Mercator, Fortaleza, v.19 , e19022, 2020. ISSN:1984-2201

MONITORAMENTO DA FLORESTA ESTACIONAL BRASILEIRA POR SENSORIAMENTO REMOTO

https://doi.org/10.4215/rm2020.e19022

Andre Medeiros Rocha [a*] - Marcos Esdras Leite [b] - Mário Marcos do Espírito-Santo [c]

(a) Doutorando em Geografia. Universidade de São Paulo, São Paulo (SP), Brasil.
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0932-0054. **LATTES:** http://lattes.cnpq.br/5936694406763648.
(b) Doutor em Geografia. Professor da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), Montes Claros (MG), Brasil.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9020-6445. **LATTES:** http://lattes.cnpq.br/0392398629237265.
(c) Doutor em Geografia. Professor da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), Montes Claros (MG), Brasil.
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8274-3075. **LATTES:** http://lattes.cnpq.br/4729369071070005.

Article history:
Received 15 June, 2020
Accepted 04 August, 2020
Publisher 15 September, 2020

(*) CORRESPONDING AUTHOR
Address: Avenida Professor Lineu Prestes, 338, CEP: 05508000, São Paulo (SP), Brasil. Tel.: (+55 11) 94662-2246.
E-mail: andremedeiros197@gmail.com

Resumo

Dentre as várias características que o território brasileiro dispõe, uma precisamente se sobressai: o país contempla a segunda maior reserva florestal do planeta, respondendo por aproximadamente 10% do cômputo total das formações florestais globais. Nesse Cenário, as Florestas Estacionais Deciduais (FED) constituem o segundo tipo florestal menos expressivo no Brasil, estando situadas predominantemente em biomas não-florestados, tal como Cerrado e Caatinga. Dessa Forma, sua conservação apoia-se fundamentalmente na sua correta identificação, o qual se torna difícil, uma vez que as áreas de FED são geralmente classificadas como outros tipos de vegetação. Logo, a pesquisa corrente objetivou realizar o monitoramento do Uso e Cobertura do Solo para os anos de 2007 e 2016 da faixa contínua Norte de Minas Gerais - Sul do Piauí, com finalidade de diagnosticar a situação atual das florestas deciduais brasileiras e verificar os principais agentes que afetam seu desmatamento e regeneração. Como resultante, o estudo constatou que o incremento significativo das áreas de cultivos e a mobilidade espacial dos pastos contribuíram determinantemente para as alterações apresentadas pelas formações vegetais. No Entanto, tais drivers desempenharam papeis diferenciados nas perdas/ganhos. Em especial, concluiu-se que as mudanças a qual as florestas deciduais perpassaram foram explicadas particularmente pela pastagem. Os demais tipos de vegetação foram impactados igualmente por esta classe, mas com participação mais incisiva das culturas.

Palavras-chave: Mapeamento, Florestas Deciduais, Sensoriamento Remoto, SIG.

Abstract / Resumen

MONITORING OF THE BRAZILIAN STATION FOREST BY REMOTE SENSING

Among the various characteristics of the Brazilian territory, one is foremost: the country has the second largest forest reserve on the planet, accounting for approximately 10% of the total recorded global forest formations. In this scenario, seasonally dry tropical forests (SDTF) are the second smallest forest type in Brazil, located predominantly in non-forested biomes, such as the Cerrado and Caatinga. Consequently, correct identification is fundamental to their conservation, which is hampered as SDTF areas are generally classified as other types of vegetation. Therefore, this research aimed to monitor the Land Use and Coverage in 2007 and 2016 in the continuous strip from the North of Minas Gerais to the South of Piauí, to diagnose the current situation of Brazilian deciduous forests and verify the chief agents that affect its deforestation and regeneration. Our findings were that the significant increase in cultivated areas and the spatial mobility of pastures contributed decisively to the changes presented by plant formations. However, these drivers played different roles in the losses/gains. In particular, it was concluded that the changes occurring to deciduous forests are particularly explained by pastured areas. The other vegetation types were equally impacted by this class, but with a more incisive participation of cultivation.

Keywords: Mapping, Tropical Dry Forests, Remote Sensing, GIS.

SEGUIMIENTO DEL BOSQUE DE LA ESTACIÓN BRASILEÑA POR SENSIÓN REMOTA

Entre las diversas características que el territorio brasileño dispone, una precisamente se destaca: el país contempla la segunda mayor reserva forestal del planeta, respondiendo por aproximadamente el 10% del cómputo total de las formaciones forestales globales. En este escenario, los Bosques Estacionales Deciduales (BED) constituyen el segundo tipo forestal menos expresivo en Brasil, estando situadas predominantemente en biomas no florestados, tal como Cerrado y Caatinga. Sendo así, su conservación debe apoyarse fundamentalmente en su correcta identificación, lo cual se vuelve difícil, ya que las áreas de BED son generalmente clasificadas como otros tipos de vegetación. Logo, la investigación actual tuvo como objetivo realizar el seguimiento del uso y cobertura de la tierra para los años 2007 y 2016 de la banda continua Norte de Minas Gerais - Sur del Piauí, con el fin de diagnosticar la situación actual de los bosques deciduales brasileños y verificar los principales agentes que afectan su deforestación y regeneración. El estudio constató que el incremento significativo de las áreas de cultivos y la movilidad espacial de los pastos contribuyeron determinantemente a las alteraciones presentadas por las formaciones vegetales. Sin embargo, tales controladores desempeñaron papeles diferenciados en las pérdidas/ganancias. Especialmente, se concluyó que los cambios en los bosques han sido explicados particularmente por los pastos. Los demás tipos de vegetaciones fueron impactados igualmente por esta clase, pero con participación más incisiva de las culturas.

Palabras-clave: Cartografía, Bosques Deciduales, Percepción Remota, SIG.

This is an open access article under the CC BY Creative Commons license
Copyright © 2020, Universidade Federal do Ceará.

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. 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 são adequadas, pois 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. Nesse âmbito, a Mata Atlântica, particularmente se destaca, haja vista que o referido bioma se destaca por apresentar maior percentual de vegetação secundária ou em regeneração dos biomas brasileiros (IBGE, 2006a; IBGE, 2006b), contabilizando, aproximadamente 80% de sua totalidade. Além disso, o Relatório Técnico Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica período 2012-2013 aponta para existência tão-somente de 12,5% de remanescentes florestais na Mata Atlântica (SOS Mata Atlântica/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 para os anos de 2007 e 2016 da faixa contínua de Floresta Estacional Decidual que se estende desde o Norte de Minas Gerais - Jequitinhonha até Sul do Piauí, com vista a avaliar a evolução temporal das florestas deciduais, assim como identificar os principais fatores que atuam sobre suas perdas e ganhos. A escolha da referida área justifica-se por estar circunscrita inteiramente na área de aplicação da Lei 11.428 de 2006 (BRASIL, 2006) que dispõe sobre utilização e proteção da vegetação nativa do bioma Mata Atlântica. A fim de se atingir a proposta efetuada, o mapeamento de UCS será realizado por meio da aplicação do Sistema de Informação Geográfica – SIG, em que serão efetuados procedimentos de Processamento Digital de Imagens – PDI. Por ser um procedimento complexo, essa metodologia será descrita na seção deste trabalho que trata dos

materiais e métodos.

REFERENCIAL TEÓRICO

Contrariamente ao observado acerca dos estudos da vegetação que datam desde o início do século XIX (WHITTAKER, 1980), os estudos referentes às Florestas Tropicais Secas (FTS) apresentam-se, majoritariamente restritos a aproximadamente às últimas três décadas. De forma efetiva, Linares-Palomino (2006) atribui a Hueck (1959) 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), Beard (1955) e Holdridge (1967) e mais recentemente Sarmiento (1975), Murphy e Lugo (1986), Gentry (1995), Janzen (1988), Prado (2000), Pennington, Prado e Pendry (2000), Olson et al. (2001), Eva et al. (2002), Linares-Palomino, Pennington e Bridgewater (2003) 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, no que se refere principalmente a sua extensão, Murphy e Lugo (1986) apontam que cerca de 40% da faixa tropical e subtropical terrestre é composta dominantemente 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, demostrando relativa negligência 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 perpassaram 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, 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.

De outro modo, Miles et al. (2006) salienta que a avaliação da conservação das florestas secas perpassa primariamente pelo conhecimento de suas extensões e tal definição está em função de como esse tipo de vegetação é conceituado. 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. 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 trabalho[1].

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 às áreas savânicas, 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 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.

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.

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 como parâmetro de identificação preliminar das áreas Florestas Estacionais Deciduais, 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.

MATERIAIS E MÉTODOS

CARATERIZAÇÃO DA ÁREA

Em vista das proposições estabelecidas, as informações a seguir objetivam esclarecer os aspectos metodológicos fundamentais relativos a pesquisa. Nesse ponto, a Figura 1 apresenta os limites das áreas a serem considerados no escopo desse trabalho. A área de interesse 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 (BRASIL, 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 (AE), 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.

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 1 permite identificar os limites espaciais compreendidos pela área de estudo. Logo, situada entre as coordenadas geográficas de 6º 35' e 18º 44' de latitude S da linha do Equador e 37º 19'

e 46º 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). 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%).

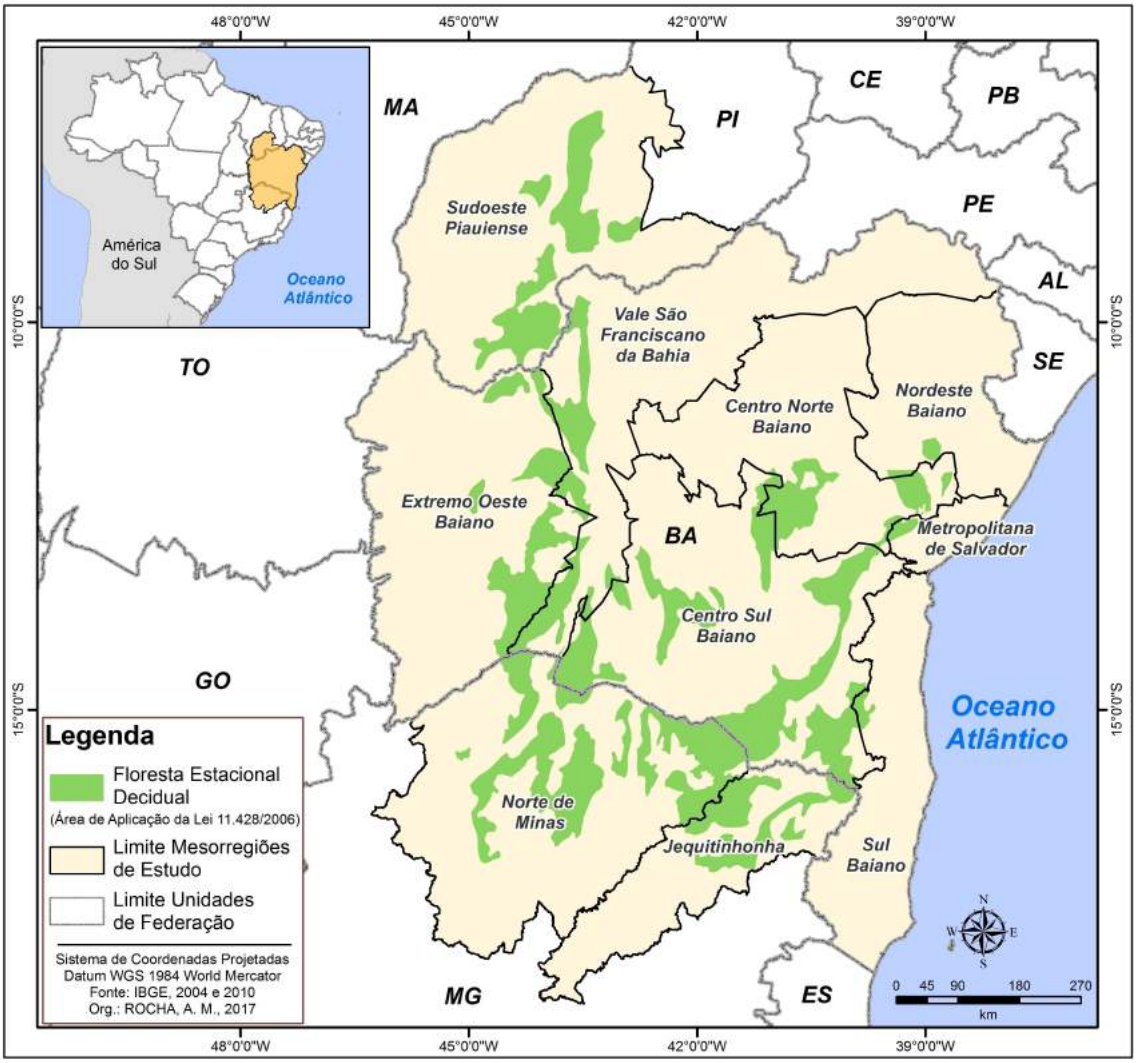


Figura 1- Localização da Área de Estudo

METODOLOGIA

As informações adiante se encontram descritas, com finalidade de apresentação dos pacotes de imagens, procedimentos operacionais e softwares empreendidos no âmbito dessa pesquisa. Consistindo na ETAPA 1, o mapeamento de UCS teve início com a aquisição das imagens de satélite e para tal finalidade, a determinação do pacote de imagens fora efetuada, tomando-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.

Sobre o aspecto descrito, as propriedades derivadas do sensor MODIS residiram essencialmente na resolução temporal (obtenção de imagens a cada 1/2 dias), nível de processamento L3 (correção radiométrica e atmosférica inclusa), tamanho da área imaginada (aproximadamente 1200x1200m) e resolução radiométrica (12bits) (JUSTICE et al., 2002). O produto Landsat contribuiu, por sua vez, por apresentar melhor resolução espacial (30m) e; portanto, ser capaz de permitir a obtenção de informações da superfície com maior nível detalhe, sendo decisivo quando as propriedades MODIS são insuficientes para sua detecção.

Mês	Ano 2007		Ano 2016	
	Data	DJ	Data	DJ
JAN	17-Jan	17	1-jan/ 17-jan	17-Jan
FEV	18-fev	49	2-fev/ 18-fev	33/ 49
MAR	06-Mar	65	05-Mar	65
ABR	23-abr	113	22-abr	113
MAI	25-mai	145	24-mai	145
JUN	10-Jun	161	09-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	6-nov/ 24-no	321/ 329
DEZ	19-dez	353	2-dez/ 18-fev	337/ 353

Tabela 1 - Relação das datas do Pacote de Imagens MOD13Q1 obtidos para os tiles 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. 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 1, 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.

No que concerne às etapas 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 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 AE, com vista à transformação em um único produto raster. Após se elaborar os 12 mosaicos finais, procederam-se com a Reprojeção e Reamostragem. Nesse ponto, os mosaicos foram convertidos para o Sistema de Referência WGS 1984 World Mercator, devido os mesmos serem disponibilizados originalmente na Projeção 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.

Efetuado os procedimentos anteriores, a segunda etapa encerrou com o recorte da área de estudo, a qual compreendeu inteiramente o perímetro de análise (mesorregiões). Tal operação fora realizada com finalidade de padronização da quantidade de linhas e colunas das imagens empreendidas, para que todas tenham ao final mesma estatística de imagem.

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- Mosaico de Inverno - comprimentos de onda do Vermelho (centrado em 645nm) e Infravermelho Próximo (centrado em 859nm) e Mosaico Verão;

2- Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – Normalized Difference Vegetation Index – NDVI (ROUSE et al., 1973) do Mosaico Inverno – Equação 1;

NDVI=(NIR-Red)/(NIR+Red)

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

SAVI=[(NIR-Red)/(NIR+Red+L)]*(1+L)

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

NDBI=(MIR-NIR)/(MIR+NIR)

5- Transformação por Componente Principal - Principal Component Analysis (PCA) do Mosaico Inverno;

Por seu turno, a QUARTA ETAPA compôs-se 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 2); 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). Importante que seja observado que a classe ATE não fora inicialmente proposta como classe de UCS. No entanto, o mapeamento final revelou problemas de discriminação espectral entre as classes Outras Vegetações e/ou FEDs. Por isso, tal classe fora empreendida para representar tais área cuja identificação clara da classe específica não fora possível de realizar. Dessa forma, alcançaram-se sete classes, segundo observado abaixo:

AE	Macro Classes	LULC Classes	Descrição
Área de Estudo	Áreas Naturais	1. Outras Vegetações (OV)	Cerrado
			Floresta Estacional Semidecidual
			Florestas Ombrófilas
			Caatinga
		2. Floresta Estacional Decidual	
		3. Corpos Hídricos (CH)	
	Áreas Antrópicas	4. Cultivos	Silvicultura
			Cultivos
			Projetos de Irrigação
		5. Pastagens/ Solo Exposto	
		6. Urbano	
	7. Áreas de Tensão Ecológica (ATE)		

Tabela 2 - Definição das Classes de Uso e Cobertura do Solo (UCS)

Em vista da relativa extensão da área de estudo e das diferenças espectrais para um mesmo UCS, foram definidas 11 regiões homogêneas (Figura 2) 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).

Para além do exposto, é cabível ressaltar que o estabelecimento de regiões homogêneas se justificou pela relativa extensão do perímetro estudo. Dessa forma, o controle, em termos classificatórios, a efetuado através da Árvore de Decisão foi empreendido por meio de cada região homogênea, possibilitando assim avaliação particular e específica das variadas áreas que compõem o perímetro de estudo.

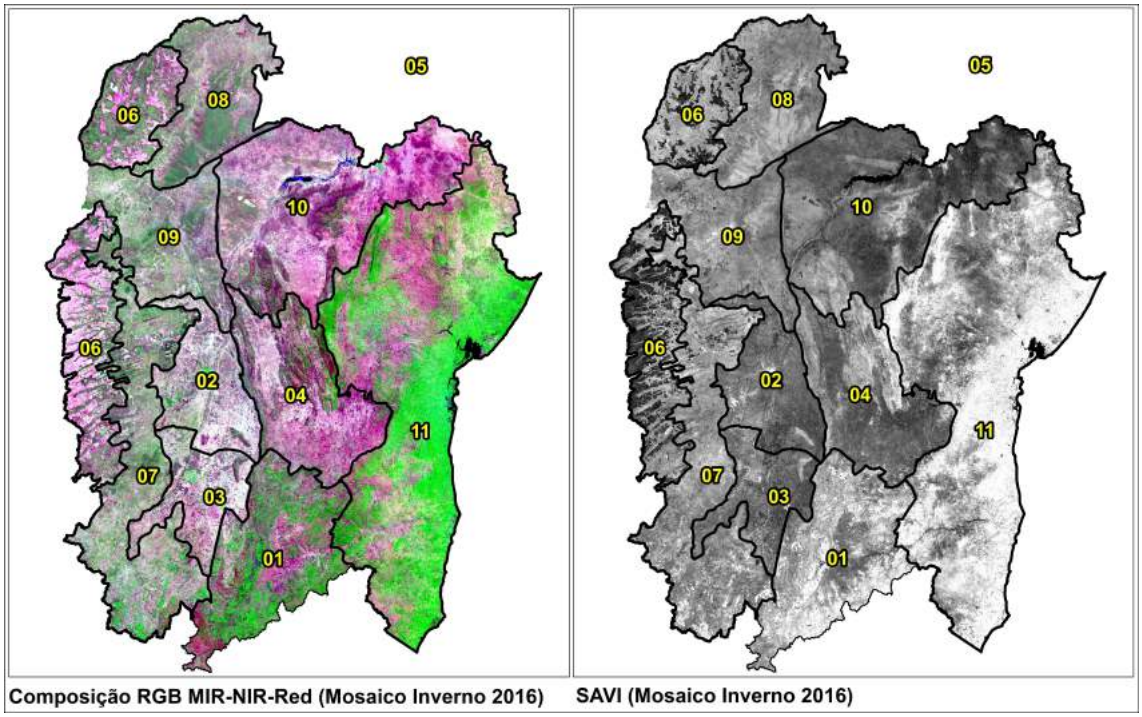


Figura 2 - Fragmentação da Área de Estudo em 11 regiões, segundo características espectrais e topográficas.

A QUINTA ETAPA consistiu propriamente na construção e execução do Classificador Supervisionado Árvore de Decisão. 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.

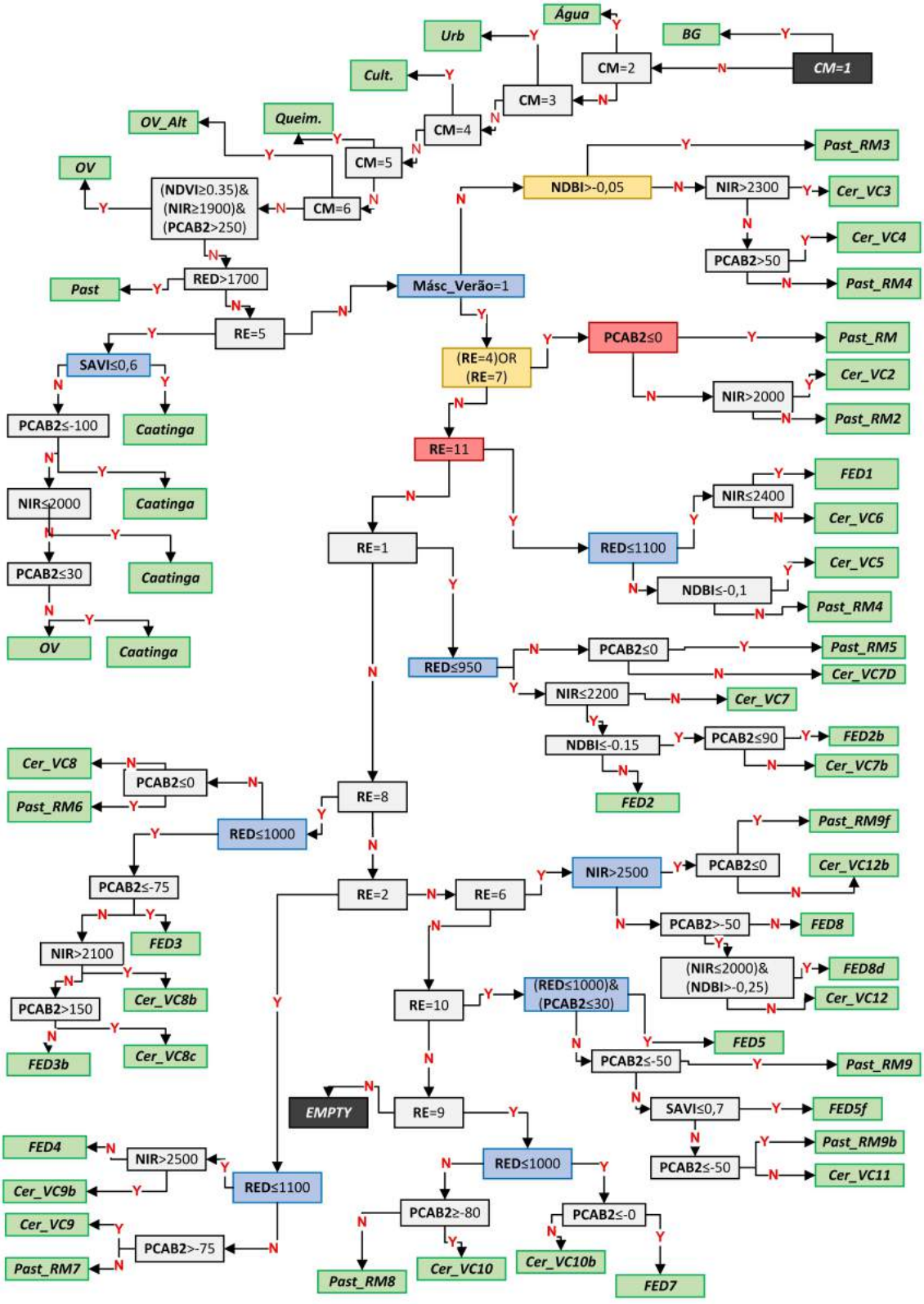


Figura 3 - Árvore de Decisão da Classificação MODIS 2016

A Figura 3 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 são 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.

A SEXTA ETAPA, por sua vez, consistiu na pós-classificação, a qual correspondeu inicialmente a visita em campo nas áreas da Área de Estudo que se apresentam confusas, impossibilitando – assim - discriminação espectral dos alvos.

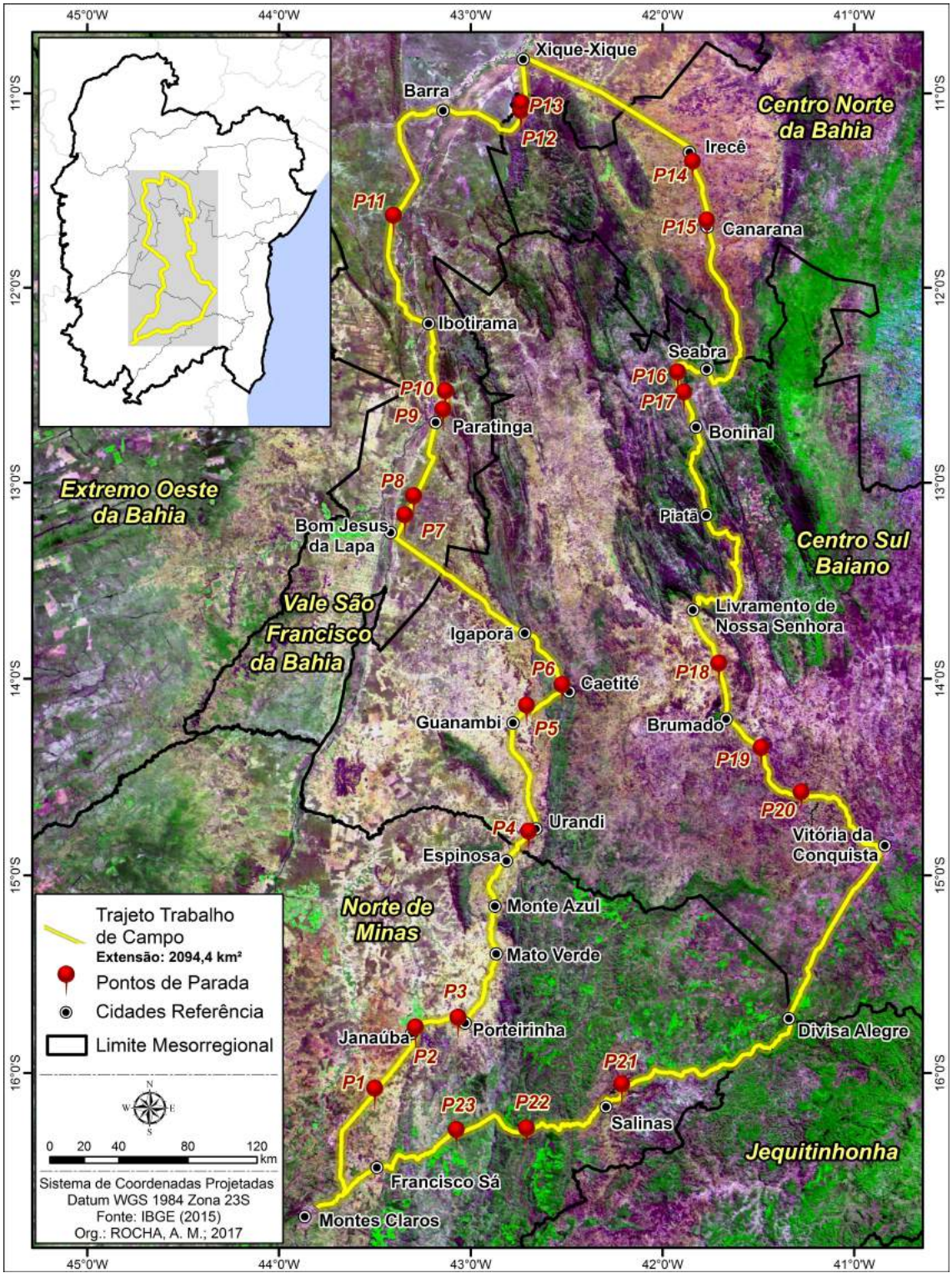


Figura 4 - Roteirização do Trajeto percorrido no Trabalho de Campo.

O trajeto (rodovias) percorrido em campo está esquematizado a partir da figura 4, 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.

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 3 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 3 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).

Classes *Reference Pixels Data*									
Classes UCS	**CH**	**Culturas**	**FED**	**OV**	**Pastagem**	**Urbano**	**Total**	***Commission Error***	***User's Accuracy***
CH	***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%									

Tabela 3 - Matrix de Erro para Classificação do Uso de Cobertura do Solo 2016

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 89,40% e Coeficiente Kappa de 86,79%, 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.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em conformidade com os objetivos estabelecidos no início desse trabalho, os resultados 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 focar nos 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 5 a seguir apresenta a distribuição das classes de Uso e Cobertura do Solo para a AE, 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%.

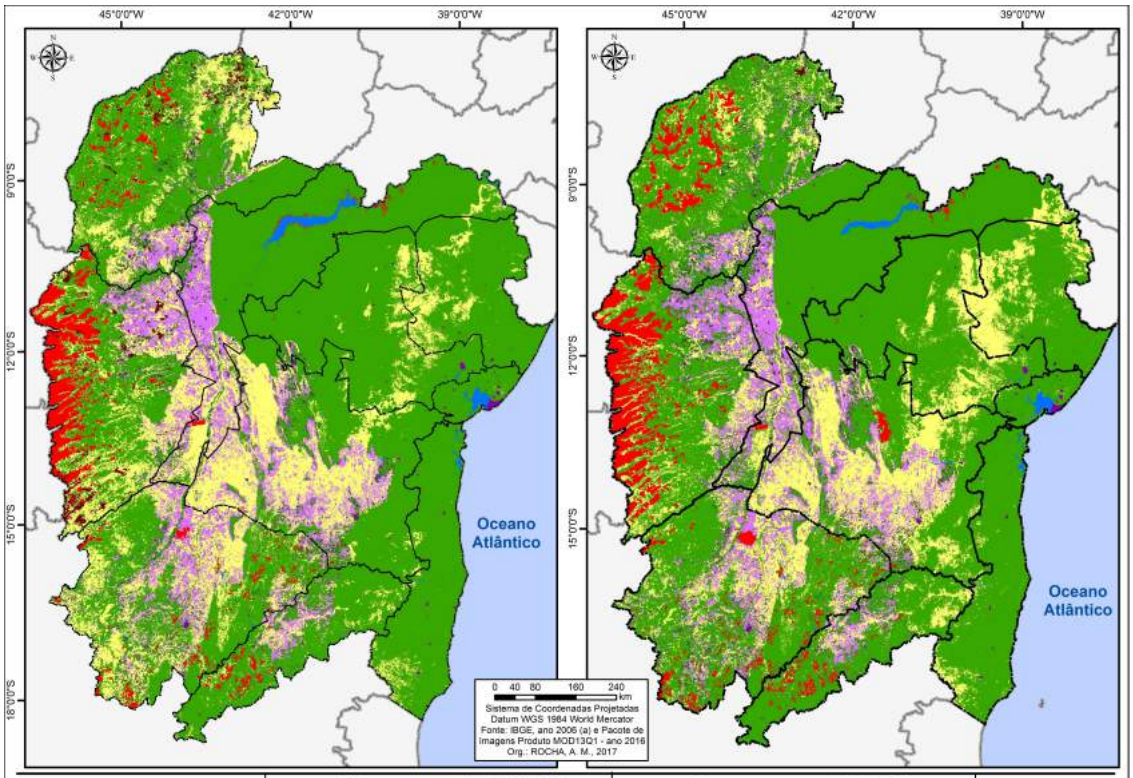
Por sua vez, o mapeamento 2016 registrou proporção dos UCS na área de interesse relativamente similar aos verificados no mapeamento anterior. Sendo assim, as classes Outras Vegetações (571.086,50km²), Pastagens (181.593,0km²) e Florestas Estacionais Deciduais (80.964,31km²) contabilizaram juntamente 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 5, 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 Ecológica 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 (representando mudanças finais inferior a ±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%.

Importante salientar, de forma individual, que a 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 de queimada observado no ano de análise inicial fora mantida. Como resultado, verificou-se que tal classe computou maior mudança de área. Além disso, 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%, em relação ao ano de 2007.



Classes de Uso e Cobertura do Solo - UCS	Mapeamento MODIS (A) Ano 2007			Mapeamento MODIS (B) Ano 2016			BALANÇO LÍQUIDO
	km²	ha (milhões)	%	km²	ha (milhões)	%	km²
ATE	30.231,75	3,02	3,29%	30.231,75	3,02	3,29%	-
Corpos Hídricos	5.881,75	0,59	0,64%	4.518,94	0,45	0,49%	- 1.362,8
Áreas Urbanas	1.749,63	0,17	0,19%	1.731,44	0,17	0,19%	- 18,2
Queimadas	8.104,94	0,81	0,88%	212,69	0,02	0,02%	- 7.892,3
Culturas	32.969,56	3,30	3,59%	47.417,13	4,74	5,17%	+ 14.447,6
Pastagem	200.193,19	20,02	21,81%	181.593,00	18,16	19,79%	- 18.600,2
FED	76.693,25	7,67	8,36%	80.964,31	8,10	8,82%	+ 4.271,1
Outras Vegetações	561.944,81	56,19	61,23%	571.086,50	57,11	62,23%	+ 9.141,7

Figura 5 - Distribuição das Classes de Uso e Cobertura do Solo e Estatística associada para os Anos de 2007 (A) e 2016 (B)

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.

Por seu turno, a tabela 4 apresenta sumarização 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 identificadas 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.

Classes UCS	ATE	Queimadas	CH	Urbano	Culturas	Pastagem	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
Proporção (%) de Interseção Uso 2007	100,0%	1,0%	67,8%	97,4%	82,0%	56,5%	80,8%	88,8%
Proporção (%) de Interseção Uso 2016	100,0%	39,4%	88,2%	98,4%	57,0%	62,3%	76,5%	87,4%
Perda - km²	-0,0	-8.019,6	-1.893,8	-45,8	-5.925,4	-87.135,8	-14.748,6	-62.975,3
% 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
% Ganho (2016)	+0,0%	+60,6%	+11,8%	+1,6%	+43,0%	+37,7%	+23,5%	+12,6%

Tabela 4 -Síntese Estatística, com descrição das Totais mapeados em 2007 e 2016 por classes de UCS e discriminação das Interseções (Áreas Comuns), Perdas e Ganhos

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. 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.

A classe Pastagem, por seu turno, apresentou características similares a classe Queimadas, embora de forma menos agressiva. Com efeito, bem se observa que 113.035,1km² de área 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 Corpos Hídricos, 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 4, 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 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 de pensamento, constata-se diretamente que os demais 43% das áreas identificadas em 2016 constituem incrementos líquidos de áreas de culturas. Sendo assim, torna-se 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 5 (matriz de conversão) a seguir será empreendida para avaliação da dinâmica de

mudança das classes de UCS. 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 pertenciam em 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). Dada a propositividade dessa pesquisa, as avaliações terão foco particularmente sobre as áreas de Outros Vegetações e, de modo mais importante, sobre as Florestas Estacionais Deciduais.

	UCS - 2007								
UCS - 2016	ATE	Queimadas	CH	Urbano	Culturas	Pastagem	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
Queimadas	0.0	83.8	0.0	0.0	0.0	34.3	7.7	86.9	212.7
CH	0.0	0.0	3,985.2	32.2	1.2	159.1	18.1	320.3	4,516.0
Urbano	0.0	0.0	11.0	1,703.8	0.4	6.3	2.0	7.9	1,731.3
Culturas	0.0	1,680.2	11.7	0.3	27,027.1	5,667.8	325.3	12,701.9	47,414.2
Pastagem	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	-0.0	-8,019.6	-1,893.8	-45.8	-5,925.4	-87,135.8	-14,748.6	-62,975.3	
Ganho - km²	+0.0	+128.9	+530.8	+27.5	+20,387.1	+68,545.3	+19,018.4	+72,106.3	

Tabela 5- Matriz de Conversão dos Usos e Cobertura do Solo, entre os anos de 2007 e 2016, em unidades de área (km²)

Exposto tal fato, a classe Outras Vegetações registrou, conforme mencionado, balanço líquido positivo, 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 5, 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 apontou que se tratando particularmente do desmatamento, dos totais de -62.975,3km² perdidos, 79,2% foram explicados exclusivamente pelas 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 notificar, de modo igual, que mais 60% dos ganhos de área das classes Queimadas, Pastagens e Culturas se processaram sobre as áreas de Outras Vegetações e o referido fato há de ser observado com destaque, pois tais circunstâncias não se repetiram sobre as áreas de FEDs, sendo particular a esta classe.

No que se refere às áreas de regeneração da classe OV, a tabela 5 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.

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 (+19.018,4km²), portanto da regeneração, sobre as perdas (-14.748,6km²), dessa forma o desmatamento.

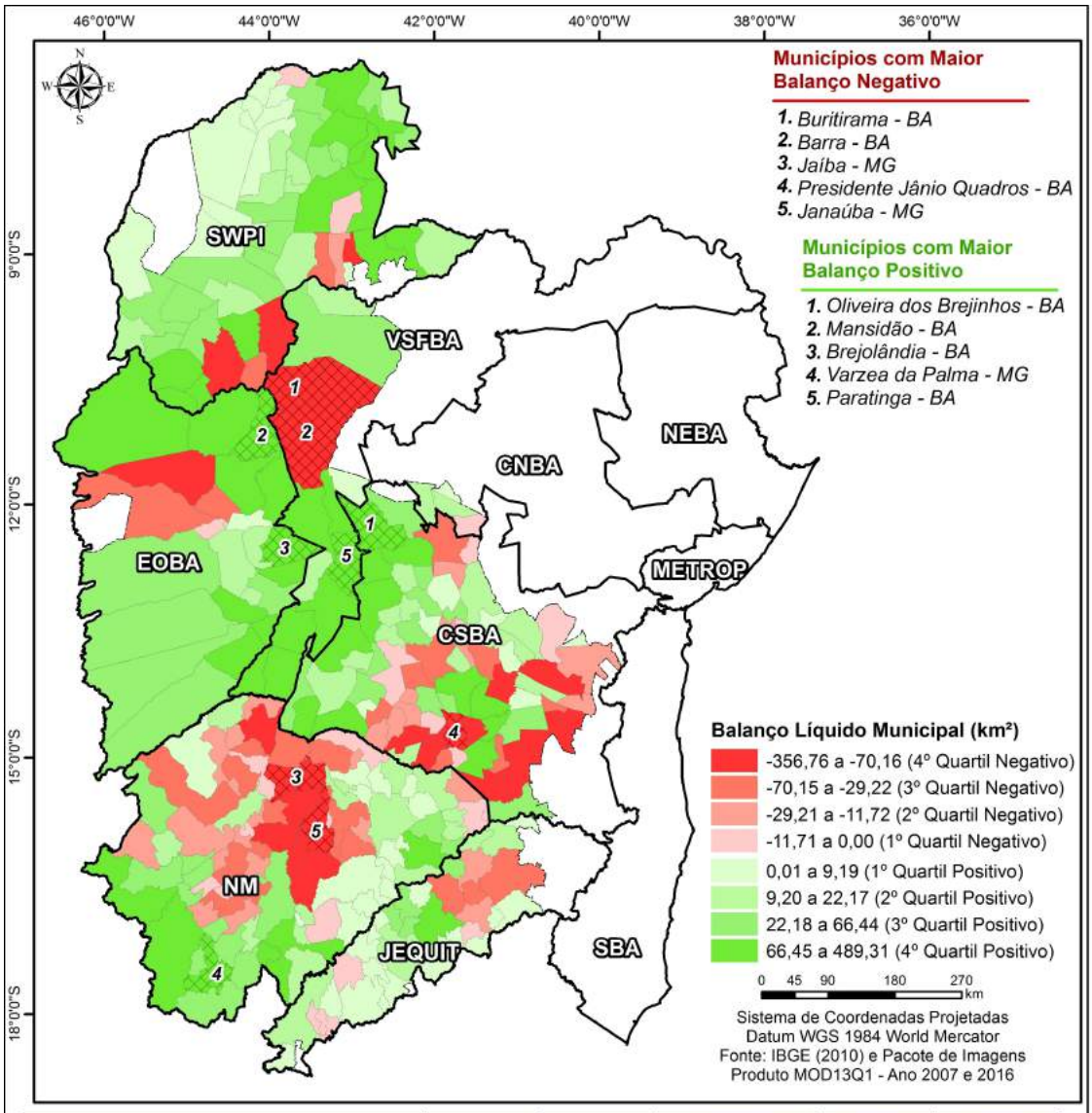
Sobre tais valores, a análise através da tabela 5 apontou similarmente que mais de 95% do desmatamento e regeneração pela qual as áreas de FED perpassaram fora explicado pela classe Pastagem. Com efeito, bem se observou que 97,6% (14.393,9km²) da Perda de FED é justificada pela

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 FED. No que concerne a regeneração, por sua vez, a classe Pastagem respondeu por 97,1% (18.459,2km²), sendo seguida pela classe Queimadas, com parcela de 2,5% (468,9km²).

Para além das informações observadas, a figura 6 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.

Para além do exposto, 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 circunjacências do vale do São Francisco. Essa dinâmica de localização avaliada é precisamente relevante, 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 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 apresentaram papel extremamente importante nas perdas e ganhos identificados.



Mesorregiões	FED 2007	FED 2016	Balanço Líquido (km²)	Perda (km²)	Ganho (km²)
Sudoeste Piauense **(SWPI)**	7.9%	9.5%	**+1655.7**	-1.702,80	***3.358,50***
Extremo Oeste Baiano **(EOBA)**	17.0%	17.8%	**+1390.3**	-1.826,10	3.216,40
Vale São-Franciscano da Bahia **(VSFBA)**	***19.7%***	***19.4%***	**+636.2**	***-2.038,50***	2.674,60
Centro Sul Baiano **(CSBA)**	***27.3%***	***26.6%***	**+599.9**	***-4.514,50***	***5.114,40***
Jequitinhonha **(JEQUIT)**	5.0%	5.0%	**+191.3**	-628,4	819,8
Centro Norte Baiano **(CNBA)**	0.3%	0.3%	**+24.3**	-29,9	54,2
Norte de Minas **(NM)**	***22.8%***	***21.3%***	**-229.4**	***-4.010,10***	***3.780,70***
Sul da Bahia **(SBA)**	*0.0%*	*0.0%*	-	-	-
Metropolitana de Salvador **(METROP)**	*0.0%*	*0.0%*	-	-	-
Nordeste Baiano **(NEBA)**	*0.0%*	*0.0%*	-	-	-

Figura 6 - 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.

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 de localização muito restritivas nas mesorregiões Norte de Minas, Oeste da Bahia e Sudeste do Piauí. A dinâmica espacial

observada corroborou para os resultados atingidos, fazendo tais classes terem maior influência 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 driver mais influente sobre as perdas e ganhos.

Em vista das proposições realizadas para essa pesquisa e dos resultados finais alcançados, há de se assinalar antes de tudo que as análises direcionadas às Florestas Estacionais Deciduais brasileiras circunscritas no plano dessa pesquisa se justificaram em função do contexto característico a esse tipo de vegetação. De fato, as FEDs constituem uma das formações florestais menos expressivas do território brasileiro, cuja distribuição se faz na forma de disjunções, situando-se de forma diferenciada 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 servir de subsídio indireto para quaisquer políticas com finalidade de sua conservação.

CONCLUSÃO

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 inexequíveis. De outro modo, é ainda relevante assinalar que dada as características biofísicas e consequentemente 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.

Por fim, 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, considerando 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.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Rede de Pesquisa Colaborativa Tropi-Dry e FAPEMIG pelo apoio financeiro à pesquisa executada.

NOTA

1- Os trabalhos de Murphy e Lugo (1995), Prado (2000), Miles et al. (2006) e Portiollo-Quintero e Sánchez-Azofeifa (2010) fazem referência a tais estudos e, portanto, servem para obtenção de mais informações.

REFERENCIAS

BEARD, J. S. The classification of tropical American vegetation-types. Ecology, v. 36, n. 1, p. 89-100, 1955.

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. Brasília, DF: Presidência da República, [2006]. Disponível em:http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/lei/L11428.htm. Acesso em: dezembro de 2017.

CARVALHO, L. M. T.; SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA; L. T.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; CAVALCNTI, 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.

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

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.

ENVI 4.1. ENVI User's Guide. 2004.

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 manangment. 2013. P. 69-82.

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.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates and consequences. Conservation Biology, 2005. v. 9, n. 3, p. 680-688.

Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO/UN). Global Forest Resources Assessment 2010: main report. FAO Forestry Paper.

Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2012-2013 Relatório Técnico. 2014.

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.

HOLDRIDGE, L. R. Life Zone Ecology, Tropical Science Center, 1967.

HUECK, K. Bosques Secos de la Zona Tropical e Subtropical de la America del Sur. Instituto Forestal Latino-Americano de Invenstigación y Capacitación, boletín no. 4, p. 1, 1959.

HUETE, A. R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). Remote Sensing of Environment. v. 25. P. 295-309, 1988.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Base Cartográfica Vegetação. 2006a.

_____, Base Cartográfica Biomas, Primeira Aproximação. 2006b.

_____, Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

_____, Estimativa da População Brasileira 2016 (Diário Oficial da União). 2016.

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

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.

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.

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.

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.; PENNINGTON, R. T.; BRIDGEWATER, S. The phytogeography of Seasonally Dry Tropical Forests in Equatorial Pacific South America. Candollea, v. 58, n. 2, p. 473-299, 2003.

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

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. 1-8.

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.

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

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, p. 933–938, 2001.

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.

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.

PRADO, D. E. Seasonally Dry Forests of Tropical South America: from forgotten ecosystems to new phytogeographic unit. Edinburgh Journal of Botany, v. 57, n. 3, 2000.

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

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.

SARMIENTO, G. The Dry Plant Formations of South America and their floristic connections. Journal of Biogeography, p. 233-251, vol. 2, no. 4, 1975.

SMITH, A. C.; JONHSTON, I. M. A Phytogeographic sketch of Latin America. Plants and plant science in Latin America, p. 11-18, 1945.

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 Diference Build-up Index in automatically mapping urban areas from TM imagery. International Journal of Remote Sensing, v. 24, n. 23, 2003. p. 583-594.