

ANÁLISE DA CONFIABILIDADE DOS DADOS DE USO DO SOLO CADASTRADOS NO CAR: ESTUDO DE CASO MARIANA/MG

Flávia Las-Cazas de Brito

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
Pós-graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais
Instituto de Geociências, Belo Horizonte, MG, Brasil
flavialasczas@gmail.com

Adriel Andrade Palhares

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
Pós-graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais
Instituto de Geociências, Belo Horizonte, MG, Brasil
adrielpalhares@gmail.com

Marcelo Antônio Nero

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
Pós-graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais
Instituto de Geociências, Belo Horizonte, MG, Brasil
marcelo.nero@gmail.com

RESUMO

Este artigo analisa a confiabilidade dos dados de uso do solo de imóveis rurais declarados no Cadastro Ambiental Rural (CAR). O cadastro foi instituído, com o intuito de obter uma base única de informações ambientais e econômicas das áreas rurais do Brasil, configurando um instrumento de regularização ambiental, que permite ao produtor ter acesso ao crédito agrícola e possibilita o órgão público fazer um planejamento econômico e ambiental do território. É fundamental que as informações prestadas estejam o mais próximo da realidade e para fazer essa verificação foi escolhido o município de Mariana, em Minas Gerais. O município foi escolhido devido a sua importância histórica e econômica. Para verificar o nível de confiabilidade dos dados cadastrados sobre o uso e cobertura do solo, foram utilizados a base cadastrada no CAR e sendo realizadas duas comparações de acurácia, uma utilizando a imagem do Google Earth e outra utilizando os dados do MapBiomas - coleção 5. Optou-se por não fazer a conferência das delimitações de APP, devido à complexidade de se obter dados confiáveis para a análise. Os resultados mostraram que os dados inseridos são de boa qualidade, com índice Kappa de 0,75 e 0,69, respectivamente.

Palavras-chave: Cadastro Ambiental Rural. Regularização. Confiabilidade. Dados.

ANALYSIS OF THE RELIABILITY OF LAND USE DATA REGISTERED IN THE CAR: CASE STUDY OF MARIANA/MG

ABSTRACT

The present article analyzes the reliability of land use data for rural properties declared in the Rural Environmental Registry (CAR). The registry was set up to obtain a single database of environmental and economic information on rural areas in Brazil. It is an instrument for environmental regularization, which allows producers to access agricultural credit and enables public bodies to conduct economic and environmental planning of the territory. It is essential that the information provided is as close to reality as possible, and the municipality of Mariana, in Minas Gerais, was chosen for this verification. The municipality was chosen because of its historical and economic importance. The base registered in the CAR was used to check the level of reliability of the registered data on land use and land cover, and two accuracy comparisons were made, one using the Google Earth image and the other using data from MapBiomas - collection 5. It was decided not to check the APP delimitations due to the complexity of obtaining reliable data for the analysis. The results showed that the data entered was of good quality, with a Kappa index of 0.75 and 0.69, respectively.

Keywords: Rural Environmental Registry. Regularization. Reliability. Data.

INTRODUÇÃO

Em 2012, através da revisão do Código Florestal Brasileiro (Lei n.º 12.651/2012, BRASIL, 2012a), foi criado o Cadastro Ambiental Rural (CAR), que é um registro eletrônico, de caráter auto declaratório, obrigatório para todos os imóveis rurais que têm por finalidade compor as bases de controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico, além de fornecer base para o combate ao desmatamento (BRASIL, 2012a).

A determinação das áreas de reserva legal é um dos objetivos principais para o CAR, já que todo imóvel rural deve manter uma área de cobertura de vegetação nativa, excluindo as Áreas de Preservação Permanente (APP), com um percentual mínimo em relação à área total do imóvel. Este percentual em grande parte do país é de 20% (exceto a área localizada na Amazônia Legal, onde os percentuais variam de acordo com o tipo de cobertura vegetal) (BRASIL, 2012a).

De acordo com o Boletim Informativo CAR de abril de 2021 desde sua implantação, já haviam sido cadastrados mais de sete milhões de registros de imóveis rurais, configurando uma área de 539.327.533,10 ha (hectares) no Brasil e no Estado de Minas Gerais em torno de 900 mil cadastros, com área de 50.028,017 ha (SFB, 2020).

O Sistema de Cadastro Ambiental Rural – SICAR (Decreto n.º 7.830/2012) foi implementado para receber os dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e tem como um dos objetivos controlar as informações dos imóveis rurais, incluindo os remanescentes de vegetação nativa e as áreas de uso consolidado no território brasileiro (BRASIL, 2012d).

Através dos dados inseridos no sistema o órgão público será capaz de realizar um planejamento ambiental e econômico do uso do solo, visando uma melhor conservação ambiental do território nacional. O conhecimento da dinâmica do uso do solo é uma das mais importantes áreas de estudo do sensoriamento remoto, pois é um elemento fundamental para a avaliação de impactos ambientais e no seu monitoramento, permitindo o desenvolvimento de políticas públicas regulatórias para a expansão do território (BARBOSA et al., 2021). A tecnologia de sensoriamento remoto tem contribuído significativamente para as análises da superfície terrestre, pois é possível obter uma série temporal das imagens (DUTRA et al., 2021), bem como propiciar o aumento do grau de confiabilidade das informações.

Por ser um cadastro auto declaratório, estima-se a boa-fé do produtor no cadastro das informações e por isto, há a necessidade da checagem se os lançamentos da plataforma são verídicos. Conforme estabelecido no decreto 7.830 de 17 de outubro de 2012 (BRASIL, 2012d), no seu artigo 6º, inciso 1º que cita “as informações são de responsabilidade do declarante, que incorrerá em sanções penais e administrativas, sem prejuízo de outras previstas na legislação, quando total ou parcialmente falsas, enganosas ou omissas”. Para uma análise mais automatizada, o Serviço Florestal Brasileiro (SFB) desenvolveu uma ferramenta para aumentar a agilidade e a precisão dos dados fornecidos pelos usuários do sistema, o AnalisaCAR. Esta ferramenta permite que sejam analisados milhões de cadastros simultaneamente, utilizando tecnologias de sensoriamento remoto, através de mapeamentos temáticos, elaborados por cada Estado, onde o AnalisaCAR fará cruzamentos automatizados que verificam as informações geográficas que os proprietários inserirem no CAR. Sendo constatadas divergências nas informações cadastradas, o produtor receberá uma notificação automática no sistema, para que sejam feitas as devidas correções no cadastro, fazendo com que o proprietário ou o possuidor rural regularize ambientalmente seus imóveis rurais (SFB, 2021).

Vale a pena destacar algumas referências recentes e em termos de subsídio conceitual, os seguintes trabalhos: Santos et al. (2023), os quais tratam da estrutura fundiária dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, Região do Matopiba, com a aplicação do índice GINI das terras para o ano 2000; Oliveira et al. (2022), definição das áreas em imóveis rurais protegidas legalmente com o emprego de dados do CAR, sendo subtraídas as áreas consolidadas preexistentes a 2008 localizadas nos limites das APPs (áreas de proteção permanente); Favoretto, Favoretto e Ferreira (2022), abordagem das implicações do atual Código Florestal Goiano, quanto ao uso das Áreas de Preservação Permanente (APPs), da Região Metropolitana de Goiânia (RMG), contrapondo ao CAR; Mendes et al. (2022), onde esses autores tratam do CAR em área de estudo localizada no Bioma Cerrado Brasileiro,

florestal está bem fragmentada no território, em função das atividades agropecuárias presentes no município (MARIANA, 2019).

Mariana tem como área total 119.389 ha e foram cadastros no CAR 1.451 imóveis rurais, totalizando 95.792 ha de terras, o que corresponde a 80,23% do seu território (SFB, 2020). Desse total de hectares cadastrados, 31.967 ha são de áreas já consolidadas e 45.449 ha de áreas remanescentes de vegetação nativa. Os 18.376 ha restantes, correspondem às áreas não mapeadas dentro do sistema de cadastro do CAR.

Na presente pesquisa, foram considerados todos os imóveis cadastrados, independentemente do tamanho dos módulos fiscais. O módulo fiscal foi instituído pelo Estatuto da Terra Lei n.º 4.504/1964 (BRASIL, 1964) e corresponde a uma unidade de medida, em hectares, cujo valor é fixado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA para cada município levando-se em conta:

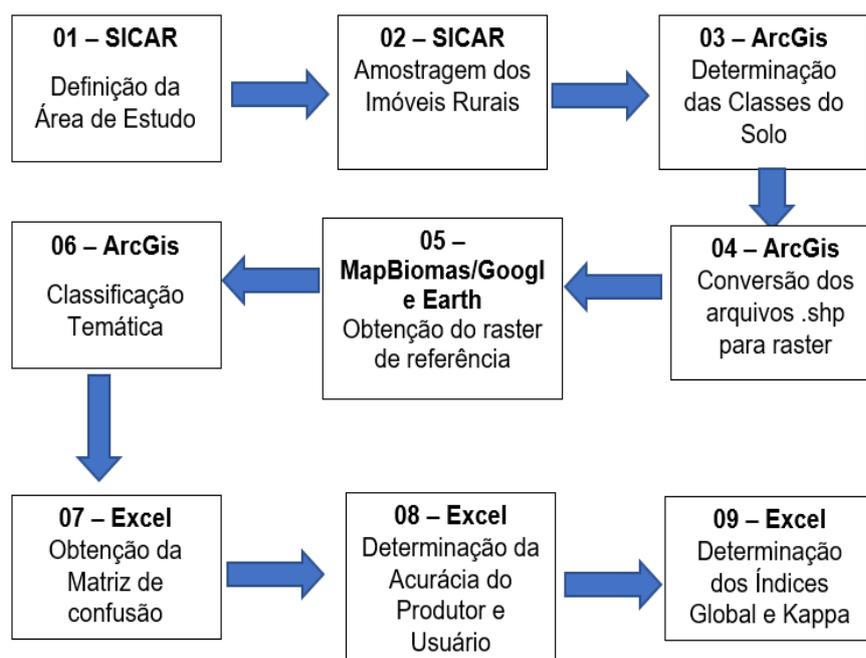
- o tipo de exploração predominante no município (hortifrutigranjeira, cultura permanente, cultura temporária, pecuária ou florestal);
- a renda obtida no tipo de exploração predominante;
- outras explorações existentes no município que, embora não predominantes, sejam expressivas em função da renda ou da área utilizada;
- o conceito de "propriedade familiar".

Para a realização deste trabalho foram verificados os cadastros no SICAR, utilizando apenas os dados de vegetação nativa e uso consolidado, baixados do sistema em 12 de julho de 2021.

Para a vegetação nativa, optou-se por unir os arquivos vetoriais (Shapefiles) de Vereda e Vegetação Nativa. Já para o uso consolidado, juntaram-se os dados de servidão administrativa, área de pousio ("prática de interrupção temporária de atividades ou usos agrícolas, pecuários ou silviculturais, por no máximo 5 (cinco) anos, para possibilitar a recuperação da capacidade de uso ou da estrutura física do solo", BRASIL, 2012a) e área consolidada.

No fluxograma abaixo (figura 2) é apresentado o esquema geral da metodologia aplicada para a realização da validação da classificação dos dados e obtenção dos índices de avaliação da acurácia e qualidade temática.

Figura 2 - Fluxograma da metodologia aplicada.



Fonte - os autores (2021).

Para o trabalho, foi utilizado o software ArcGis 10.6 (ESRI, 2018) para a geração dos arquivos vetoriais (Shapefiles), dos arquivos no formato raster, da matriz de confusão e dos mapas, para a extração das informações. Para a geração dos índices de qualidade temática, os cálculos foram feitos no Microsoft Excel (2019).

Para a análise da acurácia das informações declaradas, foram utilizadas imagens do Google Earth, de 2021 (GOOGLE, 2021) e do MapBiomias, coleção 5 (PROJETO MAPBIOMAS, 2020).

O Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomias) tem como propósito mapear a cobertura e uso do solo brasileiro, bem como monitorar as mudanças ocorridas ao longo dos anos (PROJETO MAPBIOMAS, 2020). Para gerar o mapa de uso do solo, o MapBiomias utilizou as imagens disponíveis do Landsat-8, com resolução espacial de 30 metros, para cada ano de elaboração. Além disso, são utilizados índices espectrais, de textura e informações de relevo, visando treinar o programa para que ele possa diferenciar as classes mapeadas (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2021).

O MapBiomias é uma importante ferramenta que contribui para um melhor entendimento da dinâmica brasileira do uso do solo e apresenta uma média de 90% de análise da acurácia, de acordo com a acurácia Geral obtida para a coleção 5.0 (PROJETO MAPBIOMAS, 2020).

Para determinar o tamanho da amostra, foi utilizada a estimativa da proporção populacional (p), cuja fórmula utilizada por See et al. (2017) é dada por:

$$n = Z^2_{\alpha/2} \cdot p \cdot q / E^2 \quad (1)$$

Onde:

n = Número de indivíduos na amostra.

$Z_{\alpha/2}$ = Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado.

p = Proporção populacional de indivíduos que pertence à categoria estudada.

q = Proporção populacional de indivíduos que **não** pertence à categoria estudada (q = 1 - p).

E = Margem de erro ou erro máxima de estimativa, nível de confiança.

No estudo, utilizou a proporção de 95%, com um nível de confiança de 2,5%, onde o valor crítico é de 1,96, obtendo-se o cálculo:

$$n = 1,96^2 \cdot 0,95 \cdot 0,05 / 0,025^2 = 292 \text{ amostras}$$

Este resultado do tamanho amostral (n), foi dividido proporcionalmente entre as duas categorias de classes, de acordo com o seu tamanho em km², sendo apresentados os tipos de classe, a área em Km², a proporção percentual e a quantidade de pontos de amostragem por classe na tabela 1.

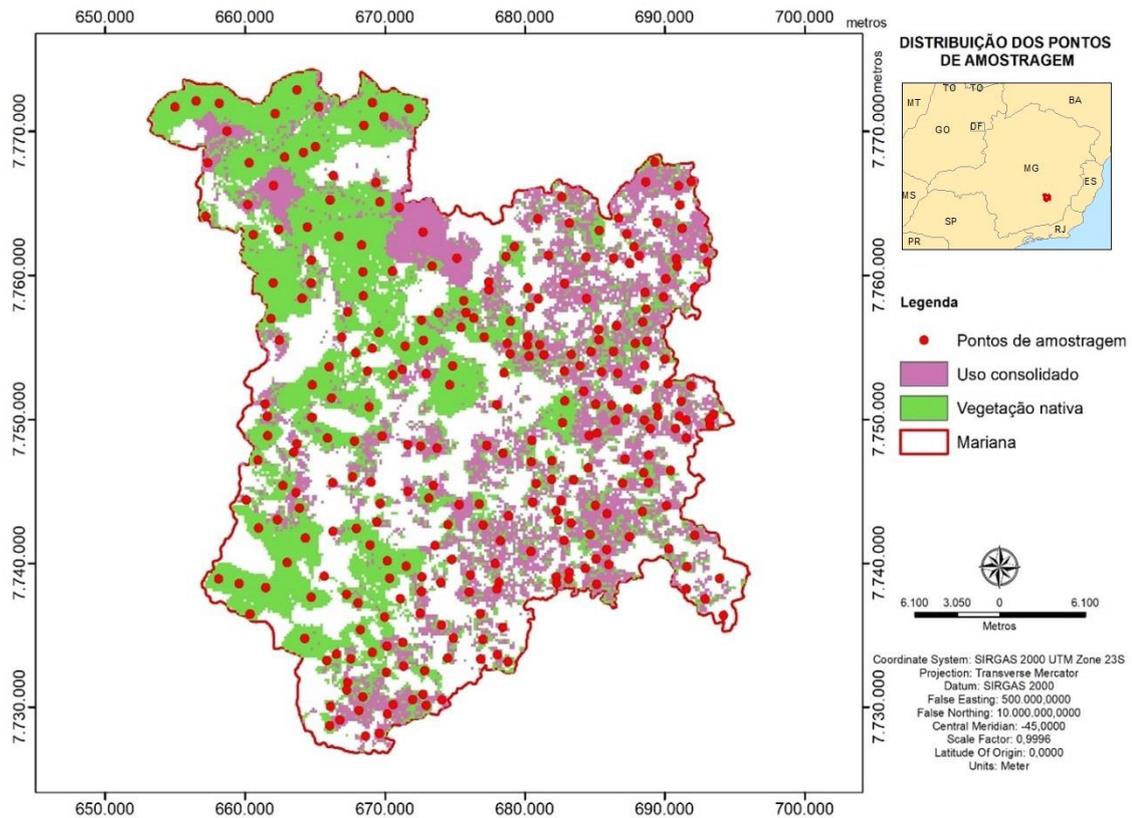
Tabela 1 - Tamanho da amostragem por tipo de classe.

Tipo de classe	Área em km ²	Proporção (%)	Pontos de amostragem
Uso consolidado	319,67	41,29	121
Vegetação nativa	454,49	58,71	171

Fonte - os autores (2021).

Determinado o tamanho da amostragem, a distribuição desses pontos ocorreu de forma aleatória, em função das feições da tipologia estipulada na análise, conforme Figura 3. Só foram analisadas as áreas que foram cadastradas no CAR, portanto as áreas em branco na figura 3 se referem as partes que não possuem informação dentro do programa do CAR.

Figura 3 - Distribuição dos pontos de amostragem.



Fonte - os autores (2021).

A verificação da acurácia do cadastramento realizada pelos produtores rurais, se basearam nos índices Kappa (K), exatidão global (EG), acurácias do produtor (AP) e acurácia do usuário (AU), sendo que para chegar nesses índices foi gerada uma matriz de confusão com base na teoria apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Modelo de matriz de confusão utilizada.

Matriz 2 x 2

		Classes	A	B	Soma das linhas n_{i+}
Dados classificados	A		n_{11}	n_{12}	n_{1+}
	B		n_{21}	n_{22}	n_{2+}
	Soma das colunas n_{+i}		n_{+1}	n_{+2}	n

Fonte - Adaptado de MENDES, 2015, p.111.

Onde tem-se que:

Índice Kappa (K):

$$\frac{\sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_{i+}n_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^k n_{i+}n_{+i}} \quad (2)$$

Exatidão Global (EG):

$$\frac{n_{11} + n_{22}}{n} \cdot 100 \quad (3)$$

Acurácia do Produtor (AP):

$$\frac{n_{11}}{n_{+1}} \cdot 100 \quad (4)$$

Acurácia do Usuário (AU):

$$\frac{n_{11}}{n_{1+}} \cdot 100 \quad (5)$$

Onde as variáveis tratadas são as seguintes:

n = Número de indivíduos na amostra.

Σ = Somatório.

n_{ii} = valor da linha i e coluna i .

n_{i+} = soma da linha i .

n_{+i} = soma da coluna i .

k = número total de classes.

A acurácia do usuário (AU) é o erro cometido ao atribuir um pixel a cada classe, quando este pertence a alguma outra classe, essas medidas estão associadas ao nível de confiança de cada classe mapeada. A acurácia do produtor (AP) está associada ao erro de omissão, que ocorre quando se deixa de mapear um pixel de uma classe corretamente e estão associadas à capacidade de se diferenciar corretamente uma classe das demais. A exatidão global é a estimativa da proporção de acerto global da classificação (PROJETO MAPBIOMAS, 2020).

A matriz de confusão é uma forma de representar as coincidências e contradições encontradas na classificação e constitui em uma das técnicas mais utilizadas para verificar a acurácia dos dados de um produto proveniente do sensoriamento remoto (CONGALTON, 2019). Uma das técnicas estatísticas que podem ser extraídas pela matriz de confusão é o Índice Kappa (K), cujos valores foram calculados de acordo com a fórmula descrita anteriormente.

Para determinação da qualidade da classificação pelo índice Kappa, foram utilizados os níveis de exatidão de acordo com Fleiss, Cohen e Everitt (1969), Congalton e Green (2019) (baseado em Landis e Koch, 1977) e Monserud e Leemans (1992), é demonstrada por Foody (2020), conforme tabela 3.

Tabela 3 - Níveis de qualidade do índice Kappa.

		Autores		
		Congalton e Green (2019)	Fleiss, Cohen e Everitt (1969)	Monserud e Leemans (1992)
KAPPA	1.0			
	0.8	Quase perfeito	Excelente	Excelente
		Substancial		Muito Bom
	0.6		Suficiente para bom	Bom
		Moderado		Suficiente
	0.4		Pobre	Pobre
	0.2	Suficiente		Muito Pobre
	0.0	Leve		Nenhuma
	Pobre			

Fonte - Adaptado (FOODY, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da confiabilidade dos dados de uso do solo cadastrado, foi feita em uma área de 77.416 ha do município de Mariana (cerca de 64,84% do território), a partir de dados obtidos do CAR em julho de 2021, onde o uso do solo está assim distribuído: área consolidada de 31.967 ha e vegetação nativa de 45.449 ha.

Para uma primeira análise, utilizou-se como referência as imagens do Google Earth, que em sua maioria são do satélite Geoeye, de 2021 (Google, 2021), obtendo-se a tabela 4 de precisão com informações do usuário e do produtor.

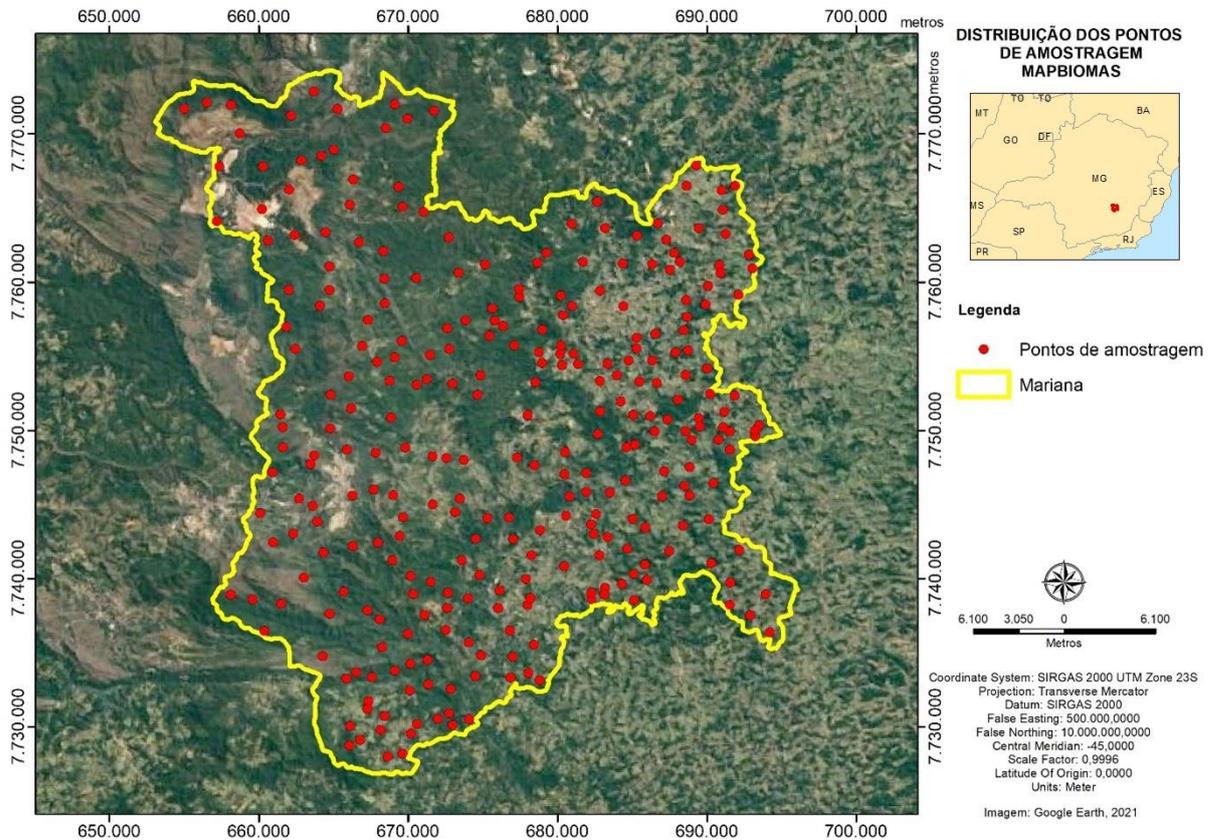
Tabela 4 - Avaliação de precisão com base na imagem do Google Earth.

	Área consolidada	Vegetação nativa	TOTAL usuário
Área consolidada	95	26	121
Vegetação nativa	9	162	171
TOTAL produtor	104	188	292

Fonte - os autores, 2021.

Apresenta-se abaixo na figura 4 a imagem do Google Earth com a localização de Mariana, com a distribuição espacial dos pontos de amostragem.

Figura 4 - Distribuição dos pontos de amostragem na imagem Google Earth.



Fonte - os autores (2021).

Através dos dados da Tabela 4, foi possível calcular a acurácia do usuário (AU) para a classe área consolidada, obtendo-se 78,51% e para a classe vegetação nativa 94,74%. Para a acurácia do produtor (AP) os valores chegaram a 91,35% e 86,17%, respectivamente. A exatidão global (EG) foi de 88,01%.

Já o índice Kappa (K) obtido pela análise da Tabela 3, apresentada anteriormente, atingiu o valor de 0,75, o que é considerado como uma qualidade boa para muito boa, de acordo com Monserud e Leemans (1992), substancial para Congalton e Green (2019) e entre suficiente para bom, por Fleiss, Cohen e Everitt (1969).

Além da análise com o emprego das imagens disponíveis e sem custo via Google Earth, foi utilizada a comparação com os dados do MapBiomias, coleção 5, produto também gratuito, com o emprego dos mesmos pontos para melhor verificação da acurácia. De acordo com o MapBiomias, Mariana foi classificada em 11 tipos de fitofisionomias, sendo quatro áreas naturais e sete áreas antrópicas como visto na Tabela 5.

Tabela 5 - Classificação das fitofisionomias do MapBiomias para Mariana/MG.

Área consolidada	Vegetação Nativa
Floresta plantada	Afloramento rochoso
Infraestrutura urbana	Formação florestal
Mineração	Formação savânica
Mosaico de agricultura e pastagem	Rio e lago
Outra área não vegetada	
Outras lavouras temporárias	

Fonte - Adaptado de PROJETO MAPBIOMAS, 2020.

Considerando-se a Tabela 5, a primeira linha corresponde às classes para as quais foram agregadas as outras classes que estão representadas na demais linhas. Assim, para a classe Área consolidada, foram incluídas as classes da primeira coluna desde Floresta Plantada até outras lavouras temporárias. Já para a classe Vegetação Nativa, foram agregadas as classes da segunda coluna desde Afloramento rochoso até Rio e lago. Assim, após a consolidação desses dados foi realizada nova contabilização de pixels, sendo gerada a Tabela 6, a qual corresponde à matriz de confusão após essa configuração.

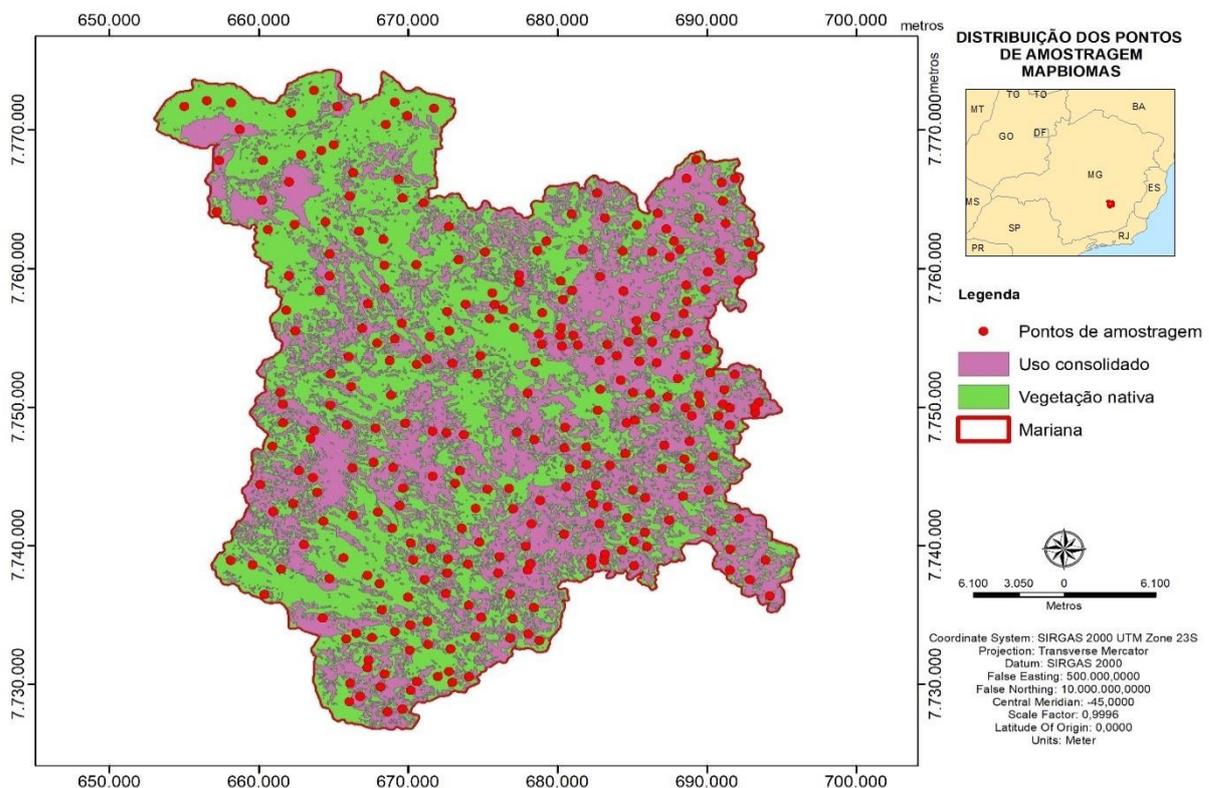
Tabela 6 - Matriz de confusão com base no MapBiomias.

	Área consolidada	Vegetação nativa	TOTAL usuário
Área consolidada	100	21	121
Vegetação nativa	22	149	171
TOTAL produtor	122	170	292

Fonte - os autores, 2021.

No mapa (Figura 5), o uso do solo do MapBiomias com a localização de Mariana e a distribuição espacial dos pontos de amostragem.

Figura 5 - Distribuição dos pontos de amostragem na base do MapBiomias.



Fonte - Adaptado de PROJETO MAPBIOMIAS, 2020.

A partir dos dados temáticos analisados por meio do MapBiomias (PROJETO MAPBIOMIAS, 2020) foram obtidos os valores da acurácia do usuário (AU) para a área consolidada, obtendo-se o valor de

82,64%, e para a classe vegetação nativa o valor de 87,13%. Para a acurácia do produtor (AP) os valores chegaram a 81,97% e 87,65%, respectivamente. A exatidão global (EG) foi de 85,27%. O índice Kappa (K) chegou a 0,69, o que é considerado como uma qualidade substancial, de acordo com Congalton e Green (2019), suficiente para bom, por Fleiss, Cohen e Everitt (1969) e bom para Monserud e Leemans (1992).

A acurácia do usuário para as áreas consolidadas apresentou melhor resultado com o MapBiomias, o que não aconteceu para as áreas de vegetação nativa, obtendo-se melhor resultado com a imagem do Google Earth, conforme demonstrado na tabela 7.

Tabela 7 - Valores obtidos pela acurácia do usuário.

	Google Earth	MapBiomias
Uso consolidado	78,51%	82,64%
Vegetação nativa	94,74%	87,13%

Fonte - os autores (2021).

Em relação à acurácia do produtor o resultado foi o inverso. As áreas consolidadas tiveram melhores resultados no Google Earth, sendo que no MapBiomias a melhor precisão se deu na vegetação nativa, conforme Tabela 8.

Tabela 8 - Valores obtidos pela acurácia do produtor.

	Google Earth	MapBiomias
Uso consolidado	91,35%	96,15%
Vegetação nativa	86,17%	79,26%

Fonte - os autores (2021).

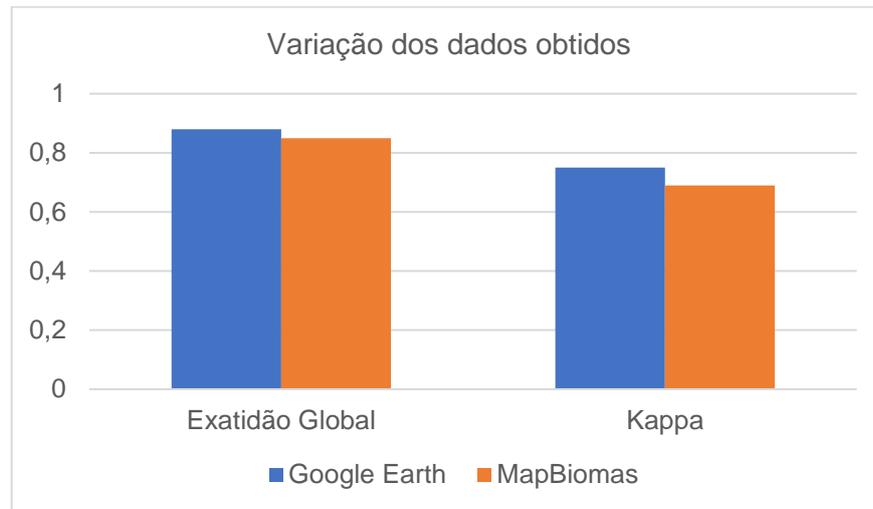
Tanto a exatidão global e o índice Kappa apresentaram valores melhores na análise feita com o Google Earth, apesar de estarem bem próximos os valores, conforme demonstrado na tabela 9 e no gráfico da Figura 6.

Tabela 9 - Valores obtidos pela exatidão global e índice Kappa.

	Google Earth	MapBiomias
Exatidão Global (EG)	0,88 (88,01%)	0,85 (85,27%)
Índice Kappa (K)	0,75 (74,79%)	0,69 (69,02%)

Fonte - os autores (2021).

Figura 6 - Gráfico da variação dos dados obtidos pela exatidão global e índice Kappa.



CONCLUSÃO

Como o Cadastro Ambiental Rural é um sistema auto declaratório, onde o produtor rural pode utilizar as imagens fornecidas pelo Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) para mapear a sua propriedade, era de se esperar algumas imprecisões nas informações prestadas.

Com o presente trabalho percebeu-se que existe uma boa confiabilidade nas informações prestadas, o que pode trazer uma certa transparência nos dados cadastrados pelos usuários do sistema.

Mesmo com bons resultados gerais, ainda é necessária a conferência imóvel a imóvel, para que o cadastro tenha uma maior confiabilidade, demonstrando a realidade das características da ocupação do solo dos imóveis rurais do município de Mariana/MG.

Somente com esses dados mais confiáveis é que se poderá traçar os melhores mecanismos de conservação do meio, podendo, assim, o poder público, ter uma melhor compreensão da distribuição do uso da terra, traçando as políticas públicas necessárias que visem a preservação do meio ambiente.

Em Mariana foram cadastrados 1.451 imóveis rurais no SICAR, sendo 1.276 imóveis com até quatro módulos fiscais, o que corresponde a 87,94% dos cadastrados. Como o decreto 7.830/2012 (Brasil, 2012b), no seu artigo 8º cita que esses imóveis estão sujeitos ao cadastramento simplificado, dispensando que um profissional habilitado em conselho de classe faça o levantamento da cobertura de uso do solo, o que pode explicar que a análise de qualidade temática não tenha atingido o potencial de excelência (classificações rotuladas como excelente, segundo os autores Fleis, Cohen e Everitt (1969) e Monserud e Leemans (1992)), de acordo com o índice Kappa.

Para trabalhos futuros, dados da confiabilidade cadastrados podem subsidiar as análises das áreas de preservação permanente, que necessitam de recuperação ambiental, além de propiciar que os imóveis rurais que tenham áreas preservadas superior ao mínimo previsto em lei (reserva legal mínima de 20% para a região sudeste e áreas de preservação permanente – APP), sejam utilizadas para a criação de um banco de dados com áreas disponíveis para a conservação ambiental, o que pode propiciar na geração de renda para esses proprietários, através das Cotas de Reserva Ambiental. As Cotas de Reserva Ambiental (CRA) são as áreas dentro de uma propriedade rural que tenha uma área de cobertura de vegetação nativa, além daquela já preservada pelo percentual mínimo de reserva legal e que podem ser comercializadas para outros proprietários que estejam com déficit de área para a sua reserva legal.

Outras possibilidades residem na utilização de veículos aéreos não tripulados (VANT), de modo a se visitar áreas que sejam restritas ou inacessíveis, bem como na redução dos custos de trabalhos de campo, e na eficiência de identificação e validação das áreas mapeadas pelos proprietários. O uso dos VANT tem se popularizado, devido à rapidez na obtenção de dados e pela sua capacidade de sobrevoar

uma ampla cobertura de área a custo e tempo reduzido, o que proporcionará resultados mais precisos e confiáveis.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, F. L. R.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T. Classificação do uso e cobertura da terra utilizando imagens SAR/Sentinel 1 no Distrito Federal. **Sociedade & Natureza**, v. 33, 2021. <https://doi.org/10.14393/SN-v33-2021-55954>
- BRASIL. **Lei Federal nº 4.504, de 30 de novembro de 1964**. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4504.htm. Acesso: 12 jul. de 2021.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012a**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa (...), 2012a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 12 jul. 2021.
- BRASIL. **Decreto Nº7.830, de 17 de outubro de 2012b**. Dispões sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental (...), Brasil, 2012d. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil03/ato2011-2014/2012/decreto/d7830.htm>. Acesso em: 18 jul. 2021.
- CONGALTON, R.G.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**. 3a Ed.; Nova York, Boca Raton: CRC Press, 328 p., 2019. <https://doi.org/10.1201/9780429052729>
- CIÊNCIAS E COGNIÇÃO. **Determinação do tamanho de uma amostra**. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/portal/wp-content/uploads/2011/09/Tamanho-da-Amostra-1-1.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- DUTRA, D. J.; ELMIRO, M. A. T.; COELHO, C. W. G. A.; NERO, M. A.; TEMBA, P. DA C. Temporal analysis of drought coverage in a watershed area using remote sensing spectral indexes. **Sociedade & Natureza**, v. 33, 2021. <https://doi.org/10.14393/SN-v33-2021-59505>
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - **Portal Público para Consulta de Módulos Fiscais**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl/modulo-fiscal>. Acesso em: 12 jul. de 2021.
- ESRI, **Environmental Systems Research Institute**. ArcGIS Professional GIS for the desktop, versão 10.6, 2018.
- FAVORETTO, J. B.; FAVORETTO, N. B.; FERREIRA, M. E. O código florestal e a sua flexibilização em áreas de preservação: o caso da Região Metropolitana de Goiânia, Goiás. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 23, n. 89, p. 340–351, 2022. <https://doi.org/10.14393/RCG238960625>
- FLEISS, J. L.; COHEN, J.; EVERITT, B. S. Large sample standard errors of kappa and weighted kappa. **Psychological Bulletin**, v. 72, n. 5, p. 323–327, 1969. <https://doi.org/10.1037/h0028106>
- FOODY, G. M. Explaining the unsuitability of the kappa coefficient in the assessment and comparison of the accuracy of thematic maps obtained by image classification. **Remote Sensing of Environment**, v. 239, n. January, p. 111630, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111630>
- Fundação SOS Mata Atlântica; INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2019/2020, relatório técnico**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2021. 73p. Disponível em: https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2021/05/SOSMA_Atlas-da-Mata-Atlantica_2019-2020.pdf. Acesso em: 12 jul. 2021.
- GOOGLE. **Google Earth Pro**. Imagens de 20 Maio 2021.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The Measurement of Observer Agreement of Categorical Data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159–174, 1977. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- MARIANA, Prefeitura Municipal de. **Revisão do Plano Diretor de Mariana**. Prefeitura Municipal de, 2019. Disponível em: <https://www.planodiretormariana.com.br/produtos>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- MARIANA, Prefeitura Municipal de. **Histórico da cidade**. Disponível em: <https://www.mariana.mg.gov.br/historico>. Acesso em: 12 jul. 2021.

MENDES, Danilo Ferreira et tal. Acurácia temática do classificador por máxima verossimilhança em imagem de alta resolução espacial do satélite geoeye-1. **Revista Nucleus**, Ituverava, v.12, n.1, p. 108-118, 2015. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.1011>

MENDES, R. M.; MATRICARDI, E. A. T.; COUTO JUNIOR, A. F.; PASSO, D. P.; LUIZ, C. H. P.; MIGUEL, E. P. Regularidade ambiental das áreas de reserva legal do Cerrado Brasileiro. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 23, n. 85, p. 330–349, 2022. <https://doi.org/10.14393/RCG238558017>

OLIVEIRA, R. A.; ANDRADE, E. L.; PEREIRA TONIOLO, B.; MARTINS, A. C. G.; E SILVA, D. C. C. Áreas verdes protegidas legalmente e aptas para interligarem duas unidades de conservação. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 23, n. 88, p. 300–312, 2022. <https://doi.org/10.14393/RCG238859816>

MICROSOFT 365, EXCEL. Versão 2019. Microsoft. 2019.

MONSERUD, R. A.; LEEMANS, R. Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic. **Ecological Modelling**, v. 62, n. 4, p. 275–293, 1992. [https://doi.org/10.1016/0304-3800\(92\)90003-W](https://doi.org/10.1016/0304-3800(92)90003-W)

PAZ, O. L. DE S. DA; VIKOU, S. V. DE P.; PILATTI, D. M.; PAULA, E. V. DE; OLIVEIRA, M. DE. Análise da eficiência do uso de aeronaves remotamente pilotadas no mapeamento de solo exposto em manguezais urbanos. **Sociedade & Natureza**, v. 33, 2021. <https://doi.org/10.14393/SN-v33-2021-59586>

PROJETO MAPBIOMAS – **Coleção 5 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil**, agosto de 2020. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em 12 jul. 2021.

SEE, L.; LASO BAYAS, J.C.; SCHEPASCHENKO, D.; PERGER, C.; DRESEL, C.; MAUS, V.; SALK, C.; WEICHSELBAUM, J.; LESIV, M.; MCCALLUM, I.; MOORTHY, I.; FRITZ, S. LACO-Wiki: A New Online Land Cover Validation Tool Demonstrated Using GlobeLand30 for Kenya. **Remote Sensing**, v. 9, p. 754, 2017. <https://doi.org/10.3390/rs9070754>

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). **Boletim informativo - CAR**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.florestal.gov.br/boletins-do-car/4774-boletim-informativo-abril-2020/file>. Acesso em: 18 jul. 2021.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). **ANALISARCAR – Análise dinamizada do Cadastro Ambiental Rural**. Brasília, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/ferramenta-de-analise-dinamizada-vai-agilizar-a-verificacao-dos-dados-do-car-pelos-estados/CartaInformativa_AnalisaCAR1.pdf/view. Acesso em: 12 jul. 2021.

SANTOS, L. F.; CERQUEIRA, C. A.; FERRAZ, M. I. F.; JESUS, C. M. de. Estrutura fundiária do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (MATOPIBA): o índice de GINI terras nos anos 2000. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 24, n. 92, p. 42–56, 2023. <https://doi.org/10.14393/RCG249262813>

Recebido em: 28/05/2023

Aceito para publicação em: 24/10/2023