

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO NATIVA POR MEIO DO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS E DOS DADOS PROVENIENTES DO CADASTRO AMBIENTAL RURAL

*Comparative analysis between mapping native vegetation through digital
image processing and the Rural Environmental Registry data*

Ápia Aurélia Xavier Lima
Universidade Federal de Uberlândia
Instituto de Geografia - IG
apia.xavier@ufu.br

Larissa Lara Paiva da Silva
Universidade Federal de Uberlândia
Instituto de Geografia - IG
larissalara@ufu.br

Raryssa Hellem Cardoso Martins
Universidade Federal de Uberlândia
Instituto de Geografia - IG
raryssahellem@ufu.br

Tatiane Assis Vilela Meireles
Universidade Federal de Uberlândia
Instituto de Geografia - IG
tatiane_meireles@ufu.br

Victor Hugo da Silva Lemos
Universidade Federal de Uberlândia
Instituto de Geografia - IG
victorlemos@ufu.br

Fernando Luiz de Paula Santil
Universidade Federal de Uberlândia
Instituto de Geografia - IG
santil.f@outlook.com

Resumo:

Este artigo apresenta uma análise acerca do processo de Cadastro Ambiental Rural – CAR, considerando a classe vegetação nativa presente no município de Monte Carmelo - MG. Neste sentido, elaborou-se um mapa contemplando a vegetação nativa existente na área de estudo, a partir da classificação supervisionada realizada em uma única imagem proveniente do satélite Sentinel. Para a validação da classificação foi utilizado o método estatístico do índice Kappa e se obteve valor de 0,9947 e acurácia global de 99,8881%. A vegetação nativa

cadastrada e a vegetação classificada foram comparadas, observando-se que de um total de 217,015 km² correspondente a vegetação nativa cadastrada, apenas 77,622 km² se intercepta com a vegetação nativa classificada. A diferença encontrada entre as duas áreas pode estar relacionada tanto às inconsistências geradas durante o mapeamento realizado pelo CAR quanto aos erros de geometria dos polígonos onde são destacadas a sobreposição espacial, geometria inválida e geometria duplicada.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto; Vegetação; Classificação Supervisionada.

Abstract

This article presents an analysis about the process of Rural Environmental Registration - CAR, considering the native vegetation class present in the municipality of Monte Carmelo - MG. In this sense, a map was made contemplating the native vegetation existing in the study area, from the supervised classification performed on a single image from the Sentinel satellite. For the validation of the classification, the statistical method of the Kappa index was used, in which a value of 0.9947 and an overall accuracy of 99.8881% was reached. The registered native vegetation and classified vegetation were compared, observing that out of a total of 217,015 km² corresponding to registered native vegetation, only 77,622 km² intersects with the classified native vegetation. The difference found between the two areas may be related both to the inconsistencies generated during the mapping carried out by the CAR and to the geometry errors of the polygons where the spatial overlap, invalid geometry and duplicated geometry are highlighte.

Keywords: Remote sensing; Vegetation; Supervised Classification.

1. INTRODUÇÃO

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) foi instituído pela Lei nº 12.651/2012, no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA), e regulamentado pelo Ministério do Meio Ambiente através da Instrução Normativa nº 2, de 5 de maio de 2014. Tal instrumento refere-se à um cadastro declaratório, direcionado à gestão ambiental, integrando base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento. O cadastramento é obrigatório para todos os imóveis rurais (públicos ou privados), devendo ser realizado no âmbito do Sistema Nacional do Cadastro Ambiental Rural (SICAR) (BRASIL, 2012).

Trata-se de um sistema gratuito de registro on-line que permite analisar a situação ambiental dos imóveis rurais em relação à quantidade de vegetação nativa, bem como diagnosticar as regularidades e irregularidades ambientais, tornando relevante o seu preenchimento correto, pois através desses dados, programas de incentivo ao cumprimento da lei como também atividade de controle, monitoramento e fiscalização poderão ser financiados pelo governo (BRANCALION et al., 2016).

Por se tratar de um cadastro declaratório de inteira responsabilidade do proprietário ou do possuidor do imóvel rural, a qualquer momento, caso ocorra detecção de inconsistências nas informações declaradas, os documentos comprobatórios poderão ser solicitados pelo órgão competente (BRASIL, 2012).

Dentre os objetivos principais do CAR está a composição de um banco de dados que conterá um registro eletrônico para todos os imóveis rurais do País, onde serão integradas as informações ambientais referentes à situação das áreas de preservação permanente, das áreas de reserva legal, das florestas e dos remanescentes de vegetação nativa, das áreas de uso restrito e das áreas consolidadas das propriedades e posses rurais. Neste sistema o proprietário do imóvel rural é o responsável por requerer a inscrição do imóvel rural no CAR, aderir ao Programa de Regularização Ambiental (PRA), cumprir com as orientações legais para realização do cadastro e atualizar as informações periodicamente ou sempre que houver

alteração referente ao que já foi cadastrado (CAR, 2018).

Afim de realizar uma verificação acerca da validade das informações que compõe o banco de dados do CAR, técnicas de sensoriamento remoto podem ser empregadas. Neste sentido, define-se sensoriamento remoto como uma ferramenta pela qual pode-se obter imagens e outros tipos de dados referentes à superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície (FLORENZANO, 2011).

Por meio do sensoriamento remoto e possível realizar o processamento digital de imagens (PDI). O PDI é constituído por uma série de algoritmos direcionados à representação do mundo real. Entretanto, o emprego de técnicas de processamento, não garante por si só a fidedignidade na representação, sendo necessário ao usuário o conhecimento e interpretação das informações contidas na imagem (FIGUEIREDO, 2005).

Dentre as técnicas pertencentes ao PDI destaca-se a classificação de imagens que permite atribuir aos pixels, categorias que permitirão uma posterior análise.

A classificação de imagens de satélite pode ser dividida em supervisionada, processo no qual o usuário deverá possuir conhecimentos prévios das classes de alvos a serem detectadas, a fim de classificar a imagem estabelecendo as categorias pré-fixadas pelo analista, e não supervisionada em que o usuário especificará parâmetros que serão utilizados pelo algoritmo de modo a identificar os padrões inerentes aos dados, agrupando os pixels com características espectrais similares (ALMEIDA et al., 2012).

Para esta classificação utilizam-se as imagens de satélite que, além essenciais para o processamento digital, são também uma importante fonte de dados para o sistema de informações geográficas (SIG) porque permite a manipulação e processamento de uma grande quantidade de informações (BUDGE & MORAIN, 1995).

Neste contexto, este trabalho buscou contrastar as informações oriundas do mapeamento da vegetação nativa, obtido por meio da classificação de uma imagem orbital proveniente do satélite Sentinel fornecida pelo USGS (*United States Geological Survey*), e o cadastramento dos dados provenientes do CAR, no município de Monte Carmelo-MG.

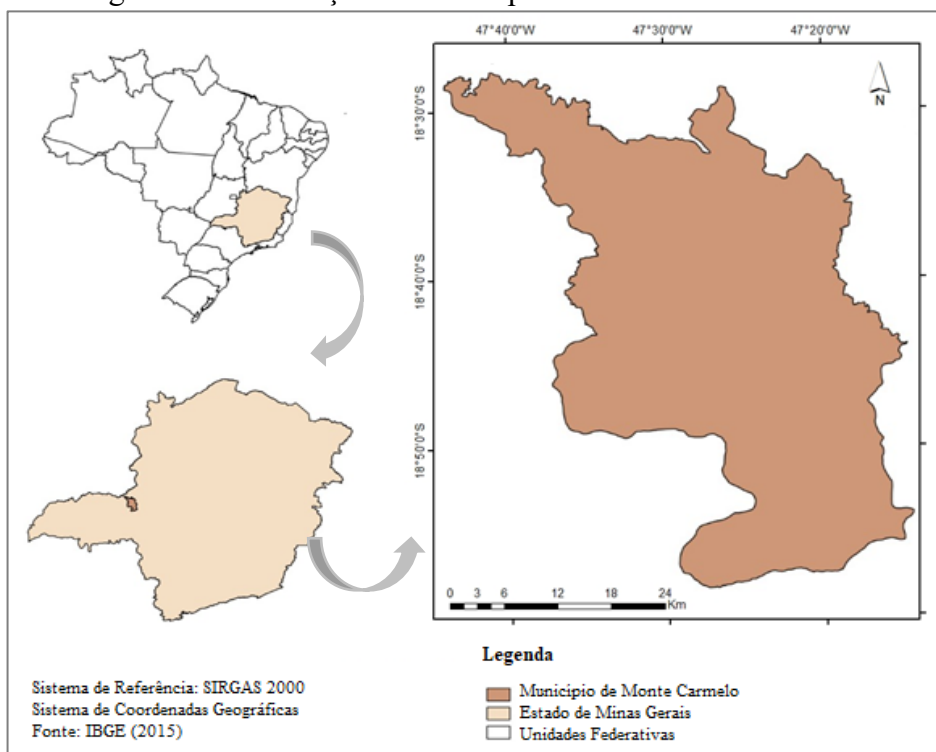
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A Figura 1 apresenta a área de estudo referente à cidade de Monte Carmelo, localizada na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba no estado de Minas Gerais, com latitude igual a 18°47'25" S e longitude igual a 47°31'27" W.

O município tem área territorial de 1.343 Km², estando a uma altitude de 890 metros. Possui uma população estimada, segundo dados do IBGE em 2019, igual a 47.809 habitantes. Apresentando como principais atividades econômicas a produção de telhas, tijolos, artefatos cerâmicos, produção de curtume e ainda produção de café.

Figura 1 - Localização do município de Monte Carmelo - MG



Fonte: Autores.

2.2 Material

Para a execução deste artigo foram utilizados os seguintes softwares: *QGIS* versão 2.18.18, *ENVI* versão 5.1 e *ArcMap* versão 10.5, todos disponíveis no laboratório SIGEO da Universidade Federal de Uberlândia - Campus Monte Carmelo.

As análises foram realizadas a partir dos seguintes materiais: imagem do satélite *Sentinel-2* referente à data 06/06/2018, obtida gratuitamente pelo site da *USGS (United States Geological Survey)*, com resolução espacial de 10 metros e número de órbita 38; arquivos vetoriais referentes aos limites municipais, estaduais e federais, adquiridos no site do IBGE e dados vetoriais de vegetação nativa obtidos junto ao Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR).

2.3 Métodos

A imagem foi obtida em formato *Jpeg 2000* e com o auxílio da ferramenta *raster* do Software *QGIS*, convertida para o formato *Geotiff*. Realizou-se uma composição da imagem com a banda 8 (infravermelho próximo), banda 4 (vermelho) e banda 3 (verde). Por meio do *QGIS* foi possível fazer o recorte da imagem com o limite do Município. Esta composição foi utilizada na classificação da imagem.

No Software *ENVI* foi utilizado a ferramenta de seleção *Region of Interest* para a classificação, as amostras foram coletadas, sendo as classes de interesse: Vegetação nativa, café, eucalipto, área urbana, rodovias, estradas vicinais, vegetação não identificada, solo exposto, cultura, cultura não identificada e água.

Como método de classificação, optou-se por utilizar a classificação supervisionada, uma vez que existe o conhecimento prévio de alguns aspectos da área em estudo. Posterior à classificação, foi aplicado o algoritmo *Maximum Likelihood Classification* quem tem como função localizar os demais pixels pertencentes às classes pré-determinadas, baseando-se em uma regra estatística pré-estabelecida.

Para cada classe foram coletadas amostras semelhantes, com auxílio das imagens da plataforma Google Earth, obtendo-se um número total de 300 amostras que auxiliaram no processo de reclassificação por meio do algoritmo *Maximum Likelihood Classification*, o qual detecta de forma remota a classificação dos pixels desconhecidos partindo-se das classes pré-determinadas pelo operador. A detecção foi realizada a partir do método estatístico de variâncias e covariâncias das assinaturas das classes atribuídas em cada amostra.

Após a classificação extraiu-se somente a área pertencente a classe Vegetação Nativa. No próprio *Software Envi* foi realizada a conversão do resultado de *raster* para vetor, de modo a permitir o cálculo da área de interesse bem como compará-la com a área cadastrada no CAR.

O desempenho da classificação foi avaliado por meio do índice *Kappa*, sendo este um índice que permite analisar o nível de concordância ou produtividade entre os conjuntos de dados. Esta etapa foi imprescindível na pesquisa, visto a necessidade de analisar a acurácia da imagem classificada. A Tabela 1 apresenta a qualidade da classificação relacionada a cada faixa de valores do índice *Kappa*.

Tabela 1- Índice *Kappa* relacionado com a qualidade do mapa temático.

Kappa	Qualidade da Classificação
<0	Péssima
0,00 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Boa
0,60 – 0,80	Muito Boa
0,80 – 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

Para a identificação da interseção entre as áreas correspondentes a vegetação nativa obtida por meio da classificação e a partir de dados do CAR, foi utilizado a ferramenta *Intersect* presente no software *ArcGis*.

No software *QGIS* foi utilizado à ferramenta verificar geometria de polígonos para analisar as inconsistências presentes em cada um. Assim, buscou-se identificar a porcentagem de área que ambos os mapeamentos têm em concordância.

4. ANALISE DOS RESULTADOS

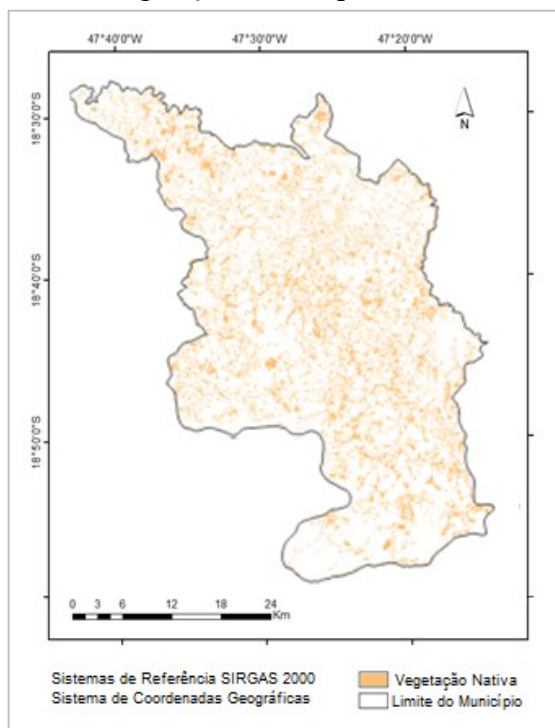
4.1 Classificação e validação

O processo de validação da classificação, que é uma etapa imprescindível na pesquisa, foi realizado de forma a permitir a análise da precisão dos dados processados. O valor do índice

Kappa obtido foi igual a 0.9947, sendo considerado excelente pelo valor de referência (Tabela 1) de Landis e Koch (1977), e a acurácia alcançada foi igual a 99,8881%. Esses resultados conferem confiança quanto ao resultado permitindo que o objetivo deste estudo, no que se refere à comparação entre mapeamento da vegetação nativa por meio da classificação de imagem e as informações registradas no CAR, se cumpra.

A aplicabilidade do processamento digital de imagens juntamente com as plataformas de geoprocessamento são de extrema importância para o monitoramento de propriedades rurais. E o resultado obtido por meio destas ferramentas permitiu uma análise comparativa dos dados cadastrados. A Figura 2 apresenta o mapeamento da classe vegetação nativa obtida por meio da classificação.

Figura 2 –Mapeamento da Vegetação Nativa por meio da classificação de imagem.



Fonte: Autores.

4.2 Inconsistências no CAR

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) é considerado pelas instituições governamentais uma ferramenta eficaz na gestão de políticas ambientais. A meta deste sistema é gerar um banco de dados compatível com a realidade do País, permitindo maior controle no que se refere aos desmatamentos e regularização florestal. Porém, algumas inconsistências podem ser observadas nos dados disponibilizados, tais como: erros de topologia e cadastramento incorreto de uma determinada classe, gerando assim inconsistências na base de dados.

Quanto aos erros topológicos, observou-se quebra entre a relação dos elementos cadastrados, espaços entre fronteiras e/ou sobreposição de áreas, sendo detectados, a partir *software* QGIS, erros na geometria do polígono, destacando sobreposição espacial, geometria inválida e geometria duplicada, como demonstrado na Tabela 2.

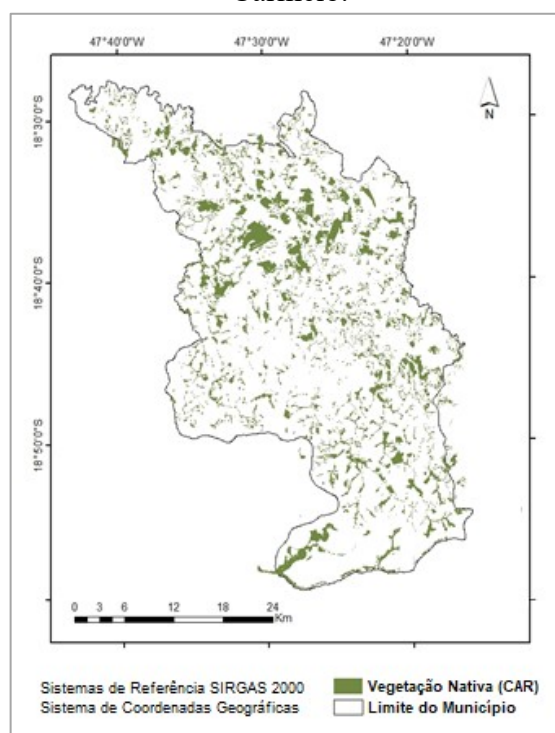
Tabela 2 – Erros dos Polígonos.

Tipo de erros	Quantidade de Polígonos
Sobreposição	923
Geometria Duplicada	03
Geometria inválida	32
Total	958

Fonte: Autores.

Outra inconsistência refere-se ao cadastramento, fora dos limites municipais da cidade de Monte Carmelo, de 7,46 km² de área destinada a vegetação nativa (Figura 3). Tal incoerência pode estar associada a erros topológicos presentes nos dados vetoriais provenientes do CAR, uma vez que, a topologia refere-se a um procedimento matemático utilizado para definir relações espaciais, tais como: conectividade, adjacência e contiguidade. Para que estes erros sejam evitados é necessário que se tenha cautela durante a definição dos vetores.

Figura 3 – Mapeamento da Vegetação Nativa Cadastrada pelo CAR no Município de Monte Carmelo.

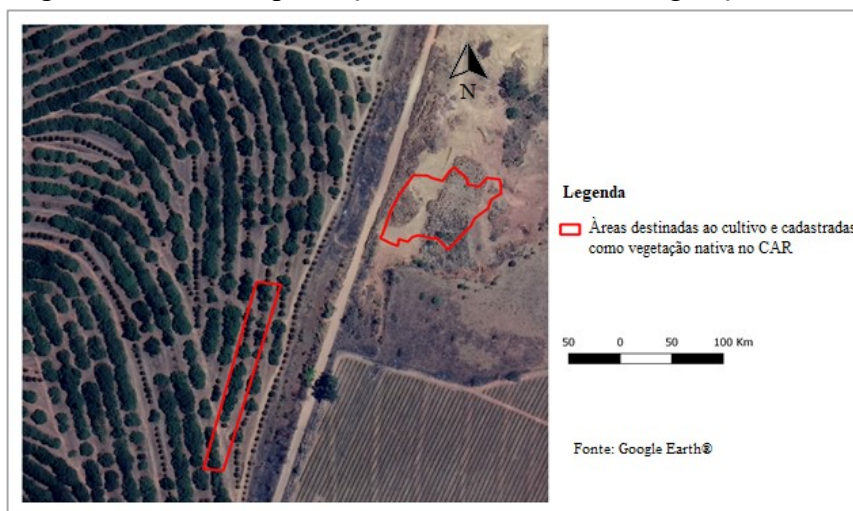


Fonte: Autores.

Quanto ao cadastramento do imóvel no CAR, o proprietário ou possuidor rural deverá delimitar sua propriedade, destacando as áreas de preservação permanente (APP), reserva legal e nascentes, entre outras características, de forma a gerar uma base de dados que seja fiel à situação do imóvel. Entretanto, a falta de cognição ou mesmo familiaridade com a delimitação de tais áreas no sistema, tem proporcionado a geração de inúmeras inconsistências, como inclusão de uma área dentro de uma classe à qual ela não pertence, propriedades avançando

sobre reservas ambientais e mesmo cadastramento de imóveis em município no qual ele não esteja localizado. Uma dessas inconsistências pode ser observada na Figura 4, é possível identificar áreas destinadas ao cultivo e registradas erroneamente como pertencentes a classe vegetação nativa.

Figura 4 – Áreas de plantação cadastradas como vegetação nativa.



Fonte: Autores.

Um dos fatores possivelmente favoráveis ao acúmulo destes erros é a execução do cadastramento por parte do proprietário ou possuidor do imóvel rural, muitas vezes sem acompanhamento de um profissional habilitado para tal função.

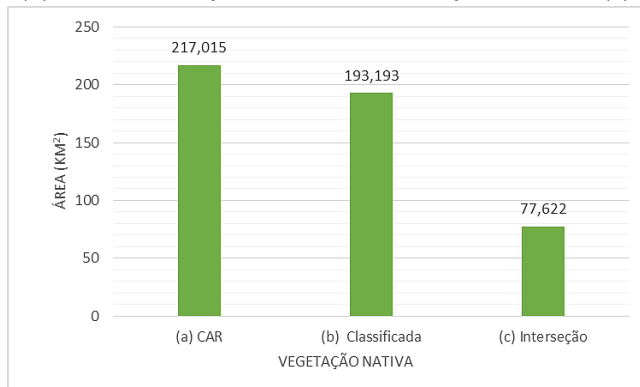
Outras limitações estão relacionadas a identificação de incoerências, prolongamento no início da fase de inspeção e análise das discrepâncias dos dados que compõem o sistema. No Estado de Minas Gerais, nenhuma previsão existe quanto ao tempo a ser gasto com a revisão dos erros. Conforme os dados obtidos junto ao CAR, todas as 1819 propriedades rurais cadastradas no Município de Monte Carmelo, aguardam ainda a análise do cadastro.

Ressalta-se também que os proprietários e posseiros são os responsáveis pelo preenchimento do CAR e as inconsistências constadas são tratadas pela legislação ambiental como ilícito administrativo e criminal, trazendo transtornos futuros no momento de aferição dos dados pelos órgãos ambientais responsáveis por essa homologação.

4.3 Comparação entre o mapeamento da vegetação nativa por meio da classificação de imagem e as informações registradas no CAR

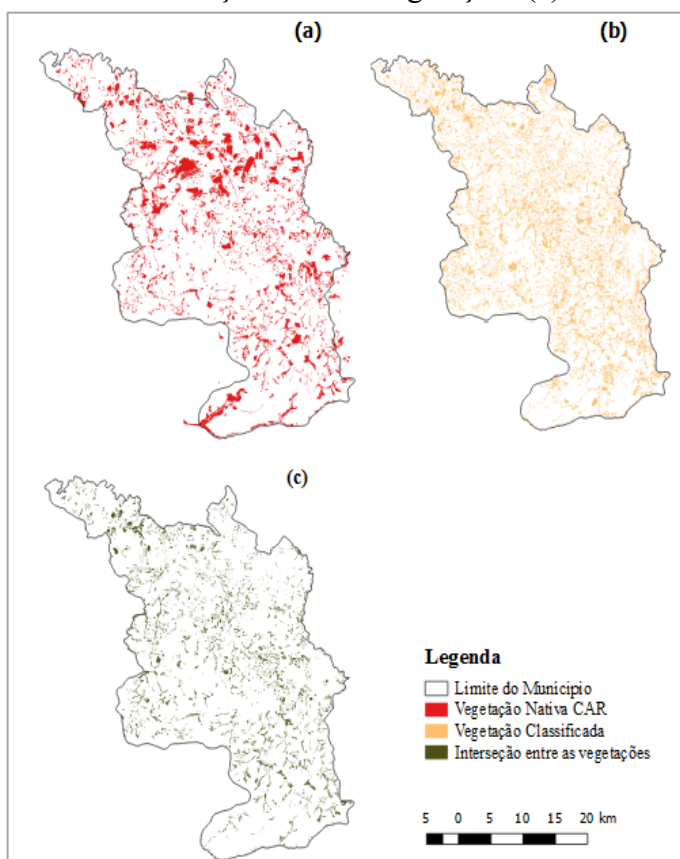
Observou-se a partir da comparação dos dados provenientes do CAR e dos obtidos por meio do Processamento Digital da imagem, que de um total de 217,015 km² da área de vegetação nativa cadastrada apenas 77, 622 km² se interceptam com a vegetação nativa classificada (Gráfico 1). A Figura 5 apresenta o mapeamento da Vegetação Nativa cadastrada no CAR (a), classificada (b) e Interseção entre as vegetações (c).

Gráfico 1 – Representação das áreas de vegetação nativa a partir da classificação (a), do CAR (b) e da interseção entre classificação e CAR (c).



Fonte: Autores.

Figura 5– Mapeamento da Vegetação Nativa cadastrada no CAR (a), classificada (b) e Interseção entre as vegetações (c).



Fonte: Autores.

Esse pequeno valor de área coincidente pode ser justificado pelo fato das informações registradas no CAR apresentarem erros topológicos relacionados à geometria dos polígonos, sobreposição espacial, geometria inválida e geometria duplicada além de áreas delimitadas fora

do limite municipal. A Tabela 3 destaca os valores de áreas correspondente a vegetação nativa classificada e registrada no CAR e suas respectivas porcentagens referentes a área total do município que é de 1.343 km².

Tabela 3 – Áreas correspondentes a vegetação nativa classificada e registrada no CAR.

	Área (km ²)	Porcentagem de Vegetação Nativa (%)
Vegetação Nativa CAR	217,015	16,15
Vegetação Nativa Classificada	193,193	14,38
Interseção CAR x Classificação	77,662	5,78

Fonte: Autores.

Considerando que área total do município é de 1343 km² e apenas 77, 622 km² de vegetação nativa registrada no CAR se interceptam com a área classificada (que neste estudo foi tomada como referência dada a acurácia alcançada durante a validação da classificação), somente 5,78% da classe vegetação nativa foi corretamente registrada no CAR, o que permite constatar que as áreas registradas referentes à mata nativa no município em estudo foram superestimadas, comprometendo assim a finalidade e a precisão do sistema quanto a integração de informações ambientais das propriedades e posses rurais no que se refere ao controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento, como disposto na Lei nº 12.651/2012.

5. CONCLUSÃO

O CAR - instituído pelo “Novo” Código Florestal – Lei 12, representa uma oportunidade singular de conhecimento da estrutura física dos imóveis rurais e de seus recursos ambientais. O objetivo deste trabalho foi alcançado a partir da realização de uma análise comparativa entre o mapeamento da vegetação nativa, obtido por meio da classificação da imagem orbital proveniente do satélite *Sentinel* fornecida pelo *USGS (United States Geological Survey)* e o mapeamento realizado pelo CAR, no município de Monte Carmelo.

Por meio da análise, ficou evidente a necessidade de uma maior fiscalização e verificação dos dados que estão sendo cadastrados, pois ao se analisar a vegetação nativa presente no município de Monte Carmelo constatou-se que grande parte das áreas apresentam algum tipo de inconsistência, por exemplo a sobreposição de polígonos, áreas cadastradas que não correspondem ao seu verdadeiro uso e áreas cadastradas na cidade de Monte Carmelo, mas estão localizadas fora dos limites municipais. Além disso, o uso de geoprocessamento e processamento digital de imagens apresentaram-se como importantes ferramentas para a verificação das informações coletadas pelo CAR.

Referências

ALMEIDA, A.; Baptista, G. M. M; Brites, R. S.; MENESES, P.R; ROSA, A. N. C. S; SANO, E. E; SOUZA, E. B. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UNB, 2012

ALVARENGA, A.S.; MORAES, M.F. **Utilização de imagens Landsat-8 para caracterização da cobertura vegetal**, Mundo Geo. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2014/06/10/processamento-digital-de-imagens-landsat-8-para-obtencao-dos-indices-de-vegetacao-ndvi-e-savi-visando-a-caracterizacao-da-cobertura-vegetal-no-municipio-de-nova-lima-mg/>>. Acessado em: 07 julho 2018.

Brancalion P.H.S., et al., 2016. **A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law Of Brasil (2012): updates and ongoing initiatives**. Nat. Conserv. (Impr). 14, (suplement) 1-15 CAR. Cadastro Ambiental Rural. Disponível em: <<http://www.car.gov.br/#/>>. Acessado em: 25 jun. 2018.

BRASIL. Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm>. Acesso em: 08 Out. 2020.

FIGUEIREDO, D. Conceitos básicos de sensoriamento remoto. Brasília – DF: Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2005. 30p, 2005.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo, Oficina de Textos, 2011.

IBGE. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/monte-carmelo/panorama>>. Acessado em: 25 junho 2018.

KOTZ, S.; JOHNSON, N. **Encyclopedia of statistical sciences**. New York: John Wiley e Sons, 1983.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. **The measurement of observer agreement for categorical data**. *Biometrics*, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.

MENESES, R. P.; DE ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UNB/CNPq, 2012.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade Brasileira: Avaliação e Identificação de áreas e ações Prioritárias para Conservação, utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade nos Biomas Brasileiros**. Brasília –DF, 2002. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/Bio5.pdf>. Acessado em: 07 jul. 2018.

COBRAC

Florianópolis

09 A 12 DE NOVEMBRO DE 2020

14º CONGRESSO DE CADASTRO MULTIFINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL
2º ENCONTRO DE PROFESSORES DE CADASTRO TERRITORIAL

REALIZAÇÃO:



ATRAVÉS DO:

PPGTG

Programa de Pós-graduação
em Engenharia de Transportes
e Gestão Territorial

E



GOTT

GRUPO DE OBSERVAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO DO TERRITÓRIO

USGS. **Science for a phanging world.** Disponível: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 08 jun. 2018.