \(2011\)](#).

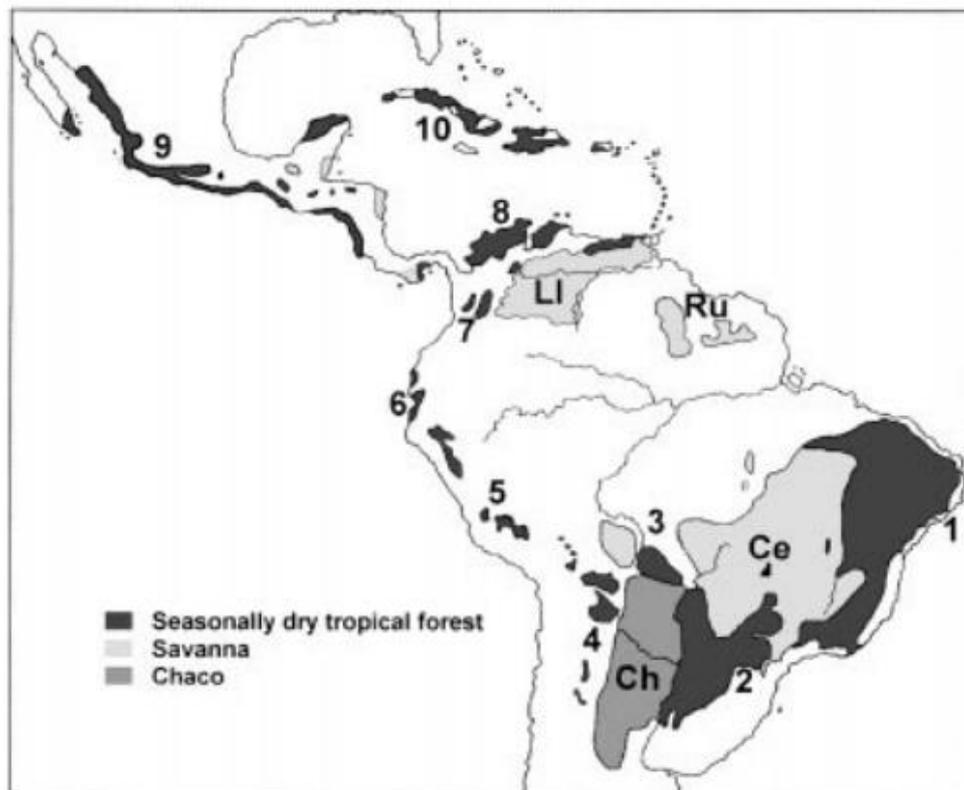


Figura 2B: Distribuição das Áreas de Florestas Tropicais Secas Sazonais dos Neotrópicos, segundo [Pennington, Prado e Pendry \(2000\)](#).

É oportuno salientar a esse ponto que as conotações registradas acima, assim como a distribuição das áreas de FTS e Savanas são paramétricas em termos de amplo conhecimento das áreas com potencialidade a apresentar tais tipos de vegetação. No entanto, não são adequadas para investigação a ser executada no âmbito dessa pesquisa. Conforme descrito pelo [IBGE \(2012\)](#), as áreas de Florestas Tropicais Secas, segundo o sistema adotado Florestas Estacionais Deciduais, são encontradas principalmente sob forma de disjunções, com ampla extensão, porém, observada desde o norte de Minas Gerais até o Nordeste Brasileiro. Tal área constitui, segundo [IBGE \(2012\)](#) e [Oliveira-Filho, Jarenkow e Rodal \(2006\)](#), área de transição entre os biomas/domínios Caatinga e Cerrado. Sendo assim, a adoção dos mapeamentos apresentados como parâmetros não subsidia diretamente a pesquisa, pois embora reconheçam a diferença entre “*Dry Forests, Woodlands e Savannas*”, não chegam ao ponto de sua discriminação, haja vista que as similares e intersecções são evidentes entre tais sistemas ([MOONEY, BULLOCK E MEDINA, 1995](#)).

Logo, conforme será explicitado ulteriormente, a presente pesquisa fará uso particularmente do Manual Técnico da Vegetação Brasileira do [IBGE \(2012\)](#) e os Mapas da Vegetação de 2004 (formato pdf) e 2006 (formato vetorial) do mesmo órgão, uma vez que a ampla diferenciação entre FEDs, Caatingas e Cerrados é apontada, mesmo que em escala pequena (1:5.000.000). Tal proposição se assemelha a efetuada por [Espírito-Santo et al. \(2013\)](#), no qual utilizara a base vetorial do IBGE como parâmetro, pois nela está descrita a diferenciação espacial particularmente entre FTSs e Caatingas, sobretudo em termos estruturais.

CAPÍTULO 2: MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Caracterização da Área

Em vista das proposições estabelecidas, as informações a seguir objetivam esclarecer os aspectos metodológicos fundamentais relativos a pesquisa. Nesse ponto, a Figura 3 apresenta os limites das áreas a serem considerados no escopo desse trabalho. A área de interesse (*Area of Interest - AOI*) consiste primariamente na faixa semi-contínua de orientação Norte-Sul de Floresta Estacional Decidual pertinente a Área de Aplicação da Lei 11.428 de 2006. Devido os produtos cartográficos utilizados para delimitação das formações vegetais da Mata Atlântica serem de escala 1:5.000.000, portanto – imbricado de generalizações - considerou-se como critério espacial a unidade geográfica mesorregião como parâmetro para delimitação da área de estudo, haja vista que nessa perspectiva qualquer área de FED não contemplada pela escala de mapeamento do IBGE poderia ser identificada pelo mapeamento a ser conduzido nessa pesquisa.

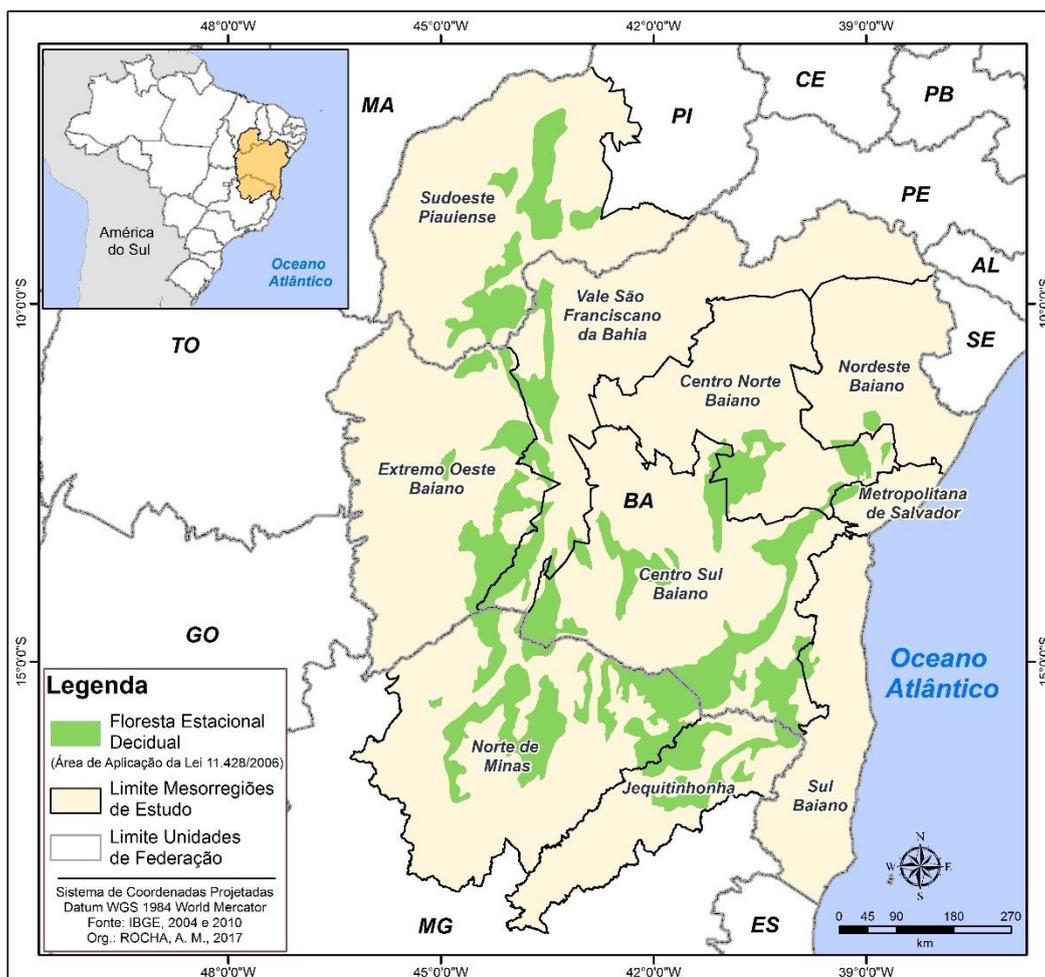


Figura 3: Localização da Área de Estudo

De outro modo, a adoção da mesorregião como limitante geográfico também corrobora para a proposta estabelecida de avaliar os erros de comissão do mapeamento do IBGE, isto é, identificar todas as áreas extras não apontados pelo referido órgão. Sendo assim, todas as unidades administrativas (mesorregiões) em contato com áreas de FED foram consideradas como alvo do mapeamento de uso e cobertura do solo, alcançando-se assim 10 mesorregiões finais.

A Figura 3 permite identificar os limites espaciais compreendidos pela área de estudo. Logo, situada entre as coordenadas geográficas de 6° 35' e 18° 44' de latitude S da linha do Equador e 37° 19' e 46° 38' de longitude W do meridiano de Greenwich, a área descrita contempla as unidades de Federação Minas Gerais (parcialmente), Bahia e Piauí (parcialmente), sendo composta por 10 mesorregiões, 50 microrregiões os quais abarcam 619 municípios, perfazendo assim 11,1% da rede municipal brasileira. De outro modo, a referida área congrega população total de 18.249.456 habitantes, o que corresponde a aproximadamente 9% da população brasileira (IBGE, 2016). Para além do exposto, é cabível ainda frisar que em função da proposta empreendida, a área de estudo determinada compreende 143.813km² de área de Floresta Estacional Decidual, correspondendo a 50,4% da área da cobertura natural e secundária identificada pelo IBGE (2004), estando – assim – distribuída ao longo de 3 biomas brasileiros, a saber: Mata Atlântica (18,3%), Caatinga (39,9%) e Cerrado (41,8%).

2.2. Metodologia

Conforme mencionado sinteticamente na introdução, as informações que seguem adiante encontram-se descritas, com finalidade de apresentação dos pacotes de imagens, procedimentos operacionais e softwares empreendidos no âmbito dessa pesquisa para alcance dos objetivos definidos. Acerca disso, a figura 4 apresenta a estrutura esquemática das etapas metodológicas seguidas prioritariamente para obtenção de tais resultados.

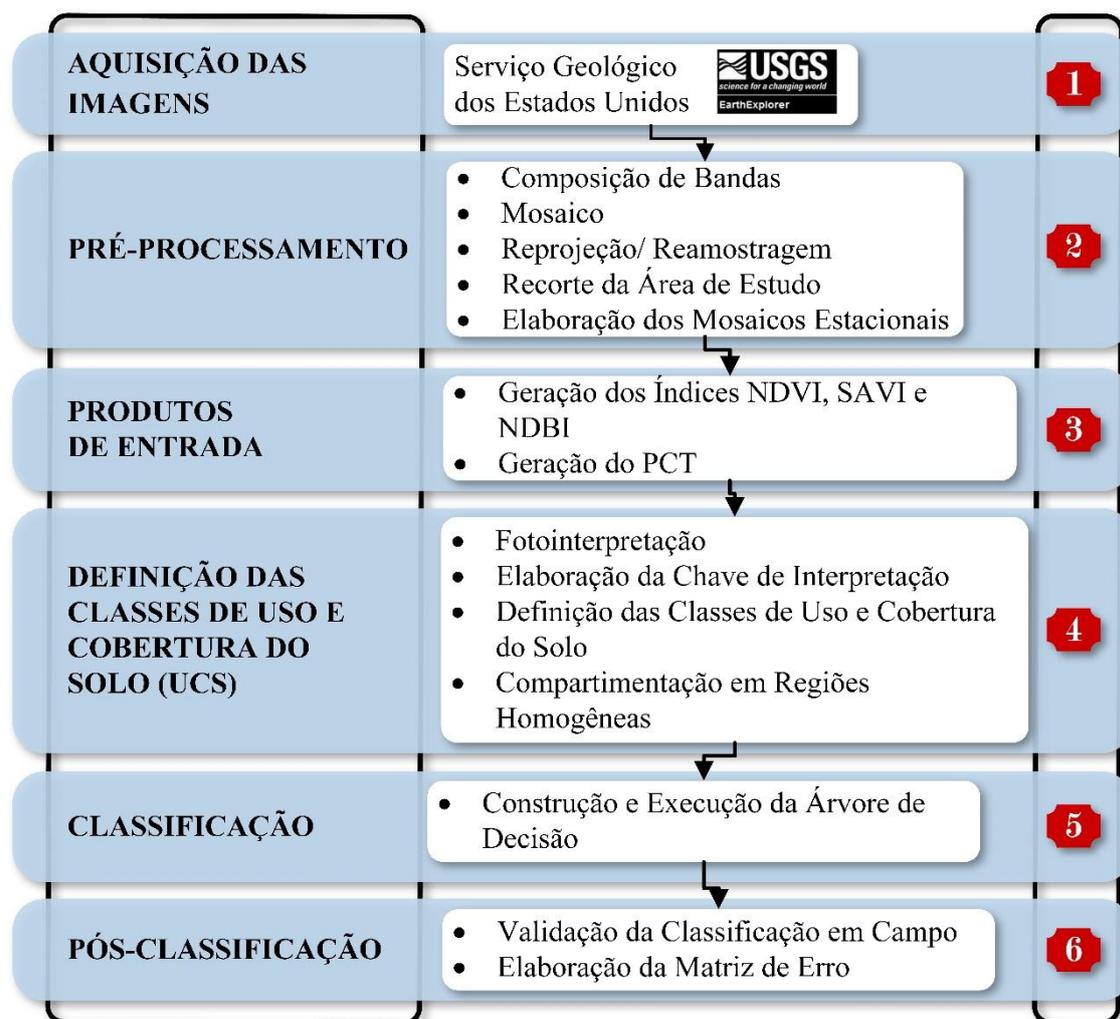


Figura 4: Síntese das Etapas Metodológicas

Com relação às etapas anteriores, é importante destacar, porém, que tais etapas estão amparadas em várias pesquisas concluídas que doravante não serão mencionadas, não sendo derivados tão-somente de uma única pesquisa.

2.2.1 Aquisição das Imagens

Após definição do perímetro de análise, o mapeamento de UCS iniciou-se com a aquisição das imagens de satélite, consistindo assim na etapa 1. Para efeito de determinação do pacote de imagens, tomou-se por parâmetro o satélite/sensor que contribuísse com maior eficiência no processo de diferenciação espectral. Tal critério fora utilizado, devido a área de estudo ser composta por vários tipos de vegetação, com propriedades estruturais e fenológicas diferenciadas. Sendo assim, amparando-se sobretudo no estudo efetuado por [Liesenberg, Ponzoni e Galvão \(2007\)](#) acerca da dinâmica sazonal e separabilidade espectral de algumas fitofisionomias do Bioma Cerrado, optou-se por empregar no âmbito dessa pesquisa primariamente imagens do sensor MODIS, em vista sobretudo da potencialidade de tal sensor no processo de diferenciação espectral, assim como relatado na experiência de [Liesenberg, Ponzoni e Galvão \(2007\)](#). Além disso, também fora empregado, de forma secundária – no entanto – imagens dos satélites Landsat 5 (TM) e 8 (OLI), com vista a auxiliar de forma coadjuvante no mapeamento proposto.

Acerca das informações expostas, no que concerne particularmente ao sensor MODIS, é pertinente ressaltar algumas informações de relevo. Com data de lançamento em 18 de dezembro de 1999, o satélite TERRA (inicialmente EOS-AM-1) constituiu a primeira plataforma do Sistema de Observação da Terra (Earth Observing System - EOS) da NASA Earth Science Enterprise (ESE), sendo composta por cinco sensores, a saber: *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer - MODIS*, *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer - ASTER*, *Clouds and Earth's Energy System – CERES*, *Multi-Angle Imaging Spectroradiometer – MISR* e *Measurements of Pollution in the Troposphere – MOPITT* ([PARKINSON, WARD e KING, 2006](#) e [JUSTICE et al., 2002](#)). Nesse contexto, [Justice et al. \(2002\)](#) argumenta que o sensor MODIS se destaca entre os instrumentos mencionados do satélite Terra EOS, devido ser capaz de fornecer informações diretas acerca da superfície terrestre, oceanos e atmosfera. Conforme ressaltado pelo supracitado autor, tal competência se justifica pelo sensor ser composto por propriedades particulares que não se observa de forma conjunta em outros produtos de média resolução

Sobre as informações acima, a tabela 5 apresenta algumas propriedades pertinentes aos satélites TERRA/MODIS e Landsat 5/TM e 8/OLI, sobre o qual o presente estudo emprega no decorrer do mapeamento de UCS. Sendo assim, reitera-se aqui em caráter específico que a escolha do sensor MODIS como produto orbital principal deriva principalmente de algumas propriedades observadas na tabela 5, dentre as quais se

sobressai a possibilidade de obtenção de imagens a cada 1/2 dias, o que certamente propicia a obtenção de produtos mensais para avaliação do comportamento espectral das classes de UCS.

Para além do apresentado, encontra-se com igual importância o nível de processamento das imagens disponibilizadas. A esse respeito, nesse estudo, faz-se uso particularmente do produto Índices de Vegetação MOD13Q1, o qual apresenta resolução espacial 250m, com composição de 16 dias e nível de processamento L3 (LP DAAC/USGS, 2014). De tais informações, ressalta-se principalmente o processamento L3, a qual traduz-se pelas imagens disponibilizadas, em maior relevo, serem corrigidas radiometricamente e atmosféricamente (VERMOTE, ROGER e RAY, 2015). Tal etapa certamente corrobora para análise descrita, pois reduz sistematicamente algumas etapas de pré-processamento, que haveriam de ser seguidas, caso se utilizasse imagens Landsat. De outro modo, deve-se fazer menção ao tamanho da cena MODIS, a qual cobre área de aproximadamente 1200x1200m. A cobertura descrita apresenta-se significativa, pois com apenas 4 *tiles*³⁷ MODIS é possível cobrir toda a área de estudo (figura 5).

Tabela 5: Características Gerais MODIS-TERRA, TM-L5 e OLI/TIRS-L8

Propriedades	TERRA - MODIS	LANDSAT 5 - TM	LANDSAT 8 – OLI/TIRS
Período de Operação	1999-Atual	1984-2013	2013-Atual
Resolução Espectral	36 bandas (0.405-14.385µm)	7 bandas (0.45-12.50µm)	11 bandas (0.43-12.51µm)
Resolução Espacial	250m (B1-B2); 500m (B3-B7); 1000m (B8-B36)	30m (B1-B5, B7); 120m (B6)	30m (B1-B7, B9); 15m (B8); 60m (B10-B11)
Resolução Radiométrica	12 bits	8 bits	12 bits
Resolução Temporal	1/2 dias	16 dias	16 dias
Tamanho da Cena	1200x1200km (aprox.)	170x185km (aprox.)	170x185km (aprox.)

Fonte: Justice et al. (2002) e USGS (2016)

De forma ligeiramente diferente, encontra-se o produto Landsat, que segundo destacado possui utilidade secundária no âmbito dessa pesquisa; sendo, todavia, indispensável. Tal fato se concretiza, haja vista que as propriedades significativas derivadas do sensor MODIS residem essencialmente na resolução temporal, nível de processamento, tamanho da área imaginada e resolução radiométrica, quando equiparada as imagens Landsat. Nesse ponto, o produto Landsat contribui para a avaliação em vigor,

³⁷ Conforme Anderson et al. (2003), o termo *Tile* refere-se a menor unidade de processamento dos produtos MODIS, em nível 2G, 3 e 4, correspondendo assim a área de 1200x1200km.

por apresentar melhor resolução espacial (30m) e; portanto, ser capaz de obter informações da superfície com maior nível detalhe, sendo decisivo quando as propriedades MODIS são insuficientes para sua detecção.

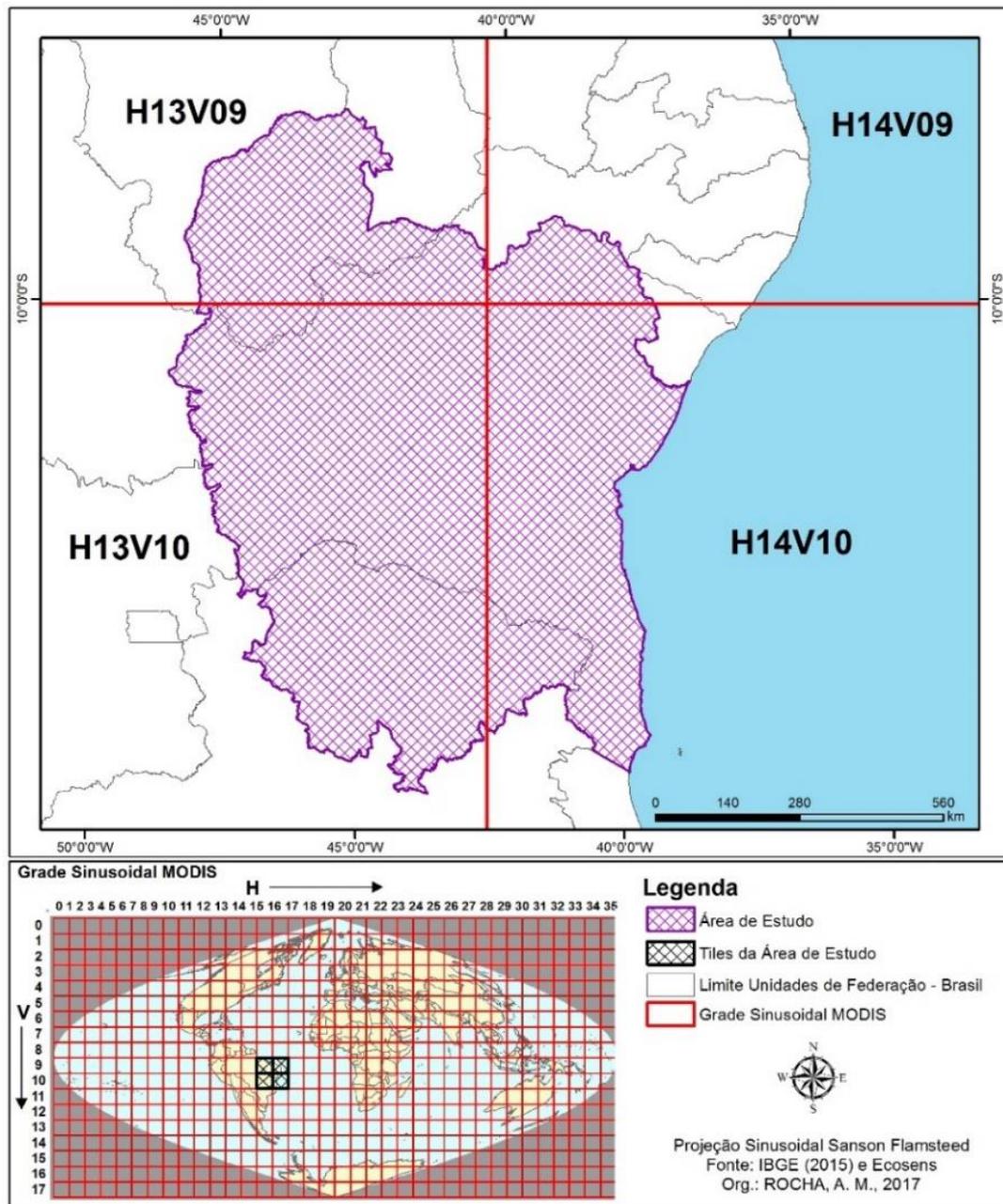


Figura 5: Localização dos *Tiles* MODIS da Área de Estudo

Realizada a definição do pacote de imagens, com vista a cobrir toda a área de estudo, foram obtidas imagens referentes a quatro *tiles* da grade MODIS; a saber: H13V09, H13V10, H14V09 e H14V10 (Figura 5). Tais imagens foram adquiridas gratuitamente através do site do *United States Geological Survey* – USGS (Serviço

Geológico dos Estados Unidos) para os meses de janeiro a dezembro, anos de 2007 e 2016. A relação das imagens empreendida está listada na tabela 6, podendo-se observar que buscou-se obter produtos referentes a cada mês do ano, haja vista que, dessa forma, será possível compreender a dinâmica de comportamento espectral dos alvos da área de estudo.

Tabela 6: Relação das datas do Pacote de Imagens MOD13Q1 obtidos para os tiles da Área de Estudo

Mês	Ano 2007		Ano 2016	
	Data	DJ	Data	DJ
JAN	17-jan	17	1-jan/ 17-jan	1/ 17
FEV	18-fev	49	2-fev/ 18-fev	33/ 49
MAR	6-mar	65	5-mar	65
ABR	23-abr	113	22-abr	113
MAI	25-mai	145	24-mai	145
JUN	10-jun	161	9-jun	161
JUL	12-jul	193	11-jul	193
AGO	13-ago	225	12-ago	225
SET	14-set	257	13-set	257
OUT	16-out	289	15-out	289
NOV	17-nov	321	16-nov/ 24-nov	321/ 329
DEZ	19-dez	353	2-dez/ 18-fev	337/ 353

No que concerne particularmente às etapas subsequentes de pré-processamento, classificação das imagens e quaisquer outras análises de caráter espectral e espacial, empregou-se para tais fins os softwares *ArcGIS* 10.2.1, *ENVI* 5.3 e *Google Earth* 7.1.5. A tabulação dos resultados atingidos, avaliações estatísticas e construção de tabelas e fluxogramas foram realizados, por sua vez, nos softwares *Microsoft Office Excel* 2013 e *Microsoft Office Visio* 2016.

2.2.2 Pré-Processamento das Imagens

A segunda etapa consistiu no pré-processamento das imagens obtidas, na qual fora realizada em princípio a composição de bandas das cenas dos produtos MOD13Q1 (bandas azul, vermelho, infravermelho próximo - NIR e infravermelho médio - MIR). O mosaico, por conseguinte, representou a integração dos quatro *tiles* de cada mês/ano da AOI, com vista à transformação em um único produto raster. Após se elaborar os 12 mosaicos finais, procederam-se com a Reprojecção e Reamostragem. Nesse ponto, os mosaicos foram convertidos para o Sistema de Referência WGS 1984 World Mercator, devido os mesmos serem disponibilizados originalmente na Projecção Sinusoidal ([JUSTICE et al., 2002](#)). Efetuada a transformação espacial, a reamostragem consistiu na

padronização da resolução espacial para 250m, valor este genuíno dos produtos empreendidos no trabalho.

Efetuada os procedimentos anteriores, a segunda etapa encerrou com o recorte da área de estudo, através da aplicação de máscara retangular, que compreenda inteiramente o perímetro de análise (mesorregiões). Tal operação tenha sido realizado com finalidade de padronização da quantidade de linhas e colunas das imagens empreendidas, para que todas tenham ao final mesma estatística de imagem.

2.2.3 Produtos de Entrada

Na terceira etapa, procedeu-se a geração dos produtos de entrada da classificação. Nesse ponto, é importante salientar que para a construção da Árvore de Decisão foram utilizados os seguintes comprimentos de onda e produtos:

- 1) Comprimento de onda do Vermelho (centrado em 645nm) do Mosaico Inverno;
- 2) Comprimento de onda do Infravermelho Próximo (centrado em 859nm) do Mosaico Inverno;
- 3) Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – *Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI (ROUSE et al., 1973) do Mosaico Inverno – Equação 1;

$$NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red)} \quad \text{Equação 1}$$

- 4) Índice de Vegetação Ajustado ao Solo - *Soil Adjusted Vegetation Index* – SAVI (HUETE, 1988) do mosaico Inverno - Equação 2;

$$SAVI = \left(\frac{NIR-Red}{NIR+Red+L} \right) * (1 + L) \quad \text{Equação 2}$$

- 5) Índice de Áreas Construídas por Diferença Normalizada – *Normalized Difference Built-up Index* – NDBI (ZHA, GAO e NI, 2003) – Equação 3;

$$NDBI = \frac{(MIR-NIR)}{(MIR+NIR)} \quad \text{Equação 3}$$

- 6) Transformação por Componente Principal - *Principal Component Transformation* – PCT do Mosaico Inverno;
- 7) Mosaico Verão.

Tratando-se particularmente dos itens 1 a 4, os quais se referem aos comprimentos de onda e índices de vegetação derivados, é cabível observar que tais bandas/produtos foram empregadas dada sua potencialidade na discriminação das matrizes solo-vegetação. Em verdade, conforme salientado por Richards (2013), as dinâmicas seletivas de

absortância/reflectância dos alvos terrestre são derivações das características biofísicas e bioquímicas diferenciadas dos alvos terrestres. Nesse cenário, as curvas de reflectância particulares da vegetação-solo não se portam diferentemente. Em verdade, conforme reiterado por [Richards \(2013\)](#), enquanto que as áreas de solo apresentam tendência de aumento da reflectância desde a faixa do visível até o infravermelho, a vegetação sadia apresenta, por outro lado, dinâmica de resposta mais complexa, haja vista que enquanto que a elevada absorvância constatada nas faixas do azul e vermelho do visível sejam de responsabilidade particular dos pigmentos de clorofila. As altas reflectâncias, em contrapartida, observada no infravermelho derivam da estrutura celular da planta. Sendo assim, a utilização peculiar das faixas do vermelho (Red) e infravermelho próximo (NIR) e suas derivações (índices) se justificam exatamente por serem capazes capturar particularmente esse contrabalanço de reflectância da vegetação, e por isso permitir a distinção das matrizes solo-vegetação.

A figura 6 adiante fora proposta justamente por ilustrar essa dinâmica de comportamento diferenciado nas matrizes solo e vegetação. Sendo assim, segundo se observa através do quadrante 1 (Vermelho), as áreas pertinentes aos usos Cerrado, Silvicultura (Projetos Jaíba e Gortuba/Lagoa Grande) e Eucalipto comportaram-se em geral com valores inferiores 800 níveis digitais (ND), com variações interna, conforme sua estrutura e forma de vida dominante. É importante ressaltar a esse instante que tal resposta está função, pelo menos em termos espectrais, da dominância dos pigmentos de Clorofila³⁸ responsáveis pela absorvância na faixa do vermelho. Essa situação, contudo, não se processa de forma similar nas áreas de Florestas Estacionais Deciduais e Pastagens. No primeiro caso, ressalta-se sobretudo a característica de decidualidade das FEDs, que resultam na perda foliar e para a situação presente significa o aumento da influência do solo ou de outro modo menor influência das folhas através da ação da clorofila. Dessa forma, bem se constata que as áreas de FED registraram para o comprimento do vermelho níveis digitais intermediários. As pastagens, por sua vez, apresentaram altos valores na faixa espectral em destaque, observando que tal fato está certamente associado a dinâmica estrutural de tais áreas (em geral compostas por vegetação esparsada e de baixo porte), facilitando assim a influência do solo. O quadrante 2 (NIR), por sua vez, permite observar justamente a dinâmica de resposta antes salientado por [Richards \(2013\)](#), o qual descreve a tendência de aumento da reflectância dos solos (Pastagens) e de outro modo, os maiores

³⁸ Para mais informações relativas ao comportamento espectral da vegetação, consultar [Richards \(2013\)](#) e [Barros \(1968\)](#)

valores de reflectância por parte da vegetação, justificado, agora, pela influência da estrutura foliar, a qual age particularmente no quantum de radiação refletida. Dessa forma, importante concluir a esse ponto que o emprego de tais comprimento de onda e suas derivações (NDVI e SAVI) se fundamentam precisamente pelas respostas diferenciadas observadas para as matrizes solo e vegetação. A esse respeito particular, [Myneni et. al. \(1995\)](#) e [Huete et. al. \(2010\)](#) respaldam a utilização dos IVs (e, portanto, seus comprimentos de entrada) no sensoriamento remoto da vegetação em função da capacidade de tais índices em captar esse contrabalanço particular de absorvância/reflectância a qual é peculiar da vegetação.

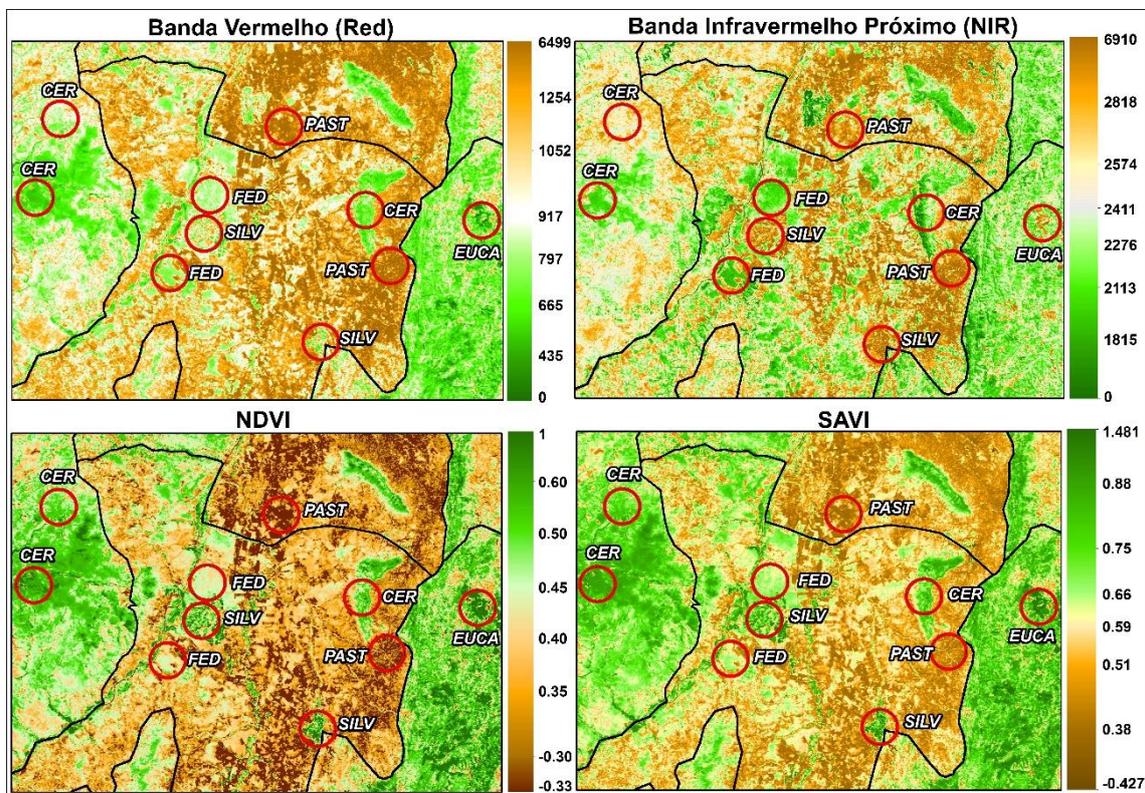


Figura 6: Exemplificação de Utilização dos Comprimentos de onda (Vermelho e Infravermelho Próximo) e produtos derivados Índices de Vegetação (NDVI e SAVI), no que diz respeito à discriminação das classes Cerrado (CER), FED, Pastagem (PAST), Eucalipto (EUCA) e Silvicultura (SILV).

Com relação ao NDBI, é pertinente ressaltar que tal índice apresenta proposição relativamente recente, em 2003, quando equiparado aos índices NDVI ([ROUSE et. al, 1973](#)) e SAVI ([HUETE, 1988](#)). Sendo assim, partindo-se do mapeamento das áreas construídas realizado na cidade de Nanjing (leste da China), [Zha, Gao e Ni \(2003\)](#) propuseram a aplicação do Índice de Áreas Construídas por Diferença Normalizada (Normalized Difference Build-up Areas – NDBI), a partir dos resultados obtidos quanto aos diferentes padrões de reflectância das áreas de vegetação e área construída para os

comprimentos de onda do infravermelho próximo e médio, salientando que o contraste observado nos valores de reflectâncias (em ND) detectados em NIR e MIR das classes solo (*baren land*) e áreas construídas (*build-up áreas*) realmente se contrapuseram às variações relativamente amenas averiguadas para a classe vegetação. Nesse cenário, embora o presente estudo não resida sobre áreas construídas, assim como efetuado por [Zha, Gao e Ni \(2003\)](#), o referido índice fora empreendido dada sua efetiva utilidade no processo de diferenciação espectral entre áreas de vegetação e não-vegetação. A figura 7, a esse respeito, representa precisamente a ideia de proposição do NDBI: no primeiro quadrante (MIR), observa-se que as áreas de cerrado, silvicultura, eucalipto e FEDs registraram valores em geral inferiores a 1600ND, sendo dessa forma muito próximos àqueles observados no comprimento NIR. As áreas de Pastagens e Urbanas, por sua vez, registraram valores elevados, muito comum acima de 2600ND. Como derivação de tal resposta, os valores positivos e negativos evidentes através do segundo quadrante (NDBI) para as classes pastagens e vegetação, respectivamente justificam a razão de escolha de tal índice, como mecanismo coadjuvante no processo de discriminação espectral das classes de UCS.

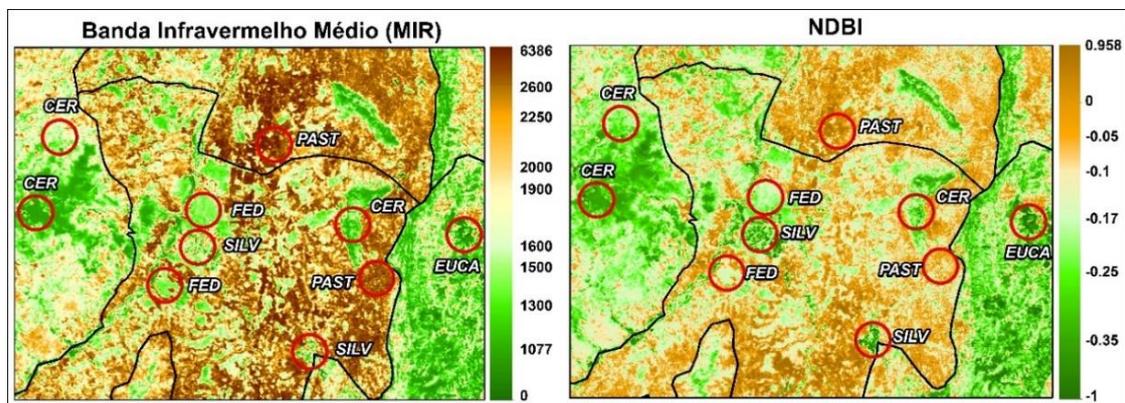


Figura 7: Exemplificação de Utilização do Comprimento de onda Infravermelho Médio e Índice de Áreas Construídas por Diferença Normalizada, no que diz respeito à discriminação das classes Cerrado (CER), FED, Pastagem (PAST), Eucalipto (EUCA) e Silvicultura (SILV).

Para além das bandas e produtos empregados, a Transformação por Componentes Principais - *Principal Component Transformation* - PCT fora utilizado, em função de haver correlação entre as bandas das imagens dos sensores multiespectrais e hiperespectrais assim como apontado por [Meneses e Almeida \(2012\)](#) e [ENVI \(2004\)](#). Dessa forma, para efeito de sanar tal problema e tentar facilitar o processo de diferenciação espectral, a técnica PCT permitiu eliminar a correlação existente entre as bandas MODIS, gerando – assim – bandas de PC descorrelacionadas.

Na figura 8, no primeiro quadrante (Banda 2) está representado a Banda 2 da Transformação do Componente Principal e, nesse caso particular, é possível observar diferentemente dos demais quadrantes já averiguadas maior discriminação entre as amostras de Cerrado e FED. Esse fato particular não deve ser omitido, haja vista que em virtude da característica de decidualidade acentuada das FEDs, em todos os produtos/bandas empregados, as respostas notificadas para as áreas de FED estiveram sempre em posição intermediária entre os grupos de uso e cobertura do solo Cerrado/FO/FESD e Pastagem/Solo/Caatinga, o que decisivamente corroborou para dificultar o processo de diferenciação espectral entre os alvos. No quadrante dois (PCT), por sua vez, é ilustrado composição RGB (bandas 312) da área mencionada do quadrante um. Nesse caso particular, é possível observar que a composição das bandas PCT se apresenta de forma mais colorida dos que a composição verificada com bandas espectrais e, conforme ENVI (2004), tal atributo consiste em indicativo direto de tais bandas derivadas do PCT serem não-correlacionadas.

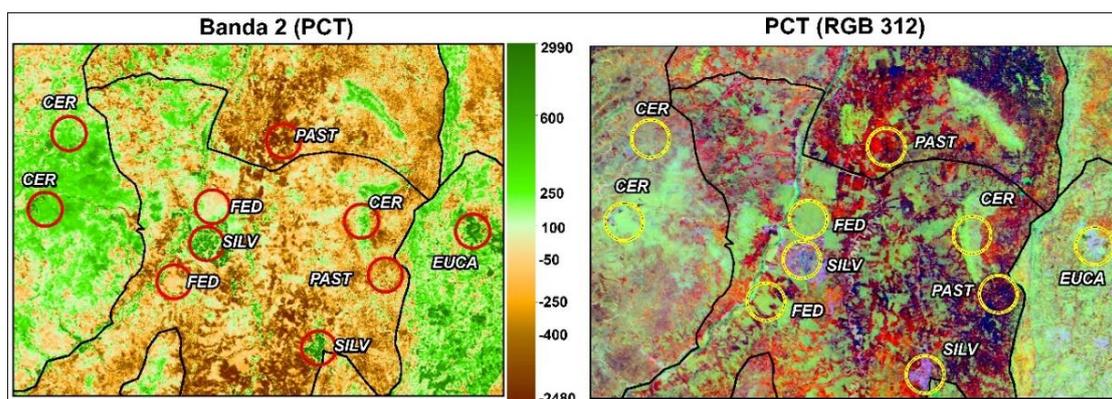


Figura 8: Exemplificação de Utilização da Transformação do Componente Principal (TCP) na discriminação das classes Cerrado (CER), FED, Pastagem (PAST), Eucalipto (EUCA) e Silvicultura (SILV).

Por fim, no que concerne aos produtos utilizados, o mosaico Verão fora empreendido no âmbito desse trabalho em duas ocasiões particulares. Primeiramente, fora utilizado no processo de fotointerpretação, como mecanismo que corroborou diretamente na identificação das áreas de Florestas Estacionais Deciduais, através da sua comparação com o Mosaico Inverno. Na figura 9 é exemplificado tal utilidade, na qual áreas de FED são apresentadas em dois períodos particulares (inverno e verão), caracterizados - portanto por médias de precipitação diferenciadas. Em tal comparação, é possível observar que no período de verão, as áreas de FED apresentam resposta verde, justificado pela elevada reflectância observada no canal do infravermelho próximo (associado ao G

do RGB). Por outro lado, no período de inverno, tal resposta contrasta radicalmente, cabendo ressaltar que o referido fato sucede primariamente devido ao mecanismo de perda foliar, a qual o referido tipo de vegetação emprega como mecanismo de controle da perda de água no período de inverno que apresenta baixos valores de precipitação pluviométrica. Sendo assim, é de extrema importância reiterar o emprego das imagens de verão, tendo em vista que conforme atestado pela chave de interpretação, as respostas espectrais averiguadas para as áreas de FED não são únicas e o mosaico de verão se apresentou nesse contexto como mecanismo a tornar menos duvidoso o processo de fotointerpretação.

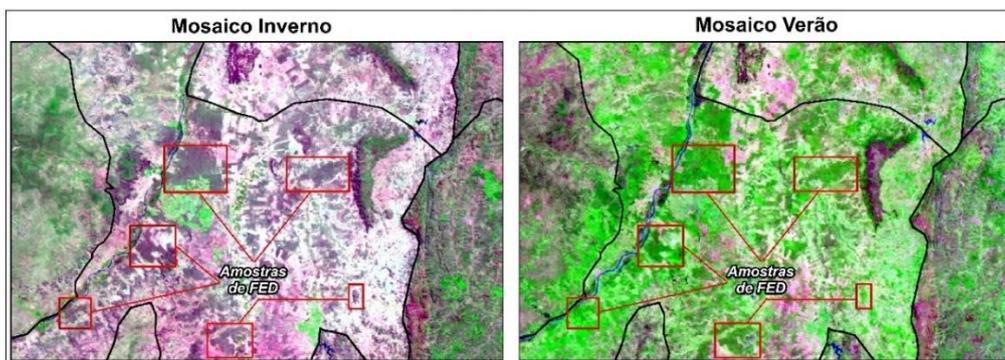


Figura 9: Cenário I de utilização do Mosaico Verão.

No que concerne ao segundo cenário de emprego do Mosaico Verão, a figura 10 apresenta áreas de contato de vegetação e não-vegetação. Em tal representação, o mosaico de Verão fora útil justamente por permitir a identificação clara das áreas que indubitavelmente não constituem áreas de vegetação. Sendo assim, quaisquer fragmentos de Pastagem ou Solo Exposto evidentes no período de verão puderam ser extraídos diretamente através do emprego do mosaico Verão.

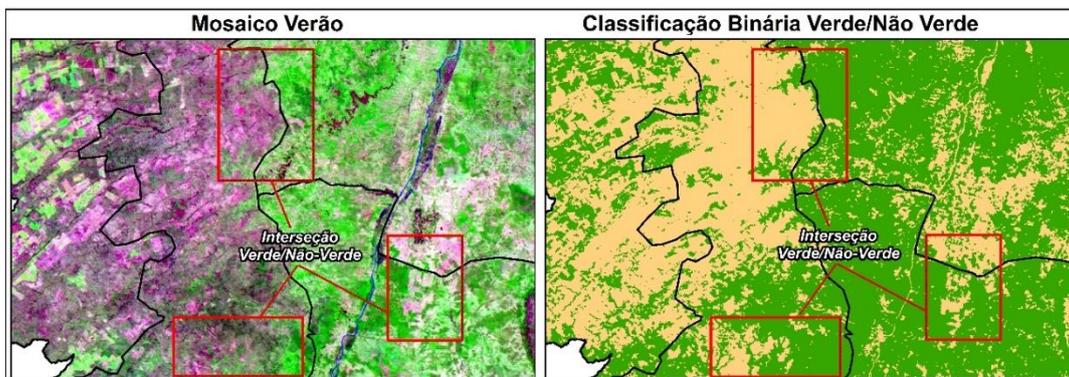


Figura 10: Cenário II de utilização do Mosaico Verão.

2.2.4 Definição das Classes de Uso e Cobertura do Solo (UCS)

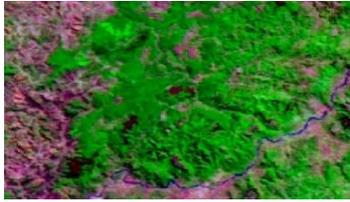
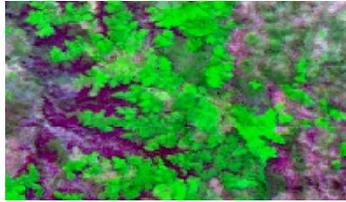
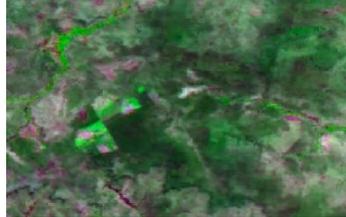
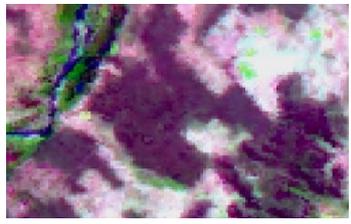
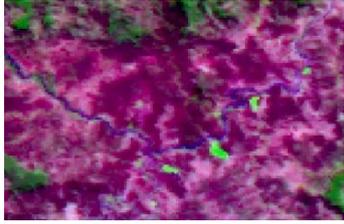
Por seu turno, a quarta etapa compôs-se inicialmente pela definição das classes de Uso e Cobertura do Solo. Para tanto, utilizou-se de antemão a técnica de Fotointerpretação para leitura das imagens de satélite a partir dos parâmetros (tonalidade/cor, textura, forma, tamanho, sombra e padrão) apontados por Rosa (2009). A referida técnica foi empreendida com vista identificação das classes de UCS (tabela 7); as quais foram definidas tendo por referência as classes de Cobertura e Uso da Terra apresentado pelo Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2006) e os conceitos de Cobertura e Uso da Terra reportado por Di Gregorio e Jansen (2005). Dessa forma, alcançaram-se seis classes, segundo observado abaixo:

Tabela 7: Definição das Classes de Uso e Cobertura do Solo (UCS)

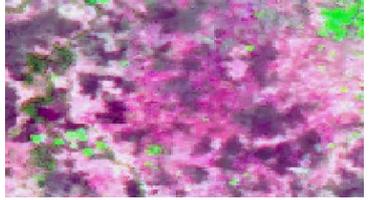
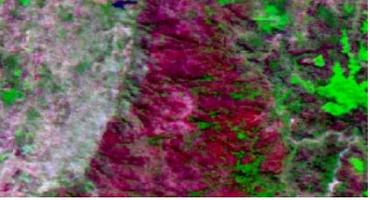
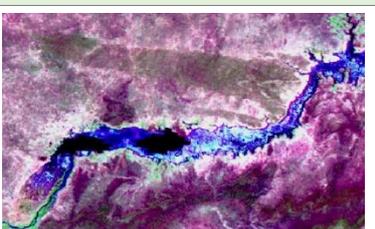
AOI	Macro Classes	LULC Classes	Descrição
Área de Estudo	Áreas Naturais	1. Outras Vegetações	Cerrado
			Floresta Estacional Semidecidual
			Florestas Ombrófilas
			Caatinga
		2. Floresta Estacional Decidual	
		3. Corpos Hídricos	
	Áreas Antrópicas	4. Cultivos	Silvicultura
			Cultivos
			Projetos de Irrigação
		5. Pastagens/ Solo Exposto	
6. Urbano			

Estabelecido as classes anteriores, a tabela 8 abaixo apresenta a chave de interpretação pertinente às várias respostas espectrais identificadas para cada Uso e Cobertura do Solo, cabendo salientar que tal exposição pormenorizada entre os vários usos e coberturas do solo objetivaram deixar claro justamente as similaridades e diferenças espectrais entre os mesmos.

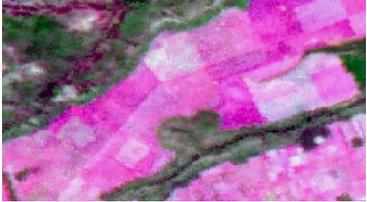
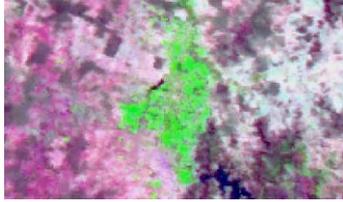
Tabela 8: Discriminação dos Tipos de Uso e Cobertura do Solo, por Padrões Característicos, considerando Mosaico MODIS de Inverno (JJAS) – ano 2016 (Comp. RGB MIR-NIR-Red) e Imagens de Campo e derivadas do Google Earth.

<p>FESD Padrão de Cor: Verde Escuro-Intenso Forma Geométrica: Irregular</p>	<p>FO Padrão de Cor: Verde Claro Intenso Forma Geométrica: Irregular</p>	<p>SILVICULTURA Padrão de Cor: Verde Médio a Escuro Forma Geométrica: Regular</p>
 <p>(16°16'41"S e 41° 7'54"W)</p>	 <p>(14°30'48"S e 39°19'54"W)</p>	 <p>(17°15'3"S e 43°38'35"W)</p>
		
<p>CERRADO I Padrão de Cor: Verde Médio Forma Geométrica: Irregular</p>	<p>CERRADO II Padrão de Cor: Verde Claro Forma Geométrica: Irregular</p>	<p>CERRADO III Padrão de Cor: Verde Escuro Forma Geométrica: Irregular</p>
 <p>(08° 7' 28"S e 43°30'58"W)</p>	 <p>(15°55'11"S e 45°2'21"W)</p>	 <p>(12°33'32"S e 44°25'59"W)</p>
		
<p>FED I Padrão de Cor: Verde Claro/ Roxo Escuro Forma Geométrica: Irregular</p>	<p>FED II Padrão de Cor: Roxo Escuro Forma Geométrica: Irregular</p>	<p>FED III Padrão de Cor: Rosa Escuro Forma Geométrica: Irregular</p>
 <p>(14°57'5"S e 43°53'29"W)</p>	 <p>(15°39'15"S e 44°24'32"W)</p>	 <p>(16°44'49"S e 42°3'29"W)</p>
		

(Continuação)

<p>PASTAGEM I Padrão de Cor: Branco/ Azul Claro Forma Geométrica: Regular</p>	<p>PASTAGEM II Padrão de Cor: Rosa Médio Forma Geométrica: Regular</p>	<p>AFLORAMENTO Padrão de Cor: Rosa Escuro Forma Geométrica: Irregular</p>
		
<p>(15°22'28"S e 42°51'53"W)</p>	<p>(15°59'59"S e 43°24'58"W)</p>	<p>(18°11'2"S e 43°33'58"W)</p>
		
<p>CAATINGA I Padrão de Cor: Rosa Médio Forma Geométrica: Irregular</p>	<p>CAATINGA II Padrão de Cor: Branco a Rosa Claro Forma Geométrica: Irregular</p>	<p>CAATINGA III Padrão de Cor: Rosa/ Roxo Escuro Forma Geométrica: Irregular</p>
		
<p>(41°46'7"W 11°40'16"S)</p>	<p>(8°52'29"S e 39°0'18"W)</p>	<p>(8°43'45"S e 40°8'21"W)</p>
		
<p>CORPOS HÍDRICOS I Padrão de Cor: Azul Médio/Escuro Forma Geométrica: Curvilíneo</p>	<p>CORPOS HÍDRICOS II Padrão de Cor: Branco a Azul Forma Geométrica: Curvilíneo</p>	<p>URBANO Padrão de Cor: Roxo Claro Forma Geométrica: Regular/ Irregular</p>
		
<p>(6°44'56"S e 43°34'6"W)</p>	<p>(9°26'49"S e 40°50'8"W)</p>	<p>(16°42'18"S e 43°50'12"W)</p>
		

(Continuação)

CULTURA I	CULTURA II	CULTURA III
Padrão de Cor: Branco a Rosa Claro-Médio Forma Geométrica: Regular	Padrão de Cor: Rosa Médio-Escuro Forma Geométrica: Regular	Padrão de Cor: Verde Claro-Escuro Forma Geométrica: Regular
		
$(13^{\circ} 9'57''S \text{ e } 46^{\circ} 1'44''W)$	$(11^{\circ}28'2''S \text{ e } 45^{\circ}47'11''W)$	$(15^{\circ}47'11''S \text{ e } 43^{\circ}17'0''W)$
		

Para além das subetapas anteriores, dada a relativa extensão da AOI e das diferenças espectrais para um mesmo UCS, foram definidas 11 regiões homogêneas (Figura 11) para efeito de facilitar o processo classificatório, sendo diferenciadas a partir de características espectrais e/ou topográficas. Tal recorte em regiões homogêneas pode ser observado de forma similar no Mapeamento e Inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais apresentado por [Carvalho et al. \(2006\)](#). Além disso, é cabível ainda ressaltar que o estabelecimento de regiões homogêneas se justifica pela relativa extensão do perímetro estudo. Dessa forma, o controle, em termos classificatórios, a ser efetuado através da Árvore de Decisão é empreendido por meio de cada região homogênea, possibilitando assim avaliação particular e específica das variadas áreas que compõem o perímetro de estudo. A coleta de amostras e análise do comportamento espectral ocorreu com intuito de identificar a resposta espectral de cada UCS presente nas regiões definidas. Tais assinaturas, por sua vez, serão utilizadas como parâmetro para definição das condições de entrada da Árvore de Decisão.

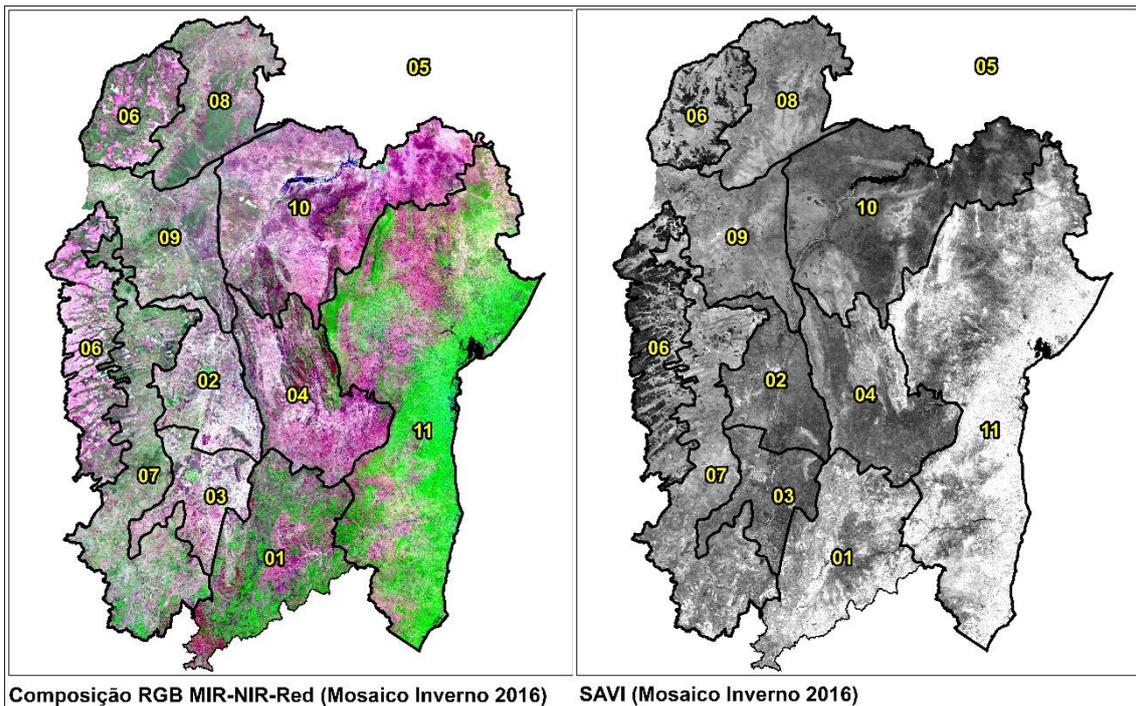


Figura 11: Fragmentação da Área de Estudo em 11 regiões, segundo características espectrais e topográficas.

2.2.5 Classificação do Uso e Cobertura do Solo

A quinta etapa consistiu propriamente na construção e execução do Classificador Supervisionado Árvore de Decisão (Figura 12). [Otukei e Blaschke \(2010\)](#) destacam o referido classificador, assim como as redes neurais artificiais, tal como algoritmo avançado de classificação. A árvore de decisão apresenta-se como um classificador multiestágio, a qual possibilita ao usuário determinar concretamente a classe mais adequada para cada pixel da imagem, partindo-se de uma série de decisões binárias, ([ENVI, 2004](#)). Logo, a fim de permitir a discriminação espectral das classes de UCS, foram utilizadas - quando necessário - todas as imagens, subprodutos e máscaras construídas; uma vez que a avaliação do comportamento espectral das etapas 3 e 5 constituiu-se como basilar para definição dos produtos a serem utilizados nas decisões binárias.

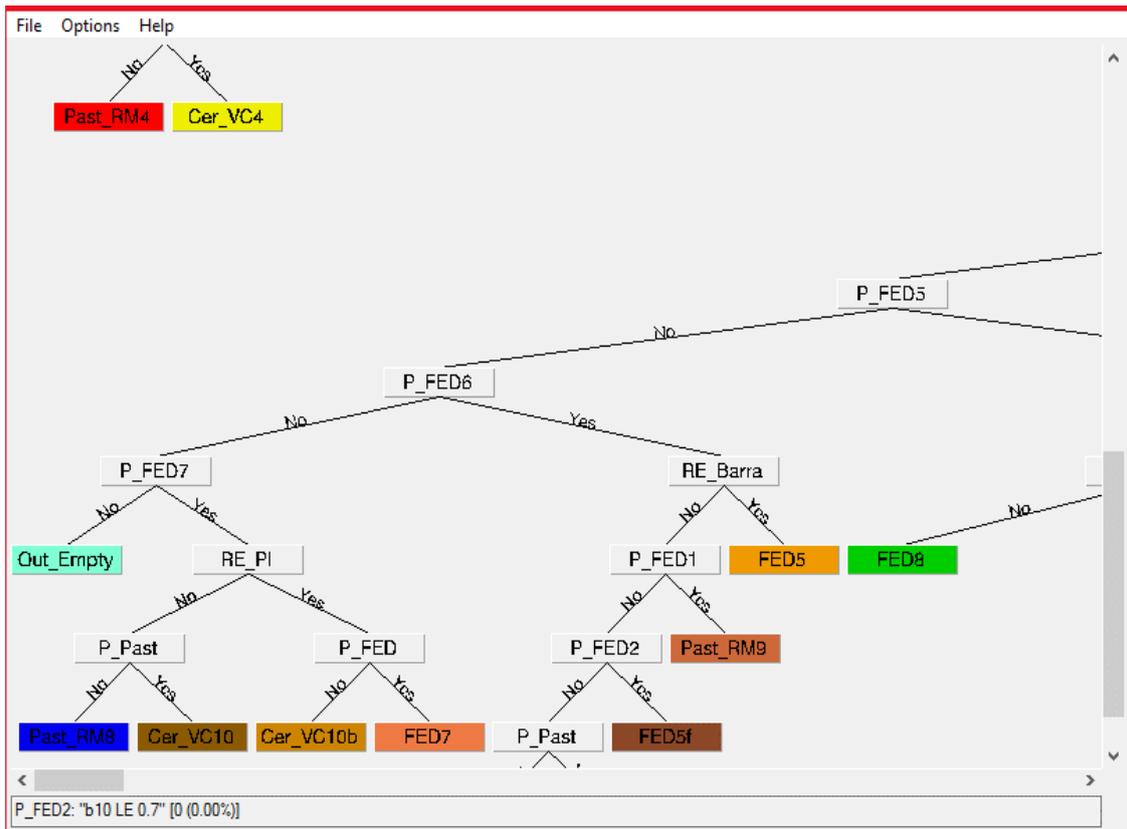


Figura 12: Estrutura da Árvore de Decisão.

A Figura 13 representa esquematicamente a estrutura final da árvore de decisão empreendida para identificação das classes de UCS. É pertinente observar a esse ponto a dinâmica de decisões binárias mencionadas acima, na qual bem se observa, a árvore de decisão é constituída por nós (*nodes*) e cada um deles constitui uma caixa de diálogo na qual as expressões condicionantes serão computadas. Logo, como resultante, a cada nó, uma decisão binária será realizada, podendo ser verdadeira (*yes*) ou falsa (*no*). Por continuidade, o processo classificatório terá sequência, através do cômputo das expressões, até que todos os pixels pertinentes da imagem estejam corretamente classificados, tendo fim – dessa forma – o procedimento.

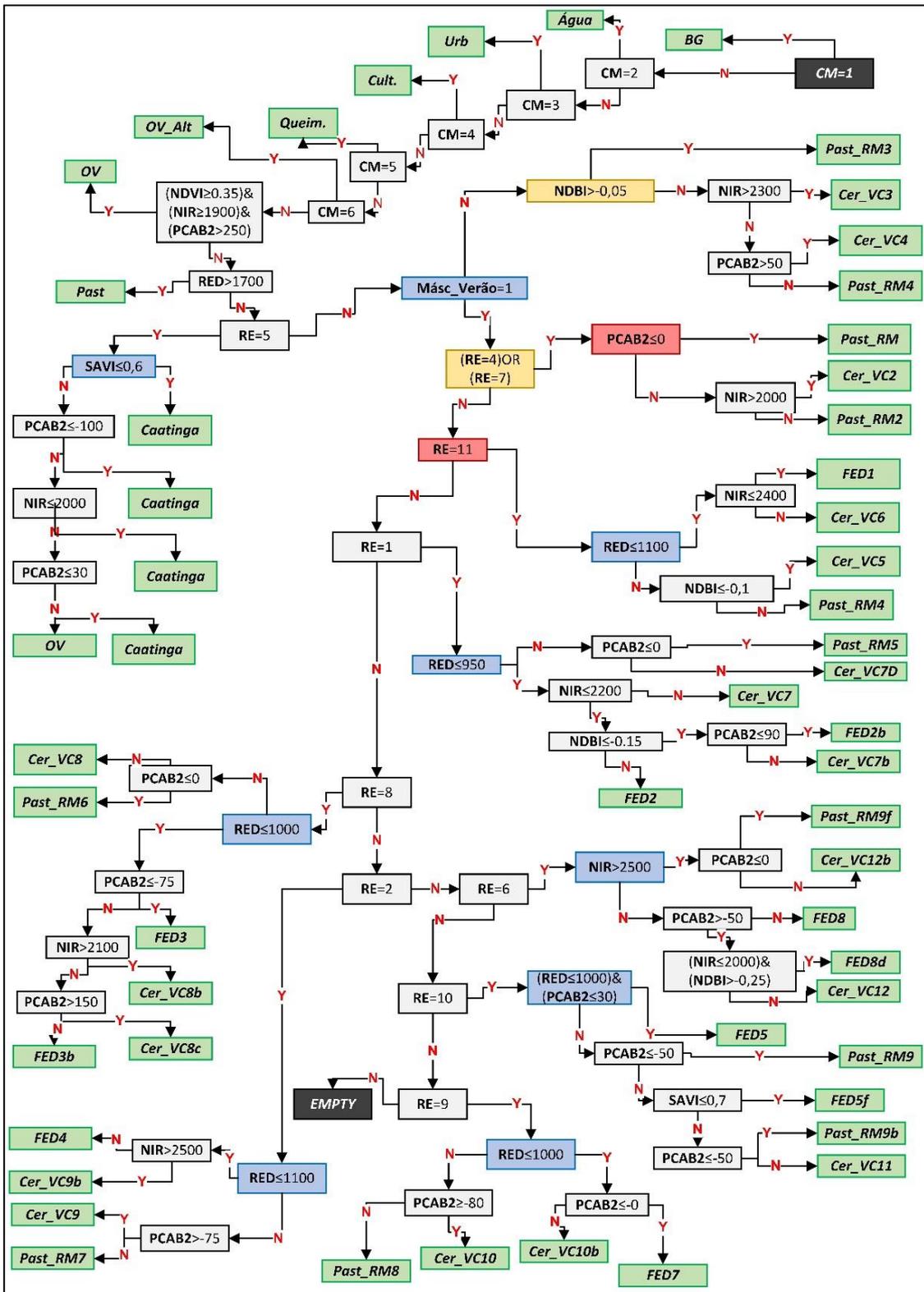


Figura 13: Árvore de Decisão da Classificação MODIS 2016

2.2.6 Pós-Classificação

A sexta etapa, por sua vez, consistiu na pós-classificação, a qual corresponderá inicialmente a visita em campo nas áreas da AOI que se apresentam confusas,

impossibilitando – assim - discriminação espectral dos alvos. O trajeto (rodovias) percorrido em campo está esquematizado a partir da figura 14, sendo determinado com base nos pontos de dúvida mais próximos as estradas (critério acessibilidade). Portanto, não será considerado os pontos mais distantes; nesse caso, tais dúvidas foram sanadas através do uso das imagens disponíveis no software Google Earth.

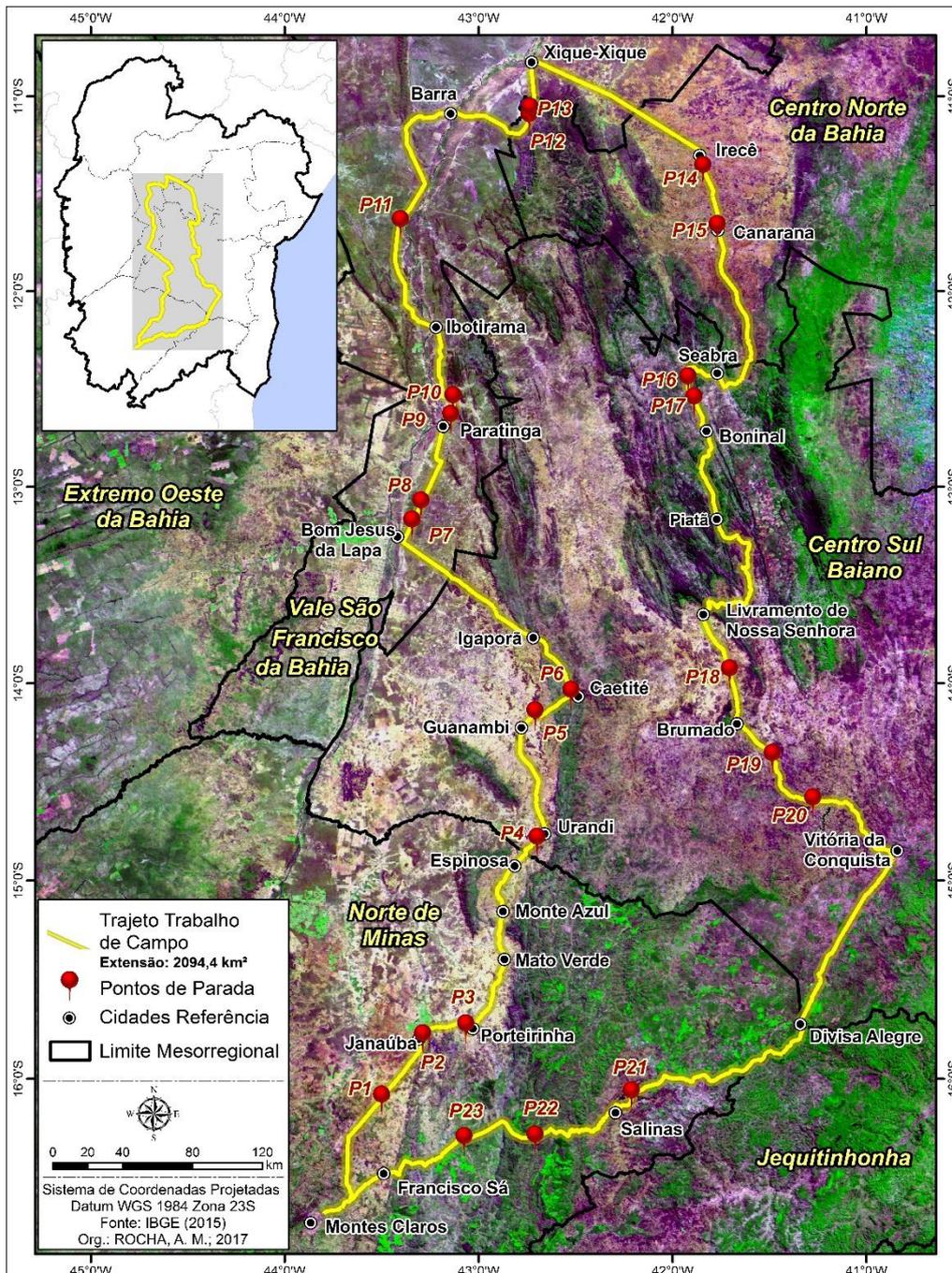


Figura 14: Roteirização do Trajeto percorrido no Trabalho de Campo.

Por seu turno, ainda na sexta etapa, fora efetuada a construção da Matriz de Erro (*Error Matrix*), com vista a analisar o grau de acerto da classificação 2016 efetuada, tendo por parâmetro pontos amostrais de referência. A tabela 9 a seguir apresenta a estruturação da Matrix de Erro e suas derivações. Conforme definido por Congalton e Green (2008), a Matrix de Erro consiste numa matriz quadrática, em que é estabelecido a associação entre as categorias de dados referência (colunas) e as categorias do mapeamento x (linhas), com vista a permitir a avaliação do nível de acurácia deste em relação àquele, o qual supostamente apresenta-se mais correto. Para efeito de realizar a mencionada avaliação, individual e global, das categorias do mapeamento x, a Matrix de Erro representada na tabela 9 informa três grupos de valores paramétricos: 1. Erros de Omissão (*Omission Error*) e Comissão (*Comission Error*); 2. Acurácia do Usuário (*User's Accuracy*) e do Produtor (*Producer's Accuracy*) e 3. Coeficiente Kappa (*Kappa Coefficient*) e Acurácia Global (*Overall Accuracy*).

Tabela 9: Matrix de Erro para Classificação do Uso de Cobertura do Solo 2016

Classes Reference Pixels Data									
Classes UCS	Água	Culturas	FED	OV	Pastagem	Urbano	Total	Commission Error	User's Accuracy
Água	131	0	0	3	6	0	140	6.4%	93.6%
Culturas	0	370	0	0	15	0	385	3.9%	96.1%
FED	0	0	199	15	20	0	234	15.0%	85.0%
OV	0	0	31	524	17	0	572	8.4%	91.6%
Pastagem	3	12	42	33	234	1	325	28.0%	72.0%
Urbano	4	0	0	0	0	245	249	1.6%	98.4%
Total	138	382	272	575	292	246	1.905		
Omission Error	5.07%	3.14%	26.84%	8.87%	19.86%	0.41%			
Producer's Accuracy	94.93%	96.86%	73.16%	91.13%	80.14%	99.59%			
Coeficiente Kappa: 86,79% e Acurácia Global: 89,40%									

Sendo assim, tendo por parâmetro pontos referência coletados em campo e via Google Earth, a Matrix de Erro referente a classificação 2016 apontou Acurácia Global de 86,79% e Coeficiente Kappa de 89,40%, significando em elevada correspondência das categorias do mapeamento 2016, em relação aos pontos amostrais referência. Tal estatística, por sua vez, se justifica, de outro modo, a partir das médias das acurácias individuais, do Usuário e do Produtor, os quais se apresentaram em 89,45% e 89,30%, respectivamente, e média de erros de Omissão e Comissão, com 10,7% e 10,5%. Os referidos grupos de valores foram considerados positivos, pois mostraram-se, respectivamente, altos (*User's and Producer's Accuracy*) e baixos (*Omission and Comission Errors*). No entanto, apesar de tais resultados da análise amostral serem

positivos, é importante salientar que várias confusões espectrais entre as classes de Uso e Cobertura do Solo foram identificadas durante o processo de classificação, evidentes sobretudo, através da chave de interpretação apresentada, no qual, dentro outros, pôde ser observado a proximidade entre as respostas espectrais das áreas de FED, Caatinga e Pastagem. Sendo assim, conclui-se que embora a estatística amostral tenha se apresentado favorável, os problemas associados a diferenciação espectral dos alvos não devem ser desconsiderados, haja vista que a mesma constitui etapa fundamental do processo de mapeamento do Uso e Cobertura do Solo.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise da Generalização Cartográfica

Em conformidade com os objetivos previamente estabelecidos no domínio desse trabalho, será efetuada inicialmente a avaliação estatístico-espacial da generalização cartográfica inerente ao Mapeamento da Vegetação Brasileira do IBGE (2006a), tendo por base de comparação o Mapeamento de Uso e Cobertura do Solo do ano de 2016 concluído nesse mesmo trabalho através do sensor MODIS. Não obstante, antes propriamente da avaliação concreta da meta estabelecida, torna-se crucial reiterar certos aspectos metodológicos da análise subsequente, como medida de evitar quaisquer problemas de interpretação. Primeiramente, é imprescindível observar que nenhum mapeamento terá de fornecer nível de detalhamento ou precisão maior do que aquele permitido e conferido pela sua escala³⁹. Apresentada tal premissa, torna-se óbvio a afirmativa de que erros de omissão e comissão não existirão entre os mapeamentos IBGE (1:5.000.000) e MODIS (1:500.000⁴⁰), haja vista que tais produtos são de escalas distintas, havendo apenas inconsistências entre ambos. No entanto, a proposta de análise da generalização cartográfica e erros de omissão e comissão do mapeamento IBGE se torna válida, justamente no cenário em que se releva o fato de que tal classificação é tomada como parâmetro da legislação 11.428/2006 de utilização e conservação da vegetação nativa da Mata Atlântico. Nesse contexto, dado sua utilização prática e direta no âmbito da legislação em vigor, um elemento crucial há de ser considerado, a qual consiste na Escala do Fenômeno que tem significado direto sobre o tamanho dos fragmentos de vegetação a serem espacializados. Sendo assim, quanto maior for a proximidade entre as escalas do fenômeno e do mapeamento referência, maior será a seguridade deste último se aproximar da verdade terrestre. Logo, a análise comparativa IBGE-MODIS será efetuada justamente pela maior escala e maior nível de detalhamento permitido pela resolução espacial MODIS; observando que quanto maior for as inconsistências observadas após a matriz comparativa, maior será a possibilidade de falha na aplicação concreta e objetiva da legislação. É certamente nesse âmbito que os termos erros de omissão e comissão são empregados.

³⁹ Para mais informações pertinentes a Escolha da Escala, consultar Fitz (2008) e Oliveira (1993).

⁴⁰ Para efeito de cálculo da referida Escala, utilizou-se a expressão: $N = \frac{D}{d}$ presente em Tuler e Saraiva (2016), com N sendo Denominador da Escala, D igual a Dimensão do Terreno (Nesse caso, $D = 250m = \text{Pixel MOD13Q1} - \text{Produto MODIS}$) e d constituindo Dimensão Gráfica. (optou-se por $d = 0,5mm$).

Por último, é cabível ainda reportar que tal análise não apresenta intencionalidade de apontar inconsistências em nível cartográfico do mapeamento do IBGE, haja vista que não se dispõe de atributos cartográficos para isso. As avaliações que se seguem em verdade se apresentam como mecanismo sob a intencionalidade propositiva de individualizar o contexto das Florestas Estacionais Deciduais, a qual se diferenciam em termos conceituais dos demais tipos de vegetação, particularmente por apresentar várias conotações que dificultam – dessa forma – diretamente a sua identificação concreta. Por outro lado, no caso particular brasileiro, as FEDs estão espacializadas mormente em forma de disjunções, apresentando em adição pouca proporção no território brasileiro. Nesse cenário, a análise subsequente focaliza primariamente em clarificar as inconsistências que existem quando utilizado um mapeamento de pequena escala em termos legais. Tal análise se torna indispensável pois, embora a legislação supracitada não seja direcionada exclusivamente às áreas de FEDs, tal lei constitui indubitavelmente um aparato legal de emprego na conservação particular das florestas, cuja validade legal está diretamente em função do mapeamento referência a que faz uso para suas definições.

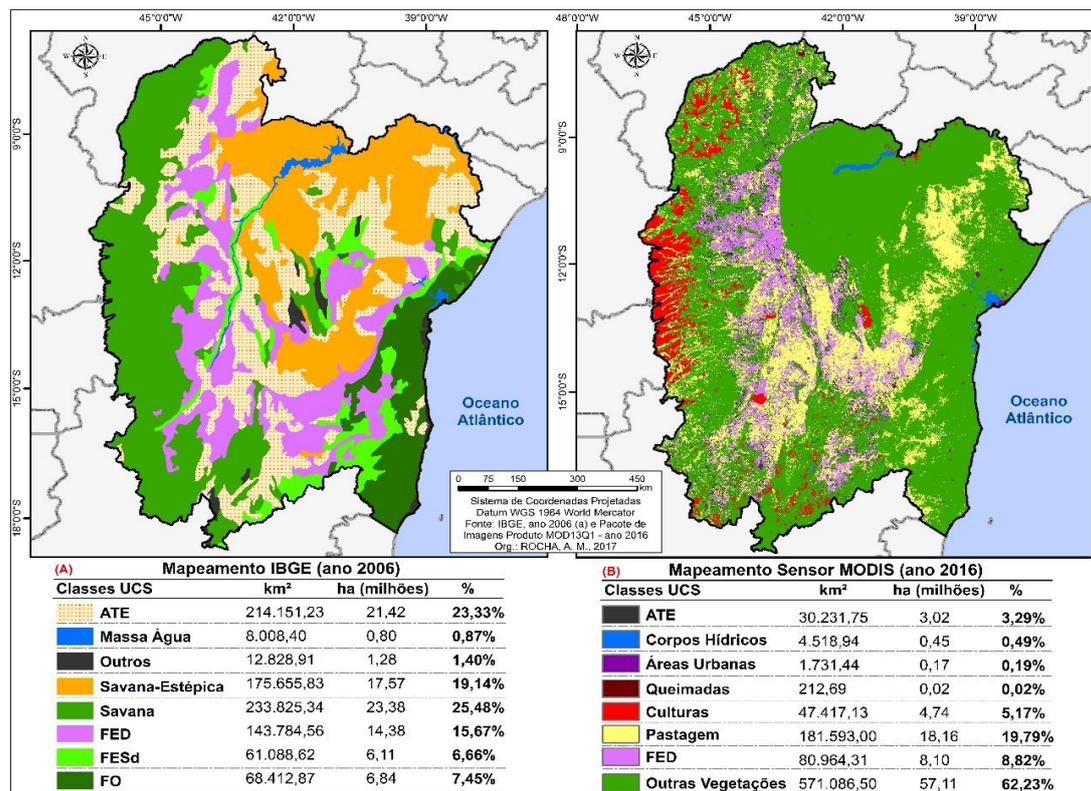


Figura 15: Distribuição das Classes de Uso e Cobertura do Mapeamento MODIS 2016 (A) e das Classes do Mapeamento da Vegetação Brasileira do IBGE (B)

Realizada tais considerações, a figura 15 acima destaca em teor comparativo a espacialização e as informações de caráter estatístico dos mapeamentos do IBGE (A) e

MODIS (B), apontando respectivamente que a área de estudo é composta, em ordem de grandeza, por 25,5% (233.825,3km²) de áreas de Savana, 23,3% (214.151,2 km²) de Áreas de Tensão Ecológica, 19,1% (175.655,8 km²) de Savana-Estépica, 15,5% (143.784,6 km²) de Florestas Estacionais Deciduais, 7,5% (68.412,9 km²) de Florestas Ombrófilas, 6,7% (61.088,6 km²) de Florestas Estacionais Semideciduais, 1,4% (12,828,9 km²) de Outros e 0,9% (8.008,4 km²) de Corpos Hídricos. Por outro lado, o mapeamento MODIS (2016) apontou que 62,2% (571.086,5km²) do perímetro de estudo é composta por áreas de Outras Vegetações (FOs, FESds, Cerrado e Caatinga), 19,8% (181.593,0km²) de Pastagem, 8,8% (80.964,3 km²) de FEDs, 5,2% (47.417,1 km²) de Culturas, 3,3% (30.231,8 km²) de ATEs, 0,5% (4.518,9 km²) de Corpos Hídricos, 0,2% (1.731,4 km²) de Áreas Urbanas e 0,02% (212,7 km²) de Queimadas.

Com relação aos dados expostos, pode-se depreender algumas informações. Em primeiro ponto, que embora as classificações comparadas sejam de escalas diferentes, e, portanto, caracterizadas por prover diferentes níveis de informação, a avaliação conjugada estatístico-espacial apontou para relativa coerência do mapeamento efetuado pelo IBGE, quando equiparado com o mapeamento MODIS. A esse respeito, bem se observa estatisticamente que o mapeamento IBGE identificou aproximadamente 682.700km² (74,4%) de áreas de vegetação concretamente na área de estudo (FOs, FESds, Savanas, Savana-Estépicas e FEDs⁴¹), ao passo que o mapeamento MODIS apontou 652.000km² (71,0%) de áreas de vegetação (outras vegetações e FEDs), consistindo em compatibilidade de 95,5% das áreas identificadas pelo mapeamento da vegetação do IBGE em relação ao mapeamento MODIS.

Sob outro ângulo, é possível observar que a correspondência descrita não se manifesta apenas no campo numérico, sendo certamente perceptível em termos espaciais. A figura 16A, particularmente, apresenta a compatibilidade espacial das áreas de vegetação identificadas pelo mapeamento MODIS e IBGE, tendo-se nota que dos montantes informados anteriormente, a interseção das áreas de vegetação oriunda dos dois mapeamentos em análises contabilizam-se em 485.966km² ou 71,2% das áreas identificadas pelo IBGE. Corroborando com tal avaliação, a figura 16B sublinha pontualmente tal aspecto, através da matriz comparativa entre os dois mapeamentos, de tal forma que as classes de tipos de vegetação do IBGE foram alocadas conforme o UCS

⁴¹ É necessário observar que em tal comparação, foram consideradas somente as áreas na qual o IBGE discriminou concretamente os tipos vegetacionais, não computando – dessa forma – às Áreas de Tensão Ecológicas. Esse artifício fora utilizado para efeito de garantir compatibilidade a análise, pois foram consideradas no Mapeamento MODIS somente as áreas genuinamente classificadas como vegetação (Outras Vegetações e FEDs).

a qual estão situadas espacialmente. Dessa matriz, observou-se que os tipos de vegetação do IBGE estão localizados individualmente nas áreas identificadas pelo mapeamento MODIS como vegetação em proporção média de 73.9% (*seta vermelha*), alcançando em alguns casos valores superiores a 90%.

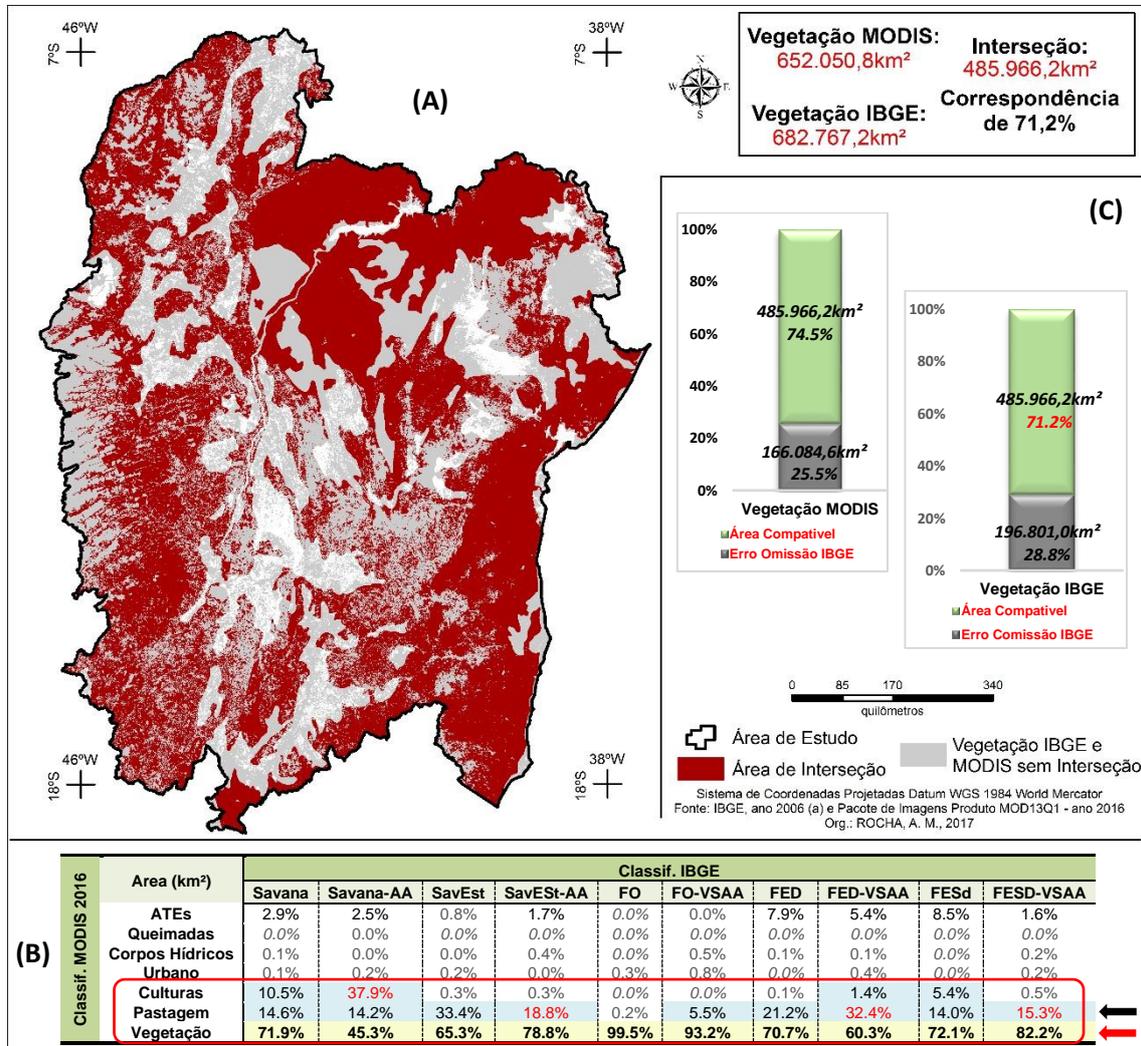


Figura 16: (A) Espacialização das Áreas de Vegetação IBGE e MODIS e Áreas de Interseção, (B) Matriz Comparativa das Áreas de Vegetação dos Mapeamento IBGE e MODIS e (C) Relação das Áreas com Interseção em relação aos Mapeamentos IBGE e MODIS.

Além disso, ampliando-se a margem de análise, constatou-se que todos os tipos de vegetação do IBGE predominaram (dígito superiores a 90%) em três classes do mapeamento MODIS (Vegetação, Pastagem e Culturas). Sobre o referido resultado, tal compatibilidade fora considerado positiva, haja vista que na discriminação dos tipos de vegetação do IBGE, são pontuadas as áreas com presença de Atividades Agrárias (AA) e Vegetação Secundária (VS) e conforme observado na figura 16B (*seta preta*), as referidas áreas estão situadas visivelmente nas áreas de Pastagem e Culturas.

Com relação as informações supracitadas, embora a meta apresentada resida sobre a avaliação das incompatibilidades derivadas da generalização cartográfica e tal propósito esteja visivelmente descrito nas próximas páginas, julgou-se plausível apresentar de antemão as similaridades e coerências presentes no mapeamento da Vegetação do IBGE quando equiparado ao mapeamento MODIS, pois tais resultados foram estatística e espacialmente comprovados através do mapeamento efetuado.

Realizado as considerações acima, a figura 16C introduz previamente a análise a ser desenvolvida nas páginas subsequentes, à medida que representa o cômputo percentual das áreas de interseção em relação aos valores de vegetação identificado pelos mapeamentos MODIS e IBGE e, de outro modo, as áreas identificadas como extra (erro de comissão IBGE) e não-identificadas (erro de omissão) pelo mapeamento do IBGE. Dessa representação, observa-se que para o cenário apresentado acima, a qual se trata de uma avaliação generalizada – sem a discriminação dos tipos de vegetação, os erros de comissão (196.801,0km²) e omissão (166.084,6km²) situam-se em torno de 25% da área de vegetação identificada pelo IBGE. Conforme será observado adiante, tais erros e inconsistências tendem a se tornar mais expressivos, à medida que um tipo de vegetação em particular seja avaliado. Tal raciocínio se justifica, pois nessas circunstâncias a influência da unidade mínima identificada por cada mapeamento (IBGE e MODIS) terá mais relevância, portanto o fator escala terá mais peso.

Prosseguindo com as análises, a figura 17 adiante apresenta a sobreposição das áreas de Outras Vegetações do Mapeamento MODIS e as áreas de Vegetação de tipologia similar do mapeamento IBGE (a saber: FOs, FESds, Savanas e Savana-Estépicas), com destaque estatístico dos erros de inclusão e exclusão. Em relação a análise anterior (figura 16), as informações a seguir diferenciam-se por não considerarem as áreas FEDs, contemplando somente os demais tipos de vegetação da área de destaque.

Logo, tendo-se por base a figura 17A, notifica-se que o mapeamento IBGE identificou para a área descrita 538.982,6km² de vegetação, enquanto que o mapeamento MODIS apontou valor de 571.086,5km² para a classe Outras Vegetações. Dos valores mencionados, a avaliação espacial apontou interseção ou área comum dos mapeamentos descritos de 342.457,7km² de extensão, correspondendo em 65,2% e 69,1% respectivamente das áreas da vegetação específica identificadas pelo MODIS e IBGE. Observa-se a esse ponto, que a simples subtração de um tipo de vegetação da análise (as FEDs) fora responsável pela redução da área compatível entre os dois mapeamentos, decrescendo de 71,2% (figura 16) para 69,1% (figura 17).

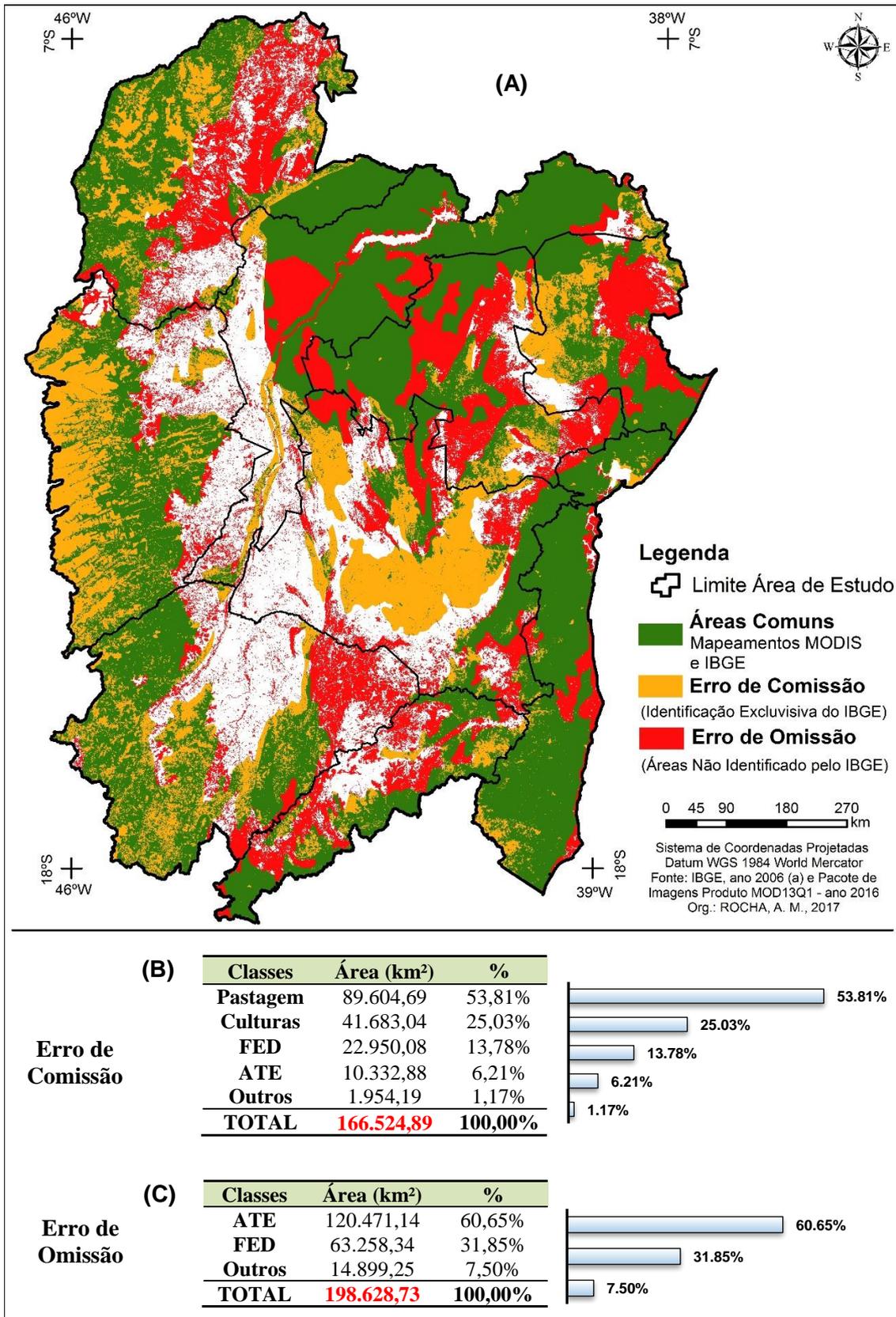


Figura 17: (A) Espacialização das Áreas Comuns e Erros de Omissão e Comissão das Classes de Vegetação do IBGE (FO, FESD, Sav. e SavEst) em relação a Classe Outras Vegetações do Mapeamento MODIS e matriz comparativa áreas não-compatíveis (B) IBGE-MODIS e (C) MODIS-IBGE.

Dando subsequência ao raciocínio, os demais 34,8% e 30,9% das áreas de vegetação identificadas pelo mapeamento MODIS e IBGE representam concretamente as incompatibilidades existentes entre os dois mapeamentos, aonde o primeiro valor (34,8%) representa extensão de 198.628,7km² de áreas de vegetação identificadas pelo Mapeamento MODIS e não reconhecidas pelo Mapeamento IBGE, consistindo – portanto – em Erros de Exclusão ou de Omissão. Por sua vez, os demais 30,9% consistem em área de vegetação de 166.524,8km² identificadas exclusivamente pelo IBGE. Tais áreas foram avaliadas tal como Erros de Inclusão ou Comissão, haja vista que os referidos espaços, a luz da análise de escala maior conferida pelo MODIS, foram identificados como outro tipo de UCS daquele apontado pelo IBGE. Importante salientar a esse ponto que a elementar apresentação dos valores anteriores permite observar que para a análise assim realizada os erros de omissão foram superiores aos de comissão, contabilizando total de 32.103km² aproximadamente. Tal fato leva a constatação que as áreas de vegetação omitida sobressaíram no cenário destacado.

As figuras 17B e 17C, respectivamente, apresentam de forma sucinta a matriz de comparação das áreas incompatíveis Vegetação (IBGE) – Outros UCS (MODIS) / erro de comissão e Outras Vegetações (MODIS) – Outras Classes (IBGE) / erro de omissão, constituindo na devida ordem a discriminação dos tipos de UCS ou tipo de vegetação presentes nas áreas de incompatibilidade espacial.

No que concerne ao exposto, a figura 17B permite contabilizar particularmente as áreas de vegetação identificadas exclusivamente pelo IBGE quando equiparado ao mapeamento MODIS, totalizando 166.524km² (ou 30,9%). Nas linhas da matriz, são discriminadas os UCS identificados em tais áreas através do mapeamento MODIS. Nesse ponto, observa-se que perfazem de forma predominante as áreas de Pastagem (89.604,69km² – 53,81%), Culturas (41.683,04km² – 25,03%) e FEDs (22.950,08km² – 13,08%), contabilizando juntamente mais 90% de toda a área. Desses valores, é importante salientar especificamente que embora tais áreas não sejam discriminadas ou detalhadas pelo mapeamento IBGE, em vista do limite conferido pela escala, é passível conferir que tais erros de inclusão as quais são dominados pelas Pastagens-Culturas (quase 80%) localizam-se em áreas apontadas pelo IBGE como áreas de vegetação caracterizadas pela presença de áreas antrópica (AA) e vegetação secundária (VS). Tal descrição pode ser observada e se torna mais clara através da figura 16B, com avaliação especial nas classes Savana-AA, Savana-Estépica-AA e FED-VSAA, as quais apresentam percentual significativa nas classes Pastagem e Culturas do mapeamento

MODIS. Dessa forma, conclui-se que apesar da inconsistência existir, as análises espaciais apontaram relativa afinidade entre as classes IBGE e MODIS, particularmente por constituírem conjuntamente áreas com influência antrópica.

Por outro lado, a figura 17C computa as áreas de vegetação identificada especificamente pelo mapeamento MODIS, as quais não foram identificadas pelo Mapeamento IBGE, consistindo num total de 198.628,73km² (ou 34,8%). Não obstante se note que a presente inconsistência seja maior que a dos erros de comissão, novamente a referida afinidade entre as classes IBGE e MODIS é observada. Nesse caso particular, com base na matriz da figura 17C, bem se percebe que do total de área identificada exclusivamente pelo mapeamento MODIS, mais de 90% se encontram em apenas duas classes do IBGE, a saber: as Áreas de Tensão Ecológica (120.471,14km² - 60,65%) e as FEDs (63.258,34km² - 31,85%). Embora repetidamente as inconsistências entre os dois mapeamentos existam, notifica-se que aproximadamente 60% da vegetação identificada exclusivamente pelo MODIS foi interpretada como áreas de contato entre vegetações pelo IBGE. Sendo assim, apesar da identificação precisa não ter sido efetuado, notabiliza-se que a classe ATE decerto se justifica, ao se avaliar o mapeamento MODIS.

Diante das informações apresentadas, concluiu-se que mesmo relevando o limite da escala de mapeamento IBGE, as afinidades espaciais entre as classes dos mapeamentos distintos se sobressaíram. Como resultante de tal avaliação, a ampla análise conjugada dos dois mapeamentos revelou do ponto de vista estatístico subestimação final do mapeamento IBGE em relação ao MODIS de apenas 5,62%, os quais correspondem aos 32.103km² a mais de vegetação que o MODIS tenha identificado.

Diferentemente dos cenários comparativos anteriormente descritos, a figura 18 revelará discrepâncias em teor mais significativo, quando realizado a análise comparativa entre as duas classificações em destaque. Sendo assim, a figura 18 retrata a sobreposição das áreas de FEDs identificadas pelos mapeamentos do IBGE e MODIS, com ênfase estatística particular nas áreas que descrevem erros de inclusão e exclusão.

Dado o exposto, constata-se a partir da figura 18A que o mapeamento IBGE detectou para a área descrita 143.784,5km² de FEDs, ao passo que o mapeamento MODIS tenha reconhecido para o mesmo tipo de vegetação valor de 80.964,3km². Dos valores descritos, a avaliação comparativa espacial apontou interseção ou área comum entre os dois mapeamentos para o tipo de vegetação especificada de 27.300,0km², correspondendo a proporção de 18,9% e 33,7% respectivamente das extensões reconhecidas pelo IBGE e MODIS. De forma preliminar, bem se notifica que a análise comparativa de um tipo de

vegetação específica, distintamente dos cenários anteriores, culminou diretamente com a redução da área comum entre os dois mapeamentos, com notório destaque das áreas de incompatibilidade.

Por conseguinte, de forma complementar aos valores expostos, os demais 81,1% e 66,2% representam as áreas de FEDs identificadas de forma exclusiva pelos mapeamentos IBGE e MODIS; constituindo, portanto, as áreas de incompatibilidade existente entre os dois mapeamentos. Dessa vez, observa-se diretamente que as inconsistências entre os dois mapeamentos superam as cifras de 60%, sendo que tais valores são complementares e derivados da reduzida interseção entre as FEDS dos dois mapeamentos. O primeiro valor (81,1%) representa extensão de 116.484km² e descreve diretamente as áreas identificadas como Florestas Estacionais Deciduais particularmente pelo IBGE, sendo consideradas como erros de inclusão ou comissão, quando avaliado à luz do mapeamento MODIS, de maior escala.

Por seu turno, o valor de 66,2% representa extensão de 53.664,3km² e se caracteriza como áreas do tipo de vegetação supracitado com identificação própria do mapeamento MODIS; sendo, por isso, não identificado pelo mapeamento IBGE. Tais espaços são avaliados – nesse mapeamento – como erros de omissão ou exclusão, já que identificados como tipo de vegetação diferente daquela detectada pelo mapeamento MODIS, de maior escala. Como decorrência da avaliação conjugada de ambos os resultados, constou-se para a análise das FEDs dos dois mapeamentos justaposição dos erros de comissão em relação aos erros de exclusão, correspondendo a extensão de 62.820km². O fato descrito permite concluir diretamente que as áreas de florestas estacionais deciduais extras (os quais representam outros UCS, conforme mapeamento MODIS) sobressaíram no cenário destacado; no entanto, é de mérito salientar que tal resultado não reduz a significância em termos de impacto das áreas omitidas, haja vista que essas computam mais de 60% das áreas de FED identificadas pelo mapeamento MODIS.

No que concerne às informações apresentadas, as figuras 18B e 18C constituem matrizes de comparação das áreas incompatíveis de FED (IBGE-MODIS) / erro de comissão e FED (MODIS-IBGE) / erro de omissão, respectivamente; com discriminação particular dos UCS ou tipos de vegetação presentes nas áreas de incompatibilidade espacial.

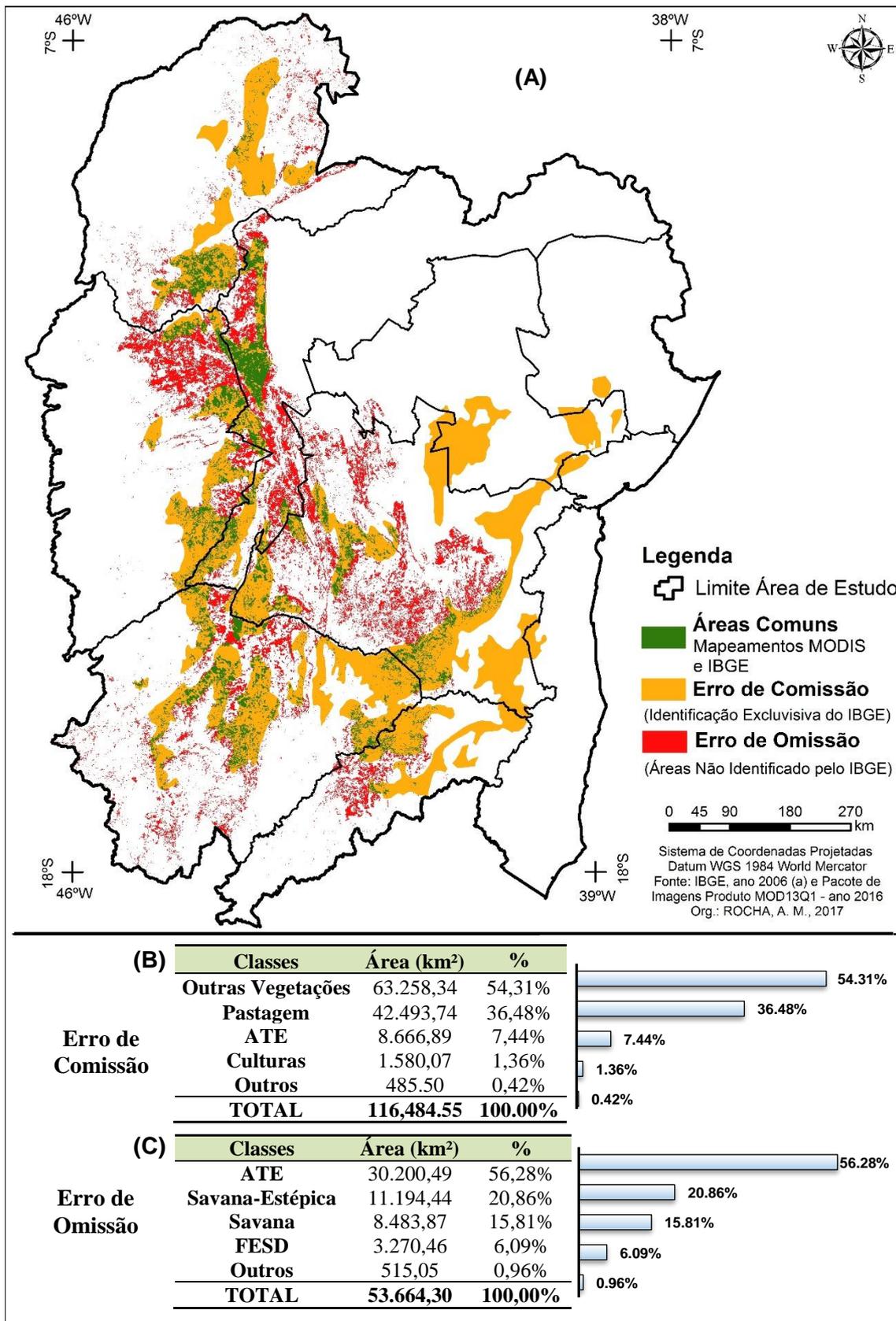


Figura 18: (A) Espacialização das Áreas Comuns e Erros de Omissão e Comissão da Classe Floresta Estacional Decidual do IBGE em relação a Classe FED do Mapeamento MODIS e matriz comparativa áreas não-compatíveis (B) IBGE-MODIS e (C) MODIS-IBGE.

Considerada a informação supracitada, a figura 18B possibilita contabilizar as áreas de Floresta Estacional Decidual identificadas exclusivamente pelo IBGE e os UCS apontados pelo mapeamento MODIS para a mesma área, a qual totalizam 116.484,3km² (ou 81,01%). Do montante informado, computa-se que as áreas de Outras Vegetações (63.258,34km² ou 54,31%), Pastagens (42.493,74 km² ou 34,48%) e ATE (8.666,89km² ou 7,44%) se destacam largamente dentre as demais classes de UCS, sendo as duas primeiras responsáveis por mais 90% do erro de inclusão. No cenário proposto, é cabível observar primeiramente que mais da metade das áreas extras de FED identificadas pelo IBGE foram classificadas respectivamente como outros tipos de vegetação. Embora haja outros fatores de influência em tal discrepância conforme já mencionado, o presente estudo ressalta particularmente o fator escala, a julgar prioritariamente pelos tamanhos dos fragmentos de FED identificados pelos dois mapeamentos de escalas distintas.

Nessa perspectiva, nota-se que a base vetorial do mapeamento da vegetação brasileira do IBGE identificou 41 fragmentos de floresta estacional decidua para área de estudo com dimensão mínima para cada fragmento superior a 500km², ao passo que as dimensões dos fragmentos MODIS tiveram média de 3,2km² para toda a população, permitindo concluir que as menores áreas de identificação IBGE para a área de estudo tiveram influência decisiva e explicativa sobre o amplo erro de comissão observado, abrangendo dessa forma as duas classes de maior predominância da classificação MODIS (outras vegetações e pastagem). Por conseguinte, em relação às áreas de Pastagens as quais contabilizam pouco mais de 1/3 do erro de comissão, considera-se com menor impacto tal erro dada a afinidade existentes entre as duas classes (FED-IBGE e Classes de UCS-MODIS). Em verdade, conforme se observa novamente na figura 18B, parte da FED IBGE em comparação no item presente engloba áreas de vegetação secundária e atividades agrárias (VSAA) e na matriz da figura em destaque, percentual dessas áreas foram identificadas pelo mapeamento MODIS como áreas de pastagens e culturas. Dessa forma, embora o mapeamento IBGE não seja preciso, dada a escala de mapeamento, observa-se pelo raciocínio estabelecido certa coerência - nesse item particular - do mapeamento IBGE por tais áreas confluírem respectivamente em áreas de uso antrópico assim como apontado pelo mapeamento MODIS.

Com relação aos erros de omissão, a figura 18C retoma a análise em pauta, a partir do ponto em que apresenta o quantum das áreas de floresta estacional decidua identificadas exclusivamente pelo mapeamento MODIS e os tipos de vegetação apontadas pelo mapeamento IBGE para as ditas áreas, as quais contabilizam

53.664,30km² (ou 66,2%). Nesse plano, a matriz comparativa sublinha três classes do mapeamento MODIS em potencial como responsáveis por mais 90% dos erros de exclusão, a saber: Áreas de Tensão Ecológica (30.200,49km² ou 56,28%), Savana-Estépica (11.194,44km² ou 20,86%) e Savana (8.483,87 km² ou 15,81%). Das informações acima, observa-se de antemão certa afinidade – tendo se nota particularmente as ATEs-IBGE e as áreas de FED-MODIS, haja vista apesar do mapeamento IBGE não ter sido capaz de identificar precisamente as áreas de FED, o mapeamento fora coerente no apontamento da existência de áreas de contato de vegetação, os quais incluem, dentre outras, as áreas de FEDs. No entanto, de modo geral, os resultados de omissão acima foram interpretados propriamente tal como notificado nos erros de comissão, como derivados com maior influência do fator escala. Nesse caso particular, conforme será observado, as menores dimensões dos fragmentos dos outros tipos de vegetação do mapeamento IBGE para a área de estudo em geral superam 100km², os quais realmente distam da dimensão média observada para classe Outras Vegetações (média 17,9km²). Dessa forma, novamente observou o fator escala pelo raciocínio estabelecido como fortemente influente sobre os erros observados.

Por conclusão das informações supracitadas a partir da figura 18, a avaliação comparativa de um tipo específico de vegetação, caso das FEDs, implicou decisivamente no aumento das incompatibilidades espaciais (inconsistências) entre os dois mapeamentos de escalas diferentes. Dessa forma, como resultante da situação supracitada, a análise conjugada dos dois mapeamentos apontou do ponto de vista estatístico superestimação do mapeamento IBGE em relação ao MODIS de 77,59%, correspondendo aos 62.820km² de área a mais identificada pelo mapeamento IBGE.

Posto tais resultados, à título de finalização, é oportuno sintetizar e reiterar determinados informações, a fim direcionar seu significado maior, diante da proposta estabelecida no início desse capítulo. Sendo assim, a avaliação comparativa dos mapeamentos da vegetação MODIS-IBGE conforme examinado através das figuras 16, 17 e 18 foram efetuados, com orientação para três cenários de análise. O primeiro deles correspondeu a avaliação das áreas de vegetação IBGE-MODIS, cabendo salientar que para esse caso inicial, foram levados em consideração na análise comparativa somente as manchas de vegetação, sem a discriminação de sua tipologia. Da referida análise, observou-se que as áreas comparadas espacialmente, 71,2% das áreas de vegetação identificadas pelo IBGE foram igualmente apontadas pelo mapeamento MODIS, sendo que as inconsistências (subestimação) se apresentaram em 4,7%.

No segundo caso, análise executada teve por parâmetro quase que essencialmente as áreas da avaliação inicial, excluindo – no entanto - da mancha anterior somente as áreas de FED de ambos os mapeamentos. Nessa avaliação, observou-se que 69,1% das áreas identificadas pelo IBGE foram similarmente reconhecidas através do mapeamento MODIS, consistindo - portanto - nas áreas comuns ou de interseção entre ambos os mapeamentos, com incompatibilidade líquida (subestimação) de 5,62%. Em última instância, foram confrontadas exclusivamente as áreas de FED pertinentes aos dois mapeamentos, alcançando, por outro lado, áreas comuns por parte do mapeamento IBGE de apenas 18,9%, com inconsistências (superestimação) de 77,59%.

A esse ponto da análise, conclui-se que os três cenários acima representam na ordem expressa decréscimo direto das áreas comuns (ou de interseção) entre os dois mapeamentos, significando que as áreas identificadas pelo IBGE como equiparáveis ao MODIS decresceram de desde 71,2% a 18,9%. Além disso, observou-se de maneira igual que as inconsistências entre os mapeamentos registraram aumento de desde 4,7% a 77,59%.

Em vista de tais resultados, é oportuno salientar que embora a escala não seja o único fator influente sobre tais inconsistências, podendo-se citar nesse contexto o fato das classificações em comparação serem de anos distintos e derivadas de processos classificatórios diferenciados, a avaliação executada ressaltou exclusivamente o fator escala, devido tal variável ser responsável decisivamente pelo nível de informação e precisão apresentado por um dado mapeamento.

Sendo assim, ao se comparar os mapeamentos MODIS e IBGE, a generalização cartográfica observada significou diretamente o aumento das dimensões da unidade mínima de informação ou que o detalhamento presente numa escala cartográfica dita maior (MODIS) será omitido. Tal aspecto é cartograficamente plausível, pois nenhum mapeamento irá fornecer maiores informações do que aquelas permitidas pela sua escala. No entanto, ao se considerar a escala do fenômeno e relevar o contexto legal (legislação 11.428/2006) a qual mapeamento IBGE é empregado, conclui-se seguramente que todas as inconsistências e erros de inclusão e exclusão apontados nas páginas precedentes indicam áreas em que a legislação eventualmente falhará ou estará comprometida, pois ora não será aplicada quando necessária (erros de omissão), ora será aplicada em áreas incompatíveis (erro de comissão). Tal constatação, embora evidente, é demasiadamente relevante e por isso a insistência na proposta de análise. A aplicação da legislação tal como a informada se faz diretamente em campo, onde o fenômeno biogeográfico se

processa e ainda que todo mapa apresente omissões, pois o que se faz é a representação de uma superfície de grandes extensões (superfície terrestre real) em pequenas dimensões (superfície gráfica: papel), certas inconsistências ou desafios podem ser reduzidos, à medida que sejam utilizados mapeamentos de grande escala, os quais mais se aproximam da realidade terrestre.

Tabela 10: (A) Quantidade de fragmentos e Área por Intervalo de tamanho dos Fragmentos de FED e Outras Vegetações MODIS, (B) Quantidade de fragmentos, Dimensão do Menor Fragmento das classes IBGE e (C) Distribuição dos fragmentos do Mapeamento da Vegetação IBGE (2006b) por classes de dimensão (km²), para todo Brasil e Área de Estudo.

(A) Intervalo (km ²)	FED - MODIS				Outras Vegetações - MODIS			
	Quantidade de Fragmentos	%	Área (km ²)	%	Quantidade de Fragmentos	%	Área (km ²)	%
< 0.1	3903	15.5%	243.9	0.3%	5506	17.3%	344.1	0.1%
0.1-0.3	6014	23.9%	1,217.4	1.5%	7883	24.8%	1,587.1	0.3%
0.31-0.7	7995	31.8%	3,546.8	4.4%	10132	31.9%	4,472.9	0.8%
0.71-1	1879	7.5%	1,619.7	2.0%	2271	7.2%	1,956.0	0.3%
1.1-3	3267	13.0%	5,577.0	6.9%	3944	12.4%	6,679.9	1.2%
3.1-5	758	3.0%	2,924.4	3.6%	833	2.6%	3,221.3	0.6%
5.1-10	599	2.4%	4,187.9	5.2%	591	1.9%	4,130.0	0.7%
10.1-50	543	2.2%	11,250.8	13.9%	477	1.5%	9,424.0	1.7%
>50	175	0.7%	50,396.5	62.2%	99	0.3%	539,271.2	94.4%
Soma	25133	100.0%	80,964.3	100.0%	31736	100.0%	571,086.5	100.0%

(B) Classes	Território Brasileiro		Área de Estudo	
	Quantidade de Fragmentos	Menor Dimensão Identificada (km ²)	Quantidade de Fragmentos	Menor Dimensão Identificada (km ²)
Savana	314	22.9	44	174.26
Savana-AA	89	33.4	32	211.57
Sav-Est	135	32.1	56	125.20
Sav-Est-AA	72	4.1	20	8.38
FED	22	37.6	15	576.88
FED-VSAA	40	243.0	26	242.96
FESD	23	49.7	5	921.19
FESD-VSAA	65	55.4	21	370.68
FOA-VSAA	27	184.1	1	2,345.04
FOD	302	2.7	7	273.59
FOD-VSAA	65	10.9	4	13.05
AFP	121	2.7	13	33.59
AFP-AA	19	12.1	1	72.36
ATE	284	8.1	47	225.76
ATE-AA	139	63.4	26	209.05
RV	12	138.3	6	305.99

(C)

	≤1	1,1-5	5,1-10	10.1-50	50.1-100	100.1-300	300,1-500	500,1-1.000	1.000,1-10.000	>10.000
Brasil	0.05%	0.83%	0.92%	6.54%	3.50%	11.34%	12.95%	19.35%	36.87%	7.65%
AOI	0.00%	0.00%	0.30%	0.91%	1.21%	9.70%	12.73%	24.24%	43.03%	7.88%

A Tabela 10 ilustra sinteticamente o raciocínio desencadeado e de outra forma as análises anteriores efetuadas, no ponto em que permite a comparação das dimensões dos

fragmentos de FED e Outras Vegetações e das classes de vegetação (território brasileiro e área de estudo) dos mapeamentos MODIS (tabela 10A) e IBGE (tabela 10B e 10C), respectivamente. Dessa Forma, tendo-se por referência tabela 10A, calcula-se que 78,9% dos 25.133 fragmentos de FED e 81,3% dos 31.736 fragmentos de Outras Vegetações possuem individualmente menos de 1km² de dimensão. De forma oposto, bem se contabiliza, conforme tabela 10B e 10C, que apesar do mapeamento IBGE identificar fragmentos de até 0,7km² de dimensões (casos das FO) no território brasileiro, quando observado amplamente, verifica-se que mais de 85% dos fragmentos dos tipos de vegetação identificados pelo IBGE no território brasileiro e na Área de Estudo apresentam cada um mais 100 km² de dimensão. Tal análise torna-se pertinente, pois traduz pontualmente o fato de que a utilização de mapeamentos de pequena escala (semelhante a do IBGE, 1:5.000.000), culminam decerto em perda potencial de grandes quantidades de fragmentos em termos de reconhecimento e identificação.

Por fim, é necessário reiterar em última instância a objetividade final da análise efetuada, destacando que não se almejou elevar o mapeamento realizado no âmbito desse trabalho e, tampouco apontar inconsistências no mapeamento do IBGE, haja vista que não se tem parâmetros para tal proposta. Mas definitivamente, as comparações efetuadas buscaram traduzir notoriamente o desafio cartográfico-biogeográfico, a ser superado principalmente quando levado em consideração a meta de assegurar ou subsidiar a conservação de tipos vegetacionais particulares tal como as Florestas Estacionais Deciduais; pois conforme se tem conhecimento, o Brasil é um país de grandes dimensões territoriais e a derivação direta desse fato é que dificilmente se conseguirá representar com certo nível de precisão e detalhamento fenômenos tal como a distribuição e tipologia de vegetação em um único documento cartográfico. Os sistemáticos Mapeamentos da Vegetação do IBGE, em suas três edições de 1988, 1993 e 2004, atendem a meta maior de representação dos grandes conjuntos vegetacionais do território brasileiro, mas por limitante de escala, não proverá mais informações do que aquelas cabíveis cartograficamente. Sendo assim, toma-se por válido a sugestão de repensar o emprego de mapeamentos de pequena escala, como parâmetros em leis tal como a 11.428/2006, uma vez que a generalização observada é um fator que compromete definitivamente suas proposições legal e ambiental.

3.2 Análise da Mudança do Uso e Cobertura do Solo – Anos de 2007 e 2016

Em conformidade com os objetivos estabelecidos no início desse trabalho, os resultados 2 a serem discutidos nas páginas subsequentes objetivam avaliar a dinâmica de Uso e Cobertura do Solo para a Área de Estudo considerando os anos de 2007 e 2016, com principal meta de dar foco particular aos processos de desmatamento e regeneração das áreas de Floresta Estacional Decidual e, de outra maneira, compreender os fatores responsáveis por tais mudanças (*drivers*).

Esclarecido o fato anterior, a figura 19 a seguir apresenta a distribuição das classes de Uso e Cobertura do Solo para a AOI, com sumarização das áreas (km² e hectares) e percentuais de cada UCS para os anos de 2007 e 2016. De tais informações, o mapeamento 2007 apontou dominância, em ordem de grandeza, de três classes particulares, sendo elas: Outras Vegetações (561.944,81km²), Pastagens (200.193,19km²) e Florestas Estacionais Deciduais (76.693,25km²), correspondendo, respectivamente a 61,2%, 21,8% e 8,4%, os quais somam conjuntamente 91,4% da área em questão. De forma complementar, os demais 8,6% do perímetro de análise são compostos por áreas de Culturas (32.969,56km²), Áreas de Tensão Ecológica (30.231,75km²), Queimadas (8.104,9km²), Corpos Hídricos (5.881,75km²) e Áreas Urbanas (1.749,63km²), com proporções respectivas de 3,6%, 3,3%, 0,9%, 0,6% e 0,3%.

Por sua vez, o mapeamento 2016 registrou proporção dos UCS na área de interesse relativamente similar aos verificados no mapeamento anterior. Sendo assim, as classes Outras Vegetações (571.086,50km²), Pastagens (181.593,0km²) e Florestas Estacionais Deciduais (80.964,31km²) contabilizaram juntamente 90,8% das áreas do perímetro de análise, respondendo na devida ordem por 62,2%, 19,8% e 8,8%. As demais áreas, por sua vez, computaram 9,2%, sendo representadas pelas classes Culturas (47.417,13km²), Áreas de Tensão Ecológica (30.231,75km²), Corpos Hídricos (4.518,94km²), Áreas Urbanas (1.731,44km²) e Queimadas (212.69km²), respondendo assim na ordem descrita por 5,2%, 3,3%, 0,5%, 0,2% e 0,02%.

Dado os resultados apresentados e observando especificamente a coluna Balanço Líquido da tabela síntese da figura 19, a avaliação conjugada dos mapeamentos descritos assinalou balanço líquido positivo para três classes particulares, sendo elas: Culturas, Outras Vegetações e Florestas Estacionais Deciduais, com ganhos de respectivamente +14.447,6km², +9.141,7km² e +4.271,1km². Relevante observar, no entanto, que os incrementos salientes de tais classes não implicam na inexistência de perdas, em verdade, traduzem o fato de que para os anos comparadas, as áreas ganhas foram superiores as

perdidas. Em contrapartida, com exceção da classe Áreas de Tensão Ecológica⁴² que computa mesma área para os dois anos, as demais quatro classes restantes, a saber: Pastagens, Queimadas, Corpos Hídricos e Áreas Urbanas registraram para o período 2007-2016 balanço líquido negativo, com perdas contabilizadas respectivamente em -18.600,2km², -7.829,3km², -1.362,8km² e -18,3km². De forma similar ao raciocínio estabelecido no início desse parágrafo, mesma ideia é válida para estes últimos resultados, significando que o balanço líquido para as classes descritas não indica existência tão-somente de perdas, mas descrevem o cenário na qual os ganhos de áreas foram inferiores às perdas.

De forma complementar as informações observadas, deve-se ressaltar que embora mudanças claras tenham ocorrido nas classes Outras Vegetações, FEDs e Pastagens, tais alterações não sobressaíram de fato (representado mudanças finais inferior a $\pm 10\%$ das áreas iniciais identificadas em 2007), considerado devido principalmente a expressividade de tais classes na área de estudo. Por outro lado, constatou-se que as classes Queimadas, Culturas e Corpos Hídricos constituíram as classes com proporção de mudança mais evidente em relação ao ano inicial de análise, representando alterações líquidas de 97,4%, 43,8% e 23,2%. Nesse contexto, é pertinente salientar que a classe Queimadas fora identificada em 2007 exclusivamente em três mesorregiões particulares, sendo o Oeste da Bahia (55,4%), Sudoeste do Piauí (42,9%) e Norte de Minas (1,7%), podendo-se notificar que tal identificação ocorrera estritamente ao ano de 2007, tendo em vista que em 2016, menos de 3% da área observado no ano de análise inicial fora mantida. Como resultado, verificou-se que tal classe computou maior mudança de área.

A classe Culturas há de ser relevada similarmente, pois além de registrar manifesta dinâmica de alteração, fora decerto responsável por parte das perdas registradas pela classe Outras Vegetações, segundo será analisado. Nesse contexto, verificou-se que em ambos os anos, as áreas de Culturas predominaram em valores superiores a 90% em três mesorregiões particulares: Oeste da Bahia, Sudeste do Piauí e Norte de Minas com incremento líquido de aproximadamente 14.000km², corroborando – dessa forma – decisivamente para a alteração líquida de 43,8% processada, em relação ao ano de 2007.

⁴² Com relação a classe Áreas de Tensão Ecológica identificada, é notório observar que tal classe não fora inicialmente proposta como classe de Uso e Cobertura do Solo desse trabalho. Contudo, a análise conjugada dos mapeamentos associado aos problemas espectrais já relatados na metodologia contribuíram para dificultar o emprego de um parâmetro que pudesse ser aplicado similarmente nos dois anos, e por isso sua concreta diferenciação. Sendo assim, o uso da classe ATE fora realizado no intuito de identificar áreas com presença de Outras Vegetações e/ou FEDs, cuja identificação clara não fora efetuada.

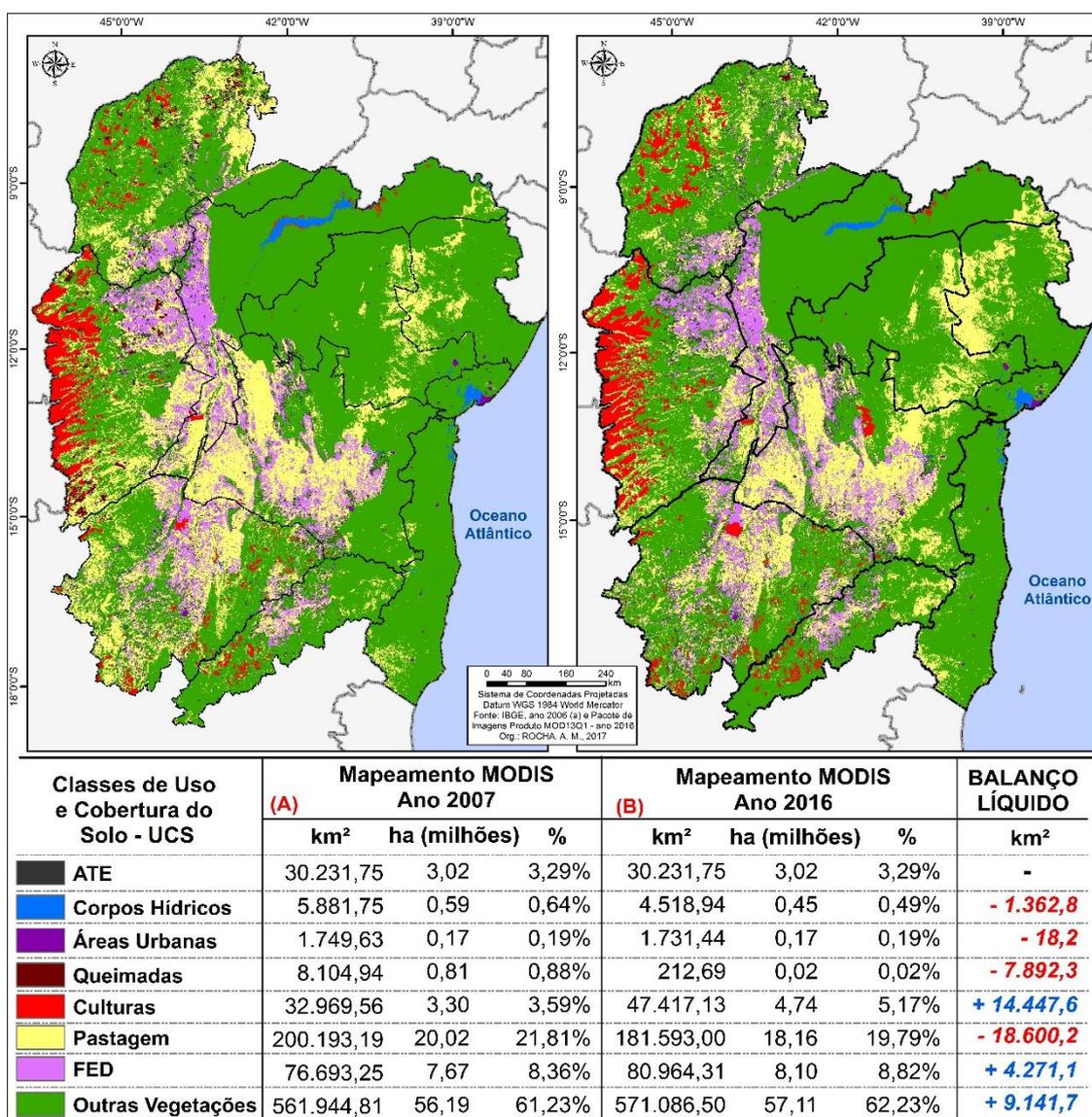


Figura 19: Distribuição das Classes de Uso e Cobertura do Solo e Estatística associada para os Anos de 2007 (A) e 2016 (B)

De maneira também importante, a classe Corpos Hídricos deve ser mencionada, haja vista que a queda computada de 1.362km² constituiu perda líquida de 23,2% sobre a área inicial averiguada em 2007, cabendo observar que tal fato é notoriamente concreto e visível nas áreas referentes as Represas de Irapé, Gorutuba e Sobradinho, que se sobressaíram pela redução da lâmina d'água.

Dando sequência a análise proposta, a tabela 11 apresenta sumarização estatística dos totais de áreas identificados para cada UCS, com discriminação dos valores pertinente às perdas, ganhos e áreas de interseção (Áreas Comuns). Sendo assim, partindo-se da explicação acima, o primeiro aspecto a ser observado refere-se as Áreas Comuns entre os mapeamentos, os quais contabilizaram 80,3% ou 736.947,8km² da totalidade da área

estudo. Sendo assim, observou-se que 4/5 do perímetro de análise manteve-se inalterado, portanto sem conversões do UCS. Os demais 19,7% (180.744,3km²), por outro lado, constituíram as áreas que apresentam conversões entre UCS. Em termos específicos, para o período 2007-2016, as classes Urbano, Outras Vegetações e Florestas Estacionais Deciduais foram as classes que computaram maior percentual de áreas inalteradas ou mantidas em relação àquelas identificadas em 2007, apresentando parcelas sem conversão de respectivamente de 97,4% (498.939,0km²), 88,8% (61.942,2km²) e 80,8% (1.703,8km²). Importante salientar de forma igual, que caso considerado as áreas mapeadas em 2016 para as mesmas classes, valores superiores a 75% sem alteração podem ser observados, apontando que embora as mudanças (perdas/ganhos) das classes OV e FED sejam expressivas em termos de área (km²), as perdas (11,2% e 19,2%) e os ganhos (12,6% e 23,5%) computaram pequenos percentuais em relação aos totais identificados em 2007 e 2016.

Tabela 11: Síntese Estatística, com descrição das Totais mapeados em 2007 e 2016 por classes de UCS e discriminação das Interseções (Áreas Comuns), Perdas e Ganhos

Classes UCS	ATE	QUEIM.	ÁGUA	URB.	CULT.	PAST.	FED	OV
Total 2007 - km²	30,231.8	8,103.4	5,879.0	1,749.5	32,952.5	200,170.9	76,690.8	561,914.3
Total 2016 - km²	30,231.8	212.7	4,516.0	1,731.3	47,414.2	181,580.4	80,960.6	571,045.3
Interseção - km²	30,231.8	83.8	3,985.2	1,703.8	27,027.1	113,035.1	61,942.2	498,939.0
Perda - km² (2007)	-0.0	-8,019.6	-1,893.8	-45.8	-5,925.4	-87,135.8	-14,748.6	-62,975.3
% Interseção (2007)	100.0%	1.0%	67.8%	97.4%	82.0%	56.5%	80.8%	88.8%
% Perda (2007)	-0.0%	-99.0%	-32.2%	-2.6%	-18.0%	-43.5%	-19.2%	-11.2%
Ganho - km² (2016)	+0.0	+128.9	+530.8	+27.5	+20,387.1	+68,545.3	+19,018.4	+72,106.3
% Interseção (2016)	100.0%	39.4%	88.2%	98.4%	57.0%	62.3%	76.5%	87.4%
% Ganho (2016)	+0.0%	+60.6%	+11.8%	+1.6%	+43.0%	+37.7%	+23.5%	+12.6%

Diferentemente do cenário acima, as classes Queimadas e Pastagens registraram para as duas análises (em relação a 2007 e 2016) as menores proporções de áreas comuns ou sem alteração, indicando alta mobilidade espacial. As Queimadas, nesses termos, registram apenas 83,8km² de áreas comuns o que representa 1% e 39,4% das áreas de queimadas identificadas respectivamente em 2007 e 2016. Desse raciocínio, depreende-se diretamente que 99% das áreas apontadas no mapeamento inicial desapareceram, sendo convertidos em outros UCS. Por outro lado, 60,6% das áreas de 2016 representam ganhos diretos. É decerto clarividente que tais valores apontam domínio das perdas (-8.019,6km²) sobre os ganhos (+128,9km²) e naturalmente justificam o balanço líquido negativo previamente observado de tal classe. No entanto, o interesse na exposição de tais valores

reside sobre a mutabilidade da classe referida, apresentando espacial e temporalmente ganhos e perdas sistemáticas.

A classe Pastagem, por seu turno, apresentou características similares a classe Queimadas, embora de forma menos agressiva. Em verdade, bem se observa que 113.035,1km² de áreas de Pastagens foram identificados igualmente em ambos os anos, representando 56,5% e 62,3% na ordem descrita para os anos inicial e final. Como derivação, verificou-se que os demais 43,5% (87.135,8km²) e 37,7% (68.545,3km²) constituem as Perdas e Ganhos de áreas em relação àquelas identificadas em 2007 e 2016, assinalando – dessa forma – a nítida variação das áreas de Pastagens.

As classes Culturas e Água, em contrapartida, não apresentaram padrões fixos como aqueles observados acima, com altos percentuais de áreas inalteráveis ou tampouco alta mutabilidade espacial. Em verdade, partindo-se da tabela 11, as duas classes comportaram-se mesclando características dos dois cenários assinalados. A classe Culturas, inicialmente, registrou 27.027,1km² de áreas igualmente identificadas (espacialmente) em ambos os anos, constituindo - portanto áreas comuns entre 2007 e 2016. No entanto, duas situações claras são observadas: a primeira consiste no fato de que a extensão apresentada descreve 82,0% das áreas identificadas em 2007, os quais traduzem alta manutenção das áreas inicialmente identificadas, já que a perda aferida fora de somente -18,0%. Contudo a análise de 2016 apontou inversão de tal cenário, a medida que se calcula que 57,0% somente constitui a proporção de áreas de 2016 que igualmente foram identificadas em 2007. Dessa linha pensamento, constata-se diretamente que os demais 43% das áreas identificadas em 2016 constituem incrementos líquidos de áreas de culturas. Sendo assim, claro fica que o balanço líquido positivo observado para as áreas de Culturas superior a 14.000km² são derivações evidentes da manutenção das áreas existentes somado ao incremento sistemático de novas áreas.

A classe Corpos Hídricos, por seu turno, comportou-se de forma inversa ao quadro das áreas de Culturas. Aliás, considerando a totalidade de 3.985,2km² de áreas comuns identificadas entre os mapeamentos 2007 e 2016, o referido valor corresponde a somente 67,8% das áreas totais mapeadas em 2007, sendo o valor restante de -32,2% (-1.893,8km²) a parcela relativa às perdas líquidas de corpos hídricos. Sendo assim, tendo-se nota o percentual de novos corpos hídricos identificadas em 2016 as quais correspondem a +11,8% (+530,8km²) da área mapeada, torna-se definitivamente explicado o balanço líquido negativo averiguado para a classe Água.

A tabela 12A (matriz de conversão) a seguir será empreendida para avaliação concreta da dinâmica de mudança das classes de UCS, tendo por base os mapeamentos de 2007 e 2016. Para efeito de avaliação, nas colunas da matriz são apresentados a distribuição do UCS de 2007 em relação a sua conversão para o ano de 2016. Nas linhas, por sua vez, estão registrados a distribuição dos UCS de 2016 em relação às classes que eram no ano de 2007. Derivado de tal estrutura, as diagonais constituem as áreas comuns entre os dois mapeamentos, portanto áreas inalteradas e como resultado disso, qualquer valor fora das diagonais representará áreas convertidas, sendo assim, ganhos (linhas) ou perdas (colunas). De forma complementar, as matrizes 12B e 12C, através da análise vertical (em colunas) registram percentualmente a distribuição particular das perdas e ganhos referentes a cada UCS. Dada a propositividade dos resultados 2 dessa pesquisa, as avaliações terão foco particularmente sobre as áreas de Outras Vegetações e, de modo mais importante, sobre as Florestas Estacionais Deciduais.

Exposto tal fato, a Classe Outras Vegetações registrou, conforme já mencionado, balanço líquido positivo para a análise conjugada 2007-2016, apontando incremento de +9.141,7km², constituindo dessa forma expansão de área de 561.944,81km² (2007) para 571.086,50km² (2016). Segundo observado na tabela 12A, o balanço positivo assinalado derivou diretamente do domínio dos ganhos (regeneração) sobre as perdas (desmatamento), os quais totalizaram respectivamente +72.106,3km² e -62.975,3km². Desses valores, a análise (tabelas 11A e 11B) apontou que se tratando particularmente do processo de Desmatamento, dos totais de -62.975,3km² perdidos entre 2007 e 2016, 79,2% foram de responsabilidade exclusiva das áreas de Pastagem (49.855,3km²), e em segundo plano ocasionado pelas áreas de Culturas, o qual respondeu por 20,2% (12.701,9km²). Embora certamente haja outros UCS que tiveram influência sobre as áreas perdidas de Outras Vegetações, é decerto evidente assinalar que cerca de 99% da perda observada se deve principalmente às áreas de Pastagens e Culturas. Importante salientar – de modo igual – utilizando a tabela 12C, que mais 60% dos ganhos de área por parte das classes Queimadas, Pastagens e Culturas se processaram sobre as áreas de Outras Vegetações e o referido fato há de ser observado com veemência, pois tais circunstâncias não repetiram sobre as áreas de FEDs, sendo particular a classe em destaque.

No que se refere às áreas de regeneração, a tabela 12A/ 12C permite observar que da contabilização de +72.106,3km² de áreas ganhas, sob três classes particulares as regenerações ocorreram, sendo por ordem de importância as classes Pastagem, Culturas e Queimadas, as quais responderam respectivamente por 87,1% (62.809,3km²), 5,5%

(3.966,9km²) e 5,3% (3.763,1km²), explicando conjuntamente mais de 95% das áreas ganhas.

Tabela 12: (A) Matriz de Conversão dos Usos e Cobertura do Solo, entre os anos de 2007 e 2016, em unidades de área (km²); Discriminação das Áreas das Perdas e Ganhos para os anos de (B) 2007 e (C) 2016.

(A) UCS - 2007									
UCS - 2016	ATE	QUEIM.	ÁGUA	URB.	CULT.	PAST.	FED	OV	TOTAL 2016
ATE	30,231.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30,231.8
QUEIM.	0.0	83.8	0.0	0.0	0.0	34.3	7.7	86.9	212.7
ÁGUA	0.0	0.0	3,985.2	32.2	1.2	159.1	18.1	320.3	4,516.0
URB.	0.0	0.0	11.0	1,703.8	0.4	6.3	2.0	7.9	1,731.3
CULT.	0.0	1,680.2	11.7	0.3	27,027.1	5,667.8	325.3	12,701.9	47,414.2
PAST.	0.0	2,107.5	274.4	5.7	1,908.4	113,035.1	14,393.9	49,855.3	181,580.4
FED	0.0	468.9	36.7	2.3	48.5	18,459.2	61,942.2	2.9	80,960.6
OV	0.0	3,763.1	1,560.0	5.3	3,966.9	62,809.3	1.8	498,939.0	571,045.3
TOTAL 2007	30,231.8	8,103.4	5,879.0	1,749.5	32,952.5	200,170.9	76,690.8	561,914.3	917,692.1
Perda - km² (2007)	-0.0	-8,019.6	-1,893.8	-45.8	-5,925.4	-87,135.8	-14,748.6	-62,975.3	
Ganho - km² (2016)	+0.0	+128.9	+530.8	+27.5	+20,387.1	+68,545.3	+19,018.4	+72,106.3	

(B) % de PERDA das Classes UCS 2007									
Classe UCS 2016	ATE	QUEIM.	ÁGUA	URB.	CULT.	PAST.	FED	OV	
ATE	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
QUEIM.	-	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.04%	0.05%	0.14%	
ÁGUA	-	0.0%	0.0%	70.4%	0.02%	0.2%	0.12%	0.5%	
URB.	-	0.0%	0.6%	0.0%	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%	
CULT.	-	21.0%	0.6%	0.7%	0.0%	6.5%	2.2%	20.2%	
PAST.	-	26.3%	14.5%	12.4%	32.2%	0.0%	97.6%	79.2%	
FED	-	5.8%	1.9%	4.9%	0.8%	21.2%	0.0%	0.00%	
OV	-	46.9%	82.4%	11.6%	66.9%	72.1%	0.0%	0.0%	

(C) % de GANHO das Classes UCS 2016									
Classe UCS 2007	ATE	QUEIM.	ÁGUA	URB.	CULT.	PAST.	FED	OV	
ATE	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
QUEIM.	-	0.0%	0.0%	0.0%	8.2%	3.1%	2.5%	5.2%	
ÁGUA	-	0.0%	0.0%	40.0%	0.1%	0.4%	0.2%	2.2%	
URB.	-	0.0%	6.1%	0.0%	0.002%	0.01%	0.01%	0.01%	
CULT.	-	0.0%	0.2%	1.4%	0.0%	2.8%	0.3%	5.5%	
PAST.	-	26.6%	30.0%	22.7%	27.8%	0.0%	97.1%	87.1%	
FED	-	6.0%	3.4%	7.3%	1.6%	21.0%	0.0%	0.002%	
OV	-	67.4%	60.3%	28.6%	62.3%	72.7%	0.02%	0.0%	

No que diz respeito especialmente às áreas de Florestas Estacionais Deciduais, a análise dos mapeamentos 2007-2016 apontou incisivamente assim como observado para caso das Outras Vegetações balanço líquido positivo para o período de análise, com

incremento líquido de +4.272,2km². Conforme verificado, tal resultado significou clara expansão das áreas de FED de valores ante observados de 76.693,25km² em 2007 para extensão de 80.960,6km² no ano de 2016. Além disso, verificou-se que o balanço líquido positivo derivou da prevalência dos ganhos, portanto da regeneração o qual contabilizou +19.018,4km² sobre as Perdas, dessa forma o desmatamento a qual manteve-se em nível de -14.748,6km².

Sobre tais valores, a análise através da tabela 12B/12C apontou similarmente que mais de 95% do desmatamento e regeneração pela qual as áreas de FED perpassaram fora explicado pela classe Pastagem. Em verdade, bem se observa que 97,6% (14.393,9km²) da Perda de FED é justificada pela classe referida, sendo secundariamente afetada pela classe Culturas, que embora com menor influência, obteve fatia de 2,2% (325,3km²), explicando essas duas classes pouco mais de 99% do desmatamento das áreas de FEDs. No que concerne a regeneração, por sua vez, a classe Pastagem respondeu por 97,1% (18.459,2km²), sendo seguida pela classe Queimadas, com fatia de 2,5% (468,9km²).

Para além das informações observadas, a figura 20 subsequente apresenta a distribuição espacial do balanço líquido (de perda/ganho) referente a cada município da área de estudo, cabendo observar que para os mapeamentos efetuados, foram identificadas áreas de FED em 294 municípios da totalidade de 619 que compreendem o perímetro total. Desse montante, verificou-se que 98 e 196 municipalidades registraram respectivamente balanços líquidos negativos e positivos, tornando evidente mais uma vez a prevalência dos ganhos sobre as perdas. Importante destacar, no entanto, o fato de que apesar da dominância das áreas ganhas, o balanço líquido positivo não fora constatado nas 7 mesorregiões de identificação de FED. Com efeito, averiguou-se que a mesorregião Norte de Minas (MG), registrou isoladamente o único balanço negativo, dentro todas unidades listadas.

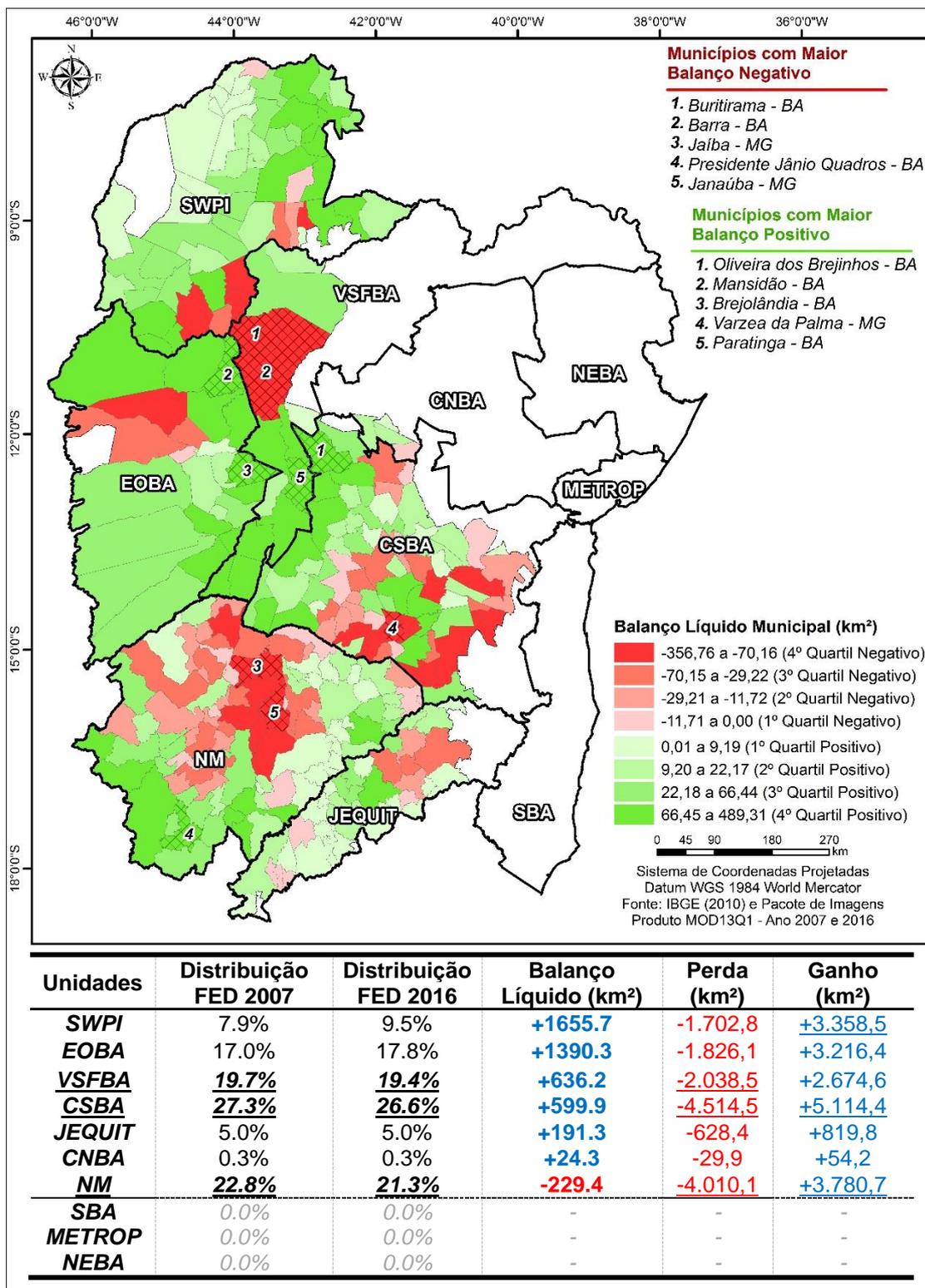


Figura 20: Distribuição Municipal do Balanço Líquido (Perda e Ganho) de Floresta Estacional Decidual e síntese estatística (Distribuição % FED, Balanço Líquido, Ganho e Perda) das Mesorregiões da Área de Estudo.

Para além das informações observadas, verificou-se do ponto de vista espacial que as mesorregiões Centro-Sul baiano (CSBA), Norte de Minas (NM) e Vale do São Francisco da Bahia (VSFBA) responderam para ambos os mapeamentos pelas maiores

áreas (km²) de FED, com parcelas superiores a 65% dos valores totais de FED identificados. Esse fato particularmente denota um padrão claro observado de localização das áreas de floresta estacional decidual, as quais estão distribuídas predominantemente em direção longitudinal, nas circunjabências do vale do São Francisco. Essa dinâmica de localização avaliada é precisamente de relevo, haja vista que tais áreas consistem no limite de interseção entre os biomas caatinga e cerrado, e dada a proximidade das características biofísicas entre as caatingas e FEDs, o fato descrito contribui para ilustrar de forma efetiva parte dos problemas de discriminação observado nas etapas metodológicas.

Em vista das informações apresentadas, constatou-se que as classes dos mapeamentos de Uso e Cobertura do Solo de 2007 e 2016 apontaram clara tendência de domínio dos ganhos sobre as perdas, implicando nos balanços positivos observados. Além disso, verificou-se que as classes Pastagem, Queimadas e Culturas, as quais constituem os usos antrópicos mais expressivos da área de estudo tiveram papel extremamente importante nas perdas e ganhos identificados. No caso particular da classe Outras Vegetações, notificou-se que apesar do domínio das Pastagens sobre as perdas e ganhos, as queimadas e culturas responderam por parcela do fenômeno. Tal fato, diferentemente não fora constatado para as áreas particulares de Florestas Estacionais Deciduais. Conforme bem se observou, as Queimadas e Culturas apresentaram dinâmica localização muito restritivas nas mesorregiões Norte de Minas, Oeste da Bahia e Sudeste do Piauí. A referida situação corroborou decisivamente para os resultados atingidos, fazendo tais classes terem influência decerto clara sobre a classe Outras Vegetações. As Florestas Estacionais Deciduais registraram dinâmica de localização claramente distintas das duas classes mencionadas e por tal fato, as Pastagens acabaram se apresentando como a classe mais influente sobre as perdas e ganhos.

CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista das proposições realizadas para essa pesquisa e dos resultados finais alcançados, alguns aspectos não de ser reiterados dada sua relevância contextual. Sendo assim, importante assinalar antes de tudo que as análises direcionadas às Florestas Estacionais Deciduais brasileiras circunscritas no plano dessa pesquisa está em função do contexto peculiar associado a esse tipo de vegetação. Em consonância com as informações observadas, as FEDs constituem uma das formações florestais menos expressivas do território brasileiro, cuja distribuição se faz na forma de disjunções. Nesse contexto, as florestas deciduais do território brasileiro apresentam-se de forma diferenciada por estar situadas predominantemente em biomas não florestados (Caatinga e Cerrado) e tal circunstância corrobora decisivamente para dificultar sua concreta identificação, haja vista que parte de suas características estruturais e climáticos-edáficas sejam observadas muito similarmente em outros tipos de formações. Portanto, os mapeamentos de Uso e Cobertura do Solo desenvolvidos para os anos de 2007 e 2016 pretenderam contribuir genuinamente para a efetiva identificação das áreas de florestas deciduais, e por tal propositividade, servir de subsídio indireto para quaisquer políticas com finalidade de sua conservação.

No que concerne aos aspectos metodológicos, o estudo concretizado sublinha particularmente a importância do pacote de imagens do sensor MODIS (satélite TERRA) utilizado, dada suas propriedades temporais e nível de processamento, os quais somaram definitivamente para a execução do estudo. Tal fato há de ser observado, haja vista que as dimensões do perímetro analisado são relativamente extensivas e a utilização de outros produtos orbitais, tal como a série Landsat, seria um fator que alongaria o tempo de processamento e tornariam certos procedimentos operacionais inexecutáveis. De outro modo, é ainda relevante assinalar que dada as características biofísicas e conseqüentemente espectrais dos usos identificados, o emprego isolado dos comprimentos de onda do vermelho, infravermelhos próximo e médio apresentaram ampla utilidade no processo de discriminação espectral das matrizes solo-vegetação. No entanto, dada a não objetividade exclusiva de análise espectral do presente trabalho, pesquisas posteriores dessa natureza são efetivamente bem-vindas, a julgar decisivamente pelos desafios e lacunas observados no âmbito dessa pesquisa, tal como a discriminação das áreas de Pastagens-FEDs-Caatinga, os quais se apresentam de fato conflitantes em termos espectrais.

Por fim, os resultados pertinentes as análises de generalização cartográfica permitiram ilustrar a incoerência atrelada ao emprego de mapeamentos de pequena escala tal como o mapeamento da vegetação brasileira do IBGE como paramétricos na aplicação de legislação de caráter conservacionista, deixando claro a necessidade de buscar mapeamentos que melhor aproximem da verdade terrestre, cabendo ainda ressaltar que as inconsistências observadas na análise comparativa MODIS-IBGE representam, em virtude do fator escala, áreas em que a aplicação da legislação potencialmente é falha. De outro modo, em termos de mudança de uso e cobertura do solo, a análise conjugada 2007-2016 apontou nítida tendência de predomínio dos ganhos sobre as perdas no que se refere às áreas de vegetação; justificando, portanto, os balanços líquidos positivos contabilizados para as classes Outras Vegetações e FEDs. No entanto, dada às características particulares pertinentes às Florestas Estacionais Deciduais e, de outro modo, às limitações metodológicas observados, a pesquisa corrente finaliza sobre a ideia de estimular a execução de futuros trabalhos, com proposição particular de superar os desafios postos, os quais certamente terão influências positivas sobre a concreta identificação das áreas de florestas deciduais e consequentemente corroborando para sua eventual conservação.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, L. O. **Classificação e Monitoramento da Cobertura Vegetal do estado do Mato Grosso Utilizando Dados Multitemporais do Sensor MODIS**. 2004. 247p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos, 2004. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/pgsere/Anderson-L-O-A-2004/publicacao.pdf>>. Acesso em fevereiro de 2016.

ANDERSON, L. O.; LATORRE, M. L.; SHIMABUKU, Y. E.; ARAI, E.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. de. **Sensor MODIS: uma abordagem geral**. São José dos Campos: INPE, 2003.

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) **Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation**. Version 1.0, 97p. 2002. Disponível em: <ftp://ftp.funceme.br/Cospar_Funceme_2010/CLASS_DAY_04.11.2010/LAB/quixere/quixere/Final%20Sebal%20Manual.pdf>. Acesso em dezembro de 2015.

BARROS, A. **Botânica**. 14^a ed. São Paulo: NOBEL, 1968.

BEARD, J. S. The Physiognomic Approach. *In*: WHITTAKER, R. W. **Classification of Plant Communities**. Springer Netherlands, 1980. P. 33-64.

BRASIL. **Lei 11.428 de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/11428.htm>. Acesso em janeiro de 2016.

_____, **Decreto nº 6.660, de 21 de novembro de 2008**. Regulamenta os dispositivos da Lei nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6660.htm>. Acesso em janeiro de 2016.

CAPRA, F. **A Teia da Vida**. São Paulo: Cultrix, 1999.

CARVALHO, L. M. T.; SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, L. T.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; CAVALCANTI, H. C.; VARGAS FILHO, R. Procedimentos para Mapeamento. *In*: SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T. (Ed.). **Mapeamento e Inventário da Flora e dos Reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: Editora UFLA, 2006. cap. 2, p.37-57. Disponível em: <<http://www.inventarioflorestal.mg.gov.br/publicacoes/atlas/capitulo02.pdf>>. Acesso em fevereiro de 2016.

CLEMENTS, F. E. The Units of Vegetation: Historical Summary. *In*: CLEMENTS, F. E. **Plant Succession and Indicators**. New York city: The H.W. Wilson Company, 1928. P. 117-125.

CLEMENTS, F. E.; SHELFORD, V. E. Community Function – The dynamics of Biotic Formations. *In*: CLEMENTS, F. E.; SHELFORD, V. E. **Bio-ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1939. P. 20-67.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practice**. Taylor & Francis Group: New York, 2008.

COURA, S. M. C. **Mapeamento de Vegetação do Estado de Minas Gerais Utilizando Dados MODIS**. 2006. 129p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos, 2006. Disponível em:<<http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/12.21.13.36/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em fevereiro de 2016.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM/ Serviço Geológico do Brasil. **Informações Projeto RADAMBRASIL**. 2017. Disponível em:<<http://www.cprm.gov.br/publique/Geologia/Sensoriamento-Remoto-e-Geofisica/RADAM-D-628.html>>. Acesso em janeiro de 2017.

DAJOZ, R. **Ecologia Geral**. 3. Ed. Petrópolis-RJ: Vozes, 1978.

DI GREGORIO, A.; JANSEN, L. J. M. **Land Cover Classification System (LCCS): Classification concepts and User Manual, for software version 1**. Italy: Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO/UN), 2005. Disponível em:<[https://www.researchgate.net/profile/Louisa_Jansen/publication/229839605_Land_Cover_Classification_System_\(LCCS\)_Classification_Concepts_and_User_Manual/links/00b495254fdbd18a02000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Louisa_Jansen/publication/229839605_Land_Cover_Classification_System_(LCCS)_Classification_Concepts_and_User_Manual/links/00b495254fdbd18a02000000.pdf)>. Acesso em fevereiro de 2016.

ELLENBERG, H.; MÜLLER-DOMBOIS, D. **Tentative Physiognomic-Ecological classification of plant formations of Earth**. 1967. Disponível em:<<http://www.e-periodica.ch/cntmng?var=true&pid=bgi-002:1965-1966:37::129>>. Acesso em junho de 2016.

_____, **Vegetation Types: a consideration of available methods and their suitability for various purposes**. 1974. Disponível em:<<http://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/handle/10125/29130/49.pdf?sequence=1>>. Acesso em junho de 2016.

EMBRAPA relevo. **Produto altimétrico Missão SRTM**. Disponível em:<<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/>>. Acesso em novembro de 2015.

ESPÍRITO-SANTO, M. M.; LEITE, L. O.; NEVES, F. S.; NUNES, Y. R. F.; BORGES, M. A. Z.; FALCÃO, L. A. D.; PEZZINI, F. F.; BARBARA, R. L.; VALÉRIO, H. M.; FERNANDES, G. W.; LEITE, M. R.; CLEMENTE, C. M. S.; LEITE, M. E. Tropical Dry Forest of Northern Minas Gerais, Brasil: diversity, conservation, status and natural regeneration. *In*: SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; POWERS, J. S.; FERNANDES, G. W.; QUESADA, M. (editors). **Tropical Dry Forest in America: Ecology, conservation and management**. 2013. P. 69-82.

ENVI 4.1. **ENVI User's Guide**. 2004. Disponível em:<http://aviris.gl.fcen.uba.ar/Curso_SR/biblio_sr/ENVI_userguid.pdf>. Acesso em junho de 2016.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates and consequences. **Conservation Biology**, 2005. v. 9, n. 3, p. 680-688. Disponível em:<http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Preprints/2005/Cons%20Biol-Amazon%20deforestation%20-%20FINAL.htm>. Acesso em fevereiro de 2016.

FERREIRA, M. E. **Análise do Modelo Linear de Mistura Espectral na Discriminação de Fitofisionomias do Parque Nacional de Brasília (Bioma Cerrado)**. 2003. 99p. Dissertação (Mestrado em Geologia). Universidade de Brasília. Brasília/DF, 2006. Disponível em:<<https://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/index.php/component/jdownloads/download/6-dissertacao/654-analise-do-modelo-linear-de-mistura-espectral-na-discriminacao-de-fitofisionomias-do-parque-nacional-de-brasilia-bioma-cerrado>>. Acesso em fevereiro de 2016

FERRI, M. G.; NANUZA, L. M.; MONTEIRO, W. R, **Glossário Ilustrado de Botânica**. São Paulo: Nobel, 1981.

FIGUEIRÓ, A. S. **Biogeografia: dinâmicas e transformações da natureza**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015

FITZ, P. R. **Cartografia Básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008

Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO/UN). **Global Forest Resources Assessment 2010: main report**. FAO Forestry Paper. Disponível em:<<http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf>>. Acesso em fevereiro de 2016.

Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2012-2013 Relatório Técnico**.2014. Disponível em:<http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas_2012-2013_relatorio_tecnico_2014.pdf>. Acesso em fevereiro de 2016.

GENTRY, A. Diversity and floristic composition of Neotropical dry forests. *In*: BULLOCK, S. H.; MOONEY, H. A.; MEDINA, E. **Seasonally Dry Tropical Forests**. Cambridge University Press, Cambridge. 1995. p. 146-194.

HUETE, A. R.; DIDAN, K.; VAN LEEUWEN, W.; MIURA, T.; GLENN, E. MODIS Vegetation Indices. *In*: RAMACHANDRAN, B.; JUSTICE, C. O.; ABRANS, M. J. (eds). **Land Remote Sensing and Global Environmental Change, Remote Sensing and Digital Image Processing**. 2010. p. 579-601.

HUETE, A. R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**. v. 25. P. 295-309, 1988. Disponível em:<https://www.researchgate.net/profile/Alfredo_Huete/publication/220040775_A_Soil-Adjusted_Vegetation_Index_%28SAVI%29/links/0f31753242c82db9df000000.pdf> Acesso em dezembro de 2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil, Primeira Aproximação.** 2004. Disponível em <ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/>. Acesso em fevereiro de 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Base Cartográfica Vegetação.** 2006a. Disponível em <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em fevereiro de 2016.

_____, **Base Cartográfica Biomas, Primeira Aproximação.** 2006b. Disponível em <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em fevereiro de 2016.

_____, **Estimativa da População Brasileira 2016 (Diário Oficial da União).** 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2016/estimativa_dou.shtm>. Acesso em novembro de 2016.

_____, **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** 1. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=223267>>. Acesso em janeiro de 2016

_____, **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=263011>>. Acesso em janeiro de 2016

_____, **Manual Técnico de Uso da Terra.** 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=281615>>. Acesso em janeiro de 2016.

_____, **Mapa da Vegetação Brasileira (1ª Edição).** Rio de Janeiro: IBGE, 1988. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=66105>>. Acesso em junho de 2016.

_____, **Mapa da Vegetação Brasileira (2ª Edição).** Rio de Janeiro: IBGE, 1993. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=66099>>. Acesso em junho de 2016.

_____, **Mapa da Vegetação Brasileira (3ª Edição).** Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=66086>>. Acesso em junho de 2016.

JANZEN, D. H. Tropical dry forests. The Most endangered Major Tropical Ecosystem. **Biodiversity** (ed. by E. O. Wilson), p. 130–137, 1988. National Academy Press, Washington D.C.

JOLY, C.A.; AIDAR, M.P.M.; KLINK, C.A.; McGRATH, D.G.; MOREIRA, A. G.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D.C.; OLIVEIRA, A. A.; POTT, A.9; RODAL, M.J.N.; SAMPAIO, E.V.S.B. Evolution of the Brazilian phytogeography classification systems:

implications for biodiversity conservation. **Ciência e Cultura**. v. 51, n. 5/6, p. 331-348, 1999. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Joly >. Acesso em novembro de 2016

JUSTICE, C. O.; TOWNSHED, J. R. C.; VERMOTE, E. F.; MASUOKA, E.; WOLFE, R. E.; SALEOUS, N.; ROY, D. P.; MORISETTE, J. T. An Overview of MODIS Land Data Processing and Product Status. **Remote Sensing of Environment**. 83, p. 3-15. 2002.

KÜCHLER, A. W. The relation between classifying and mapping vegetation. **Ecology: Ecological Society of America**. V. 32, n. 2, p. 275-283. 1951. Disponível em: < <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/1930419/epdf> >. Acesso em novembro de 2016.

_____, Historical Sketch. *In*: KÜCHLER, A. W.; ZONNEVELD, I. S. **Vegetation Mapping**. Handbook of Vegetation Mapping. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 1988a. P. 3-11. Disponível em: < <https://books.google.com.br> >. Acesso em dezembro de 2016.

_____, The Nature of Vegetation. *In*: KÜCHLER, A. W.; ZONNEVELD, I. S. **Vegetation Mapping**. Handbook of Vegetation Mapping. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 1988b. P. 13-23. Disponível em: < <https://books.google.com.br> >. Acesso em dezembro de 2016.

Land Processes Distributed Active Archive Center – LP DAAC/ USGS. **Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250m Characteristics**. 2014. Disponível em: < https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table/mod13q1 >. Acesso em junho de 2016.

LINARES-PALOMINO, R. Los Bosques Tropicales Estacionalmente Secos. I. El concepto de los Bosques Secos em el Perú, **Arnaldoa**, 11, 85, 2004.

LINARES-PALOMINO, R. Phytogeography and Floristics of Seasonally Dry Tropical Forest in Peru. *In*: PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. **Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests**. Boca Raton: CRC/Taylor & Francis, 2006. p. 257-279.

LINARES-PALOMINO, R.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; PENNINGTON, R. T. Neotropical Seasonally Dry Forests: Diversity, Endemism, and Biogeography of Wood Plants. *In*: DIRZO, R.; YOUNG, H. S.; MOONEY, H. A.; CEBALLOS, G. **Seasonally Dry Tropical Forests**. Island Press/Center for Resource Economics, 2011. p. 3-21.

LIESENBERG, V.; PONZONI, F. J.; GALVÃO, L. S. Análise da Dinâmica Sazonal e Separabilidade Espectral de algumas fitofisionomias do Cerrado com índices de vegetação dos Sensores MODIS/TERRA e AQUA. **Revista Árvore**. v. 31, n. 2, p. 295-305. 2007.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: Editora UnB, 2012. Disponível em: < <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/L5TMLUTIEEE2003.pdf> >. Acesso em junho de 2016.

MILES, L.; NEWTON, A.; DeFRIES, R.; RAVILIOUS, C.; MAY, I.; BLYTH, S.; KAPOV, V.; GORDON, J. A Global Overview of the Conservation Status of Tropical Dry Forests. **Journal of Biogeography**, 33, 2006. p. 491-505.

Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Base Cartográfica (vetorial) Área de Aplicação da Lei nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006**. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica/mapa-da-area-de-aplicacao>>. Acesso em fevereiro de 2016.

MYNENI, R. B.; HALL, F. G.; SELLERS, P. J.; MARSHAK, A. L. The Interpretation of Spectral Vegetation Indexes. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**. V. 33, n. 2, p. 481-486. 1995.

MOONEY, H. A.; BULLOCK, S. H.; MEDINA, E. Introduction. *In*: BULLOCK, S. H.; MOONEY, H. A.; MEDINA, E. **Seasonally Dry Tropical Forests**. Cambridge University Press, Cambridge, 1995. p. 1-7.

MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Ecology of Tropical Dry Forests. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v. 17. P. 67-88. 1986.

MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Dry forests of Central America and the Caribbean. *In*: BULLOCK, S.H.; MOONEY, H.A.; MEDINA, E. **Seasonally Dry Tropical Forests**. Cambridge University Press, Cambridge. 1995. p. 9-34

ODUM, E. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013

OLIVEIRA, C. **Curso de Cartografia Moderna**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; JARENKOW, J. A.; RODAL, M. J. Floristic Relationships of Seasonally Dry Forests of Eastern South America Based on Tree Species Distribution Patterns. *In*: PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. **Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests**. Boca Raton: CRC/Taylor & Francis, 2006. p. 159-192

OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D.; BURGESS, N. D.; POWELL, G. V. N.; UNDERWOOD, E. C.; D'AMICO, J. A.; ITOUA, I.; STRAND, H. E.; MORRISON, J. C.; LOUCKS, C. J.; ALLNUTT, T. F.; RICKETTS, T. H.; KURA, Y.; LAMOREUX, J. F.; WETTENGEL, W. W.; HEDAO, P.; KASSEM, K. R. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on earth. **BioScience**, 51, 2001. p. 933-938.

OTUKEI, J. R.; BLASCHKE, T. Land cover change assessment using decisions trees, support vector machines and maximum likelihood classification algorithms. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. p. 27-31, 2010. Disponível em:<http://ispace.researchstudio.at/sites/ispace.researchstudio.at/files/2010_otukei_blaschke_final.pdf>. Acesso em dezembro de 2015.

PARKINSON, C. L.; WARD, A.; KING, M. D. **Earth Science Reference Book: a guide to NASA's earth science program and earth observing satellite missions**. National Aeronautics and Spatial Administration – NASA, 2006.

PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. An Overview of Plant Diversity, Biogeography and Conservation of Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests. *In*: PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. **Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests**. Boca Raton: CRC/Taylor & Francis, 2006. p. 1-29.

PENNINGTON, R. T.; PRADO, D. E.; PENDRY, C. A. Neotropical Seasonally Dry Forests and Quaternary Vegetation Changes. **Journal of Biogeography**, 27, 2000. p. 261-273.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURU, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

PORTIOLLO-QUINTERO, C. A.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A. Extent and Conservation of Tropical Dry Forests in the Americas. **Biological Conservation**. v. 143, n. 1, p. 144-155. 2010

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de. **Cerrado: Ambiente e Flora**. Brasília: EMBRAPA, 1988.

RICHARDS, J. A. Sources and Characteristics of Remote Sensing Data. *In*: RICHARDS, J. A. **Remote Sensing Digital Image Analysis: an introduction**. 5. ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. p.1-26.

RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7. ed. Uberlândia: Editora UFU, 2009.

ROUSE Jr, J. W. HAAS, R. H. SCHELL, J. A. DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *In*: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., Washington. **Proceedings**. V.1. sec. A, p. 309-317. 1973.

SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; QUESADA, M.; RODRÍGUEZ, J. P.; NASSAR, J. M.; STONER, K. E.; CASTILLO, A.; GARVIN, T.; ZENT, E. L.; CALVO-ALVARADO, J. C.; KALACSKA, M. E. R.; FAJARDO, L.; GAMON, J. A.; CUEVAS-REYES, P. Research Priorities for Neotropical Dry Forests. **Biotropica**, 37, p. 477-485, 2005.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. **Mapeamento da Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/files/574/15445589.pdf>>. Acesso em março de 2016.

SWAINE, M. D. Characteristics of Dry Forests in West Africa and the Influence of Fire. **Journal of Vegetation Science**, 3, 1992. p. 365-374.

TROPPEMAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. 2. ed. Rio Claro: EMBRAPA, 1987.

TULER, M.; SARAIVA, S. **Fundamentos de Geodésia e Cartografia**. Porto Alegre: Bookman, 2016

United States Geological Survey (USGS) – EarthExplorer. **Imagens satélite Terra (Sensor MODIS)**. Disponível em:<<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em fevereiro de 2016.

United States Geological Survey (USGS). **Landsat Missions Timeline**. 2016. Disponível em:<<https://landsat.usgs.gov/landsat-missions-timeline>>. Acesso janeiro de 2017.

VERMOTE, E. F.; ROGER, J. C.; RAY, J. P. **MODIS Surface Reflectance User's Guide – MODIS Land Surface Reflectance Science Computing Facility**. Version 1.4. 2015.

VELOSO, H. P.; GÓES-FILHO, L. **Fitogeografia brasileira: classificação fisionômico-ecológica da Vegetação Neotropical**. Salvador: Projeto RADAMBRASIL, 1982. 86 p. (Boletim técnico. Vegetação, n. 1).

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptado a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. Disponível em:<<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/classificacaovegetal.pdf>>. Acesso em junho de 2016.

WHITTAKER, R. W. Approaches to Classifying Vegetation. *In*: WHITTAKER, R. W. **Classification of Plant Communities**. Springer Netherlands, 1980. P. 01-31.

ZHA, Y.; GAO, J.; NI, S. Use of Normalized Difference Build-up Index in automatically mapping urban areas from TM imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 23, 2003. p. 583-594.