

AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA DO MAPBIOMAS (COLEÇÃO 6¹) PARA O MUNICÍPIO DE CARPINA (PE)

Leonardo Cristiano da Silva Freitas

Universidade Federal de Pernambuco / Universidade Federal Rural de Pernambuco

E-mail: leonardo.geografo1@gmail.com

Lucas Costa de Souza Cavalcanti

Departamento de Ciências Geográficas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco

E-mail: lucas.cavalcanti@ufpe.br

Adalto Moreira Braz

Geografia e Paisagens Tropicais (PAISAGEO)

E-mail: adaltobraz.geografia@gmail.com

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a acurácia das classes de uso e cobertura da terra do MapBiomas para o município de Carpina (PE). O MapBiomas utiliza-se de uma série temporal das imagens do satélite Landsat e do *Google Earth Engine* que permite processamento em nuvem e classificadores automatizados na produção dos mapas. Para o estudo foram registradas classes de uso e cobertura em 360 pontos georreferenciados a partir de observações de campo e uso de GNSS. Em seguida para avaliar a acurácia foi utilizada a matriz de confusão e os índices dela derivados como: os coeficientes de concordância total (exatidão Global e índice Kappa) e os individuais (acurácia do usuário e acurácia do produtor). Os resultados mostraram uma concordância de 54% para a exatidão global e de 42,75% para o índice Kappa o que revela uma acurácia boa. Já para os coeficientes de concordância individuais, as classes: Cana, Corpos d'água, Formação florestal, Área urbanizada e outras áreas não vegetadas obtiveram um alto percentual de acurácia do usuário. Contudo, as classes: Pastagem e Mosaico de agricultura e pastagem, tiveram um baixo percentual de acertos, sendo confundidos principalmente com a classe Cana. Em relação à acurácia do produtor, as classes que apresentaram o maior valor de acurácia foram: Formação florestal, Área urbanizada, Mosaico de agricultura e pastagem e Corpos d'água.

Palavras-chave: Uso e cobertura da terra; MapBiomas; Acurácia; Carpina.

ASSESSMENT OF THE ACCURACY OF THE MAP OF USE AND COVERAGE OF THE LAND OF MAPBIOMAS (COLLECTION 6) FOR THE MUNICIPALITY OF CARPINA (PE)

Abstract

This study aimed to evaluate the accuracy of the MapBiomas land use and land cover classes for the municipality of Carpina (PE). MapBiomas uses a time series of Landsat satellite images and Google Earth Engine that allows cloud processing and automated classifiers in the production of maps. For the study there were use and coverage classes in 360 georeferenced points from field review and use of GNSS. Then, to assess the accuracy, the confusion matrix and the indexes derived from it were

¹ A coleção 6 do MapBiomas trata-se da série histórica anual de mapas e dados de cobertura e uso da terra lançado em 2021, possuindo uma legenda com 25 classes, cobrindo o período de 1985 a 2020. As coleções lançadas podem variar no período coberto, metodologia e legenda. Os dados podem ser acessados através de navegador *online* por meio da plataforma/dashboard do MapBiomas ou por meio *Google Earth Engine* (GEE) que permite download por estado, bioma, município e qualquer outra geometria desejada (Mapbiomas, 2021).

used, such as: the total agreement coefficients (Global accuracy and Kappa index) and the individuals (user accuracy and producer accuracy). The results induced an agreement of 54% for the global accuracy and 42.75% for the Kappa index, which reveals a good accuracy. As for the individual agreement coefficients, such as classes: Sugarcane, Water bodies, Forest formation, Urbanized area and Other non-vegetated areas obtained a high percentage of user accuracy. However, as classes: Pasture and Mosaic of agriculture and pasture, they had a low percentage of correct answers, being mainly confused with the Cane class. Regarding producer accuracy, the classes that dissipate the highest accuracy value were: Forest formation, Urbanized area, Mosaic of agriculture and pasture and Water bodies.

Keywords: Land use and cover; MapBiomias; Accuracy; Carpina.

EVALUACIÓN DE LA EXACTITUD DEL MAPA DE USO Y COBERTURA DEL TERRENO DE MAPBIOMAS (COLECCIÓN 6) PARA EL MUNICIPIO DE CARPINA (PE)

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la precisión de las clases de uso y cobertura del suelo de MapBiomias para el municipio de Carpina (PE). MapBiomias utiliza una serie temporal de imágenes de satélite Landsat y Google Earth Engine que permite el procesamiento en la nube y clasificadores automatizados en la producción de mapas. Para el estudio se contó con clases de uso y cobertura en 360 puntos georeferenciados a partir de revisión de campo y uso de GNSS. Luego, para evaluar la precisión se utilizó la matriz de confusión y los índices derivados de ella, tales como: los coeficientes de concordancia total (precisión global e índice Kappa) y los individuales (precisión del usuario y exactitud del productor). Los resultados indujeron una concordancia del 54% para la precisión global y del 42,75% para el índice Kappa, lo que revela una buena precisión. En cuanto a los coeficientes de concordancia individuales, tales como clases: Caña de azúcar, Cuerpos de agua, Formación forestal, Área urbanizada y Otras áreas sin vegetación obtuvieron un alto porcentaje de precisión del usuario. Sin embargo, como clases: Pasto y Mosaico de agricultura y pastos, tuvieron un bajo porcentaje de respuestas correctas, siendo mayoritariamente confundidas con la clase Caña. En cuanto a la precisión del productor, las clases que disipan mayor valor de precisión fueron: Formación forestal, Área urbanizada, Mosaico de agricultura y pastos y Cuerpos de agua.

Palabras clave: Uso y cobertura del suelo; MapBiomias; Precisión; Carpina.

Introdução

O planejamento ambiental tem papel fundamental para o desenvolvimento sustentável das atividades socioeconômicas e culturais das sociedades, minimizando os impactos negativos que comprometem a vitalidade do planeta Terra. Cada vez mais, as necessidades humanas por recursos naturais, infraestrutura urbana e terras produtivas tem acarretado na fragmentação das paisagens naturais em todo planeta, gerando impactos diretos e indiretos nos ecossistemas. Desenvolvimento e sustentabilidade não podem mais ser abordados separadamente (FREITAS et al, 2020). Entender a dinâmica do uso e cobertura da terra é de suma importância para a gestão e o planejamento do território,

garantindo o conhecimento necessário para a compreensão de questões ambientais, sociais e econômicas (LEITE; ROSA 2012).

O mapeamento de uso e cobertura da terra indica a distribuição geográfica de tipologias de uso, bem como a exploração dos recursos naturais, identificadas por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre, demandando esforços de pesquisas de escritório e de campo, voltadas para a interpretação, análise e registros de observação das paisagens, com o objetivo de classificar tipos de uso e cobertura da terra, para sua composição em mapas (IBGE, 2013). Nos últimos anos o avanço da geoinformação tem contribuído de maneira relevante para o monitoramento e mapeamento da dinâmica do uso e cobertura da terra, apontando resultados fundamentais para os estudos que visam o ordenamento ambiental e territorial.

Mais recentemente, no Brasil, a iniciativa MapBiomias foi lançada, com o objetivo de mapear sistematicamente, e de modo eficiente, o uso e cobertura da terra em escala nacional. A iniciativa tem disponibilizado, através de uma rede colaborativa de equipes especializadas por biomas ou tipologias específicas, dados contendo a classificação estruturada e assertiva sobre o uso e cobertura da terra no Brasil. Desde o seu lançamento, em 2015, o banco de dados da iniciativa conta com a informação anual (raster, mapas e gráficos) do uso e cobertura da terra no Brasil, desde o ano de 1985 até 2020, na sua atual coleção – 6.0 (MAPBIOMAS, 2021).

A iniciativa de mapeamento utiliza séries temporais de imagens Landsat, processadas no Google Earth Engine. Os resultados são submetidos a uma validação com base em amostras de pixels e inspecionada por intérpretes independentes numa plataforma específica (*Temporal Visual Inspection – TVI*) utilizando imagens Landsat, MODIS, *Google Earth* e séries temporais de precipitação (MAPBIOMAS, 2020).

O MapBiomias utiliza a proposta de Stehman (2014) e Stehman (2019), apoiada em matrizes de erro populacional, e precisões globais do usuário e do produtor. Neste artigo, propõe-se avaliar a acurácia do mapa de uso e cobertura da terra do MapBiomias (2020) com base nas seguintes avaliações: acurácia do usuário e acurácia do produtor (CONGALTON; GREEN, 1999), exatidão global (STEHMAN, 1996) e índice Kappa (COHEN, 1960). Dessa forma, com a validação da acurácia de mapeamento nessa escala, pretende-se compreender as principais tipologias de uso e cobertura da terra presentes no município, que apresentam maior complexidade de distinção em mapeamentos nesta escala (30m de resolução espacial, ou ~1:60.000).

processo vem acarretando grandes transformações no uso e na cobertura da terra nos últimos anos. com a abertura de vários novos loteamentos, condomínios e a instalações de grandes empreendimentos como redes varejistas e *shopping center*.

Na área rural do município o cultivo da cana-de-açúcar ainda é um dos principais usos da terra desde o período colonial. No entanto, atualmente a monocultura da atividade açucareira vem cada vez mais perdendo espaço para outras atividades agropecuária como a pastagem para a pecuária de bovinos e o cultivo de florestas plantadas (eucalipto).

Aspectos geoambientais

Em relação as características geoambientais o município está inserido no domínio morfoclimático dos mares de morros (AB'SABER, 2003), com predominância de relevos colinoso que variam de suave ondulado a forte ondulado e tabuleiros de topos planos. Geologicamente, encontra-se inserido na Província Borborema, apresentando litotipos do Complexo Salgadinho, da Suíte Serra de Taquaritinga, do Complexo Vertentes e do Grupo Barreiras (CPRM, 2005).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima é considerado do tipo *As'*tropical com estações secas, apresentando precipitações pluviométricas anuais de 1111,8mm, com chuvas de outono/inverno, e temperaturas médias anuais de 24,6°C. O município está inserido nos sistemas hidrográficos das bacias dos Rios Goiana e Capibaribe, tendo como principais cursos d'água respectivamente o Rio Tracunhaém e o Rio Capibaribe.

Os solos mais representativos no município são: os Argissolos Vermelhos eutróficos e os Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos com texturas média/argilosa em relevos suave ondulado a forte ondulado, os Nitossolos Vermelhos eutróficos com textura argilosa em relevos forte ondulado e ondulado, os Latossolos Amarelos distróficos de textura média em terrenos suave ondulado e plano e os Luvisolos Crômicos órticos com textura média/argilosa e relevos suave ondulado e ondulado (BDIA/IBGE, 2021).

Procedimentos metodológicos

Para realização da acuracidade foi utilizado a matriz de erro ou matriz de confusão (CONGALTON; GREEN, 1999), que é forma mais utilizada para avaliar a qualidade de uma classificação temática. Através da matriz de confusão obteve-se os coeficientes de concordância individuais como: a acurácia do usuário e acurácia do produtor

(CONGALTON; GREEN, 1999), e os coeficientes de concordância total: a exatidão global (STEHMAN, 1996) e o índice Kappa (COHEN, 1960).

Inicialmente foi composto um mapa temático de uso e cobertura da terra para o ano de 2020, no município de Carpina (PE), com dados provenientes da coleção 6 do MapBiomias. Para isso foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS, versão 3.10.9 (A coruña). Em seguida a metodologia empregada foi subdividida em três etapas: 1) visita de campo para obter os pontos amostrais com a verdade de campo, 2) geração da matriz de confusão e obtenção da acurácia do usuário, do produtor e a exatidão global, 3) cálculo do índice Kappa.

Na primeira etapa foram registradas classes de uso e cobertura em 360 pontos distribuídos por toda área do município e georreferenciados a partir de observações de campo e uso de sistema de navegação por satélite (*Global Navigation Satellite System – GNSS*). As coletas de campo foram realizadas nos meses de setembro e novembro de 2020 e facilitadas pelos grandes números de estradas canaveiras presentes no município que são utilizadas para o escoamento da safra da cana-de-açúcar. Posteriormente no Excel, foi gerado uma tabela em formato CSV, contendo as coordenadas e a verdade de campo para cada ponto. A tabela de pontos foi importada para o QGIS como uma camada de texto delimitado e salva no formato *shapefile*.

Para geração da matriz de confusão foi utilizado o *plugin Acatama* (LLANO, 2019). Esse procedimento ocorreu ainda no QGIS, onde os 360 pontos precisaram ser rotulados com a verdade de campo (classes de uso da terra). No Acatama, os pontos contendo a verdade de campo foram confrontados com o mapa temático do MapBiomias. Em seguida o Acatama gerou de forma automática a matriz de confusão, já contendo os valores da acurácia do usuário e do produtor, assim como, a exatidão global. Ainda nessa etapa, foi gerado uma tabela com os percentuais de acertos para acurácia do usuário e do produtor (Tabela 3).

A etapa final foi exportar a matriz de confusão para o Excel onde realizou-se o cálculo para índice Kappa utilizando a Equação 1, proposta por Cohen (1960), onde $\sum_{i=1}^c x_{ii}$ = somatório diagonal da matriz de confusão; n = número total de amostras coletadas; c = número total de classes; x_{i+} = soma da linha i ; x_{+i} a soma da coluna i da matriz de confusão.

Equação 1:

$$\text{Índice kappa: } K = n \frac{\sum_{i=1}^c x_{ii} - \sum_{i=1}^c x_{i+} x_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^c x_{i+x_i}}$$

Os resultados da acurácia obtidos através do índice Kappa para a classificação do MapBiomias, foram avaliadas de acordo com os intervalos do Coeficiente Kappa, proposto por Congalton e Green (1998) (Tabela 1), aonde os valores vão de 0 a 1, sendo 1 a concordância máxima e quando multiplicados por 100, resulta na porcentagem da precisão da classificação do mapa.

Tabela 1: Classes do índice Kappa

INDICE KAPPA	QUALIDADE
0,00	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: Adaptado de Landis e Koch (1977).

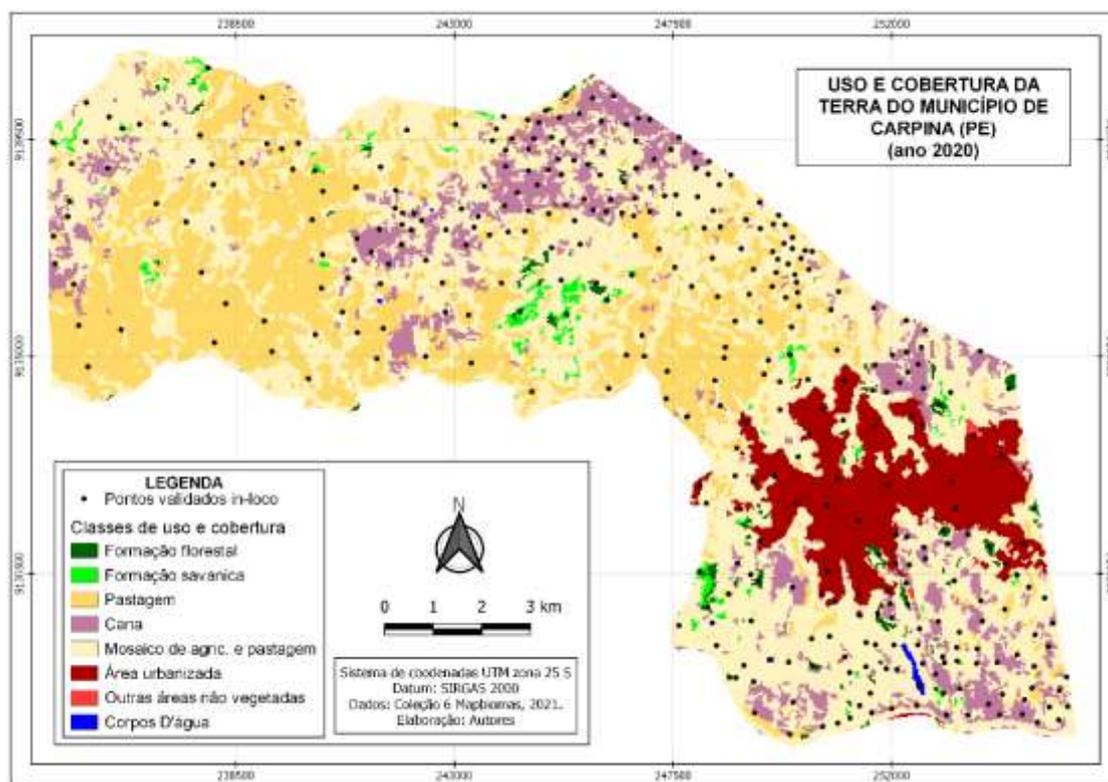
Resultados e Discussões

De posse do mapa temático com a classificação do Mapbiomas (2020), observou-se que o município de Carpina integra um mosaico com 8 classes de uso e cobertura da terra (Figura 2). As classes mais representativas são: as pastagens, a cana-de-açúcar, as áreas urbanizadas e os mosaicos de agricultura e pastagens.

Por meio da matriz de confusão apresentada na Tabela 2, foi possível obter tanto os coeficientes de concordância geral (exatidão global e índice Kappa), como também os percentuais de acurácia individuais de cada classe (acurácia do usuário e acurácia do produtor). A diagonal principal representada em negrito na matriz de confusão, indica a quantidade de pontos de cada classe corretamente classificados de acordo com a verdade de campo.

Com base na matriz de confusão a exatidão Global apresentou um percentual de acertos de 54%, já o índice Kappa obteve uma concordância 42,75%, ambos os índices indicaram uma acurácia considerada Boa de acordo com Landis e Koch (1977), (Tabela 01).

Figura 2: Mapa das classes de uso e cobertura com os pontos validados em campo



Fonte: MapBiomas 2020, organizado pelos autores.

Tabela 2. Matriz de confusão para análise da acurácia das classes de uso e cobertura da terra do MapBiomas: FF - Formação florestal, FS – Formação Savânica, P - Pastagem, C – Cana, MAP - Mosaico de agricultura e pastagem, AU – Área urbanizada, OANV - Outras áreas não vegetadas, A - Corpos D'água.

CLASSIFICAÇÃO DO MAPBIOMAS	CLASSES	VERDADE DE CAMPO								Total
		FF	FS	P	C	MAP	AU	OANV	A	
	FF	15	0	0	0	2	0	0	0	17
	FS	5	0	4	0	0	0	0	0	9
	P	0	0	41	18	5	3	1	1	69
	C	0	0	5	72	0	0	0	0	77
	MAP	2	0	34	70	37	3	5	2	153
	AU	0	0	1	3	0	25	0	0	29
	OANV	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	A	0	0	0	0	0	0	0	5	5
	Total	22	0	85	163	44	31	7	8	360

Fonte: Autores, 2021.

O índice Kappa leva em consideração todas as células da matriz de confusão (erros de comissão e omissão), o que pode tornar o valor da acurácia mais consistente. A Exatidão Global considera apenas os pontos corretamente classificados na matriz de confusão

Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n. 45, v. 2, p. 38-52, mai-ago 2023.

ISSN: 2176-5774

(diagonal principal) e o total de pontos amostrais. Por esse motivo a mesma obteve uma concordância maior do que o índice Kappa. Contudo ambos os índices são amplamente utilizados para validação de acurácia em mapeamentos temáticos de uso e cobertura da terra.

A tabela 3 mostra os percentuais da acurácia do usuário e do produtor, essas foram utilizadas para medir os índices de concordância individual para cada classes. A acurácia do usuário está relacionada com o erro de inclusão ou comissão, enquanto a acurácia do produtor refere-se ao erro de omissão (CONGALTON, 1991).

Tabela 3: Percentual de acurácia do usuário e do produtor para cada classe de uso e cobertura.

CLASSES TEMATICAS	ACURÁCIA (%)	
	USUÁRIO	PRODUTOR
Formação florestal	88,23	68,18
Formação savanica	0	0
Pastagem	59,42	48,23
Cana	93,50	44,17
Mosaico de agric. e pastagem	24,18	84,09
Área urbanizada	86,20	80,64
Outras áreas não vegetadas	100	14,28
Corpos D'água	100	62,5

Fonte: Autores, 2022.

Através da acurácia do usuário foi possível observar que o Mapbiomas obteve um alto de acertos nas classes: Formação florestal, Cana, outras áreas não vegetadas, Corpos d'água e área urbanizada. Já as classes pastagem e mosaica de agricultura e pastagens notou-se um baixo percentual. Por outro lado, na acurácia do produtor as classes que apresentaram o maior valor de acurácia foram: área urbanizada, mosaico de agricultura e pastagem, Formação florestal e corpos D'água. Já as demais classes revelaram uma baixa acuracidade do produtor e um alto erro de omissão.

A classe Cana compreende as áreas cultivadas com cana-de-açúcar sendo uma das principais formas de uso da terra no município e obteve uma acurácia do usuário de 93,50%, corroborando a qualidade dos procedimentos de identificação do tema adotados pelo Mapbiomas. No entanto, essa classe teve uma baixa acurácia do produtor, indicando que apenas 44,17% das áreas de Cana observadas em campo foram mapeadas para a classe temática cana, o que representa um erro de omissão de 55,83%.

A classe Formação florestal também apresentou um alto percentual de acertos para acurácia do usuário, com 88,23% da área corretamente classificadas, ou seja, houve um erro de comissão de apenas 11,77% para essa classe. Ela obteve ainda um bom resultado para a acurácia do produtor, com 68,18% de todas as áreas observadas em campo com Formação florestal classificadas corretamente para a classe Formação florestal no mapa. O erro de omissão para essa classe foi de 31,82%.

Segundo o Mapbiomas a classe formação florestal no bioma mata atlântica engloba as florestas ombrófilas densas, abertas e mistas, e florestas estacionais decíduais e semidecíduais. As observações de campo permitiram identificar também que algumas dessas áreas classificadas como Formação florestal são plantações de eucalipto (Figura 3) para fins comerciais, que se enquadrariam na classe de Floresta plantada.

Figura 3: Áreas com cultivo de eucalipto (Floresta plantada).



Fonte: Autores, 2021.

A classe Área urbanizada obteve uma excelente acurácia do usuário e do produtor com um percentual de 86,20% e 80,64% respectivamente. Os erros de comissão e omissão foram menores que 20%. de acordo com o mapbiomas (2021), essa classe compreende as

áreas urbanas com predomínio de superfícies não vegetadas, incluindo estradas, vias e construções.

Outras classes que obtiveram excelente percentual de acurácia do usuário foram: os Corpos d'água 100% e a Outras áreas não vegetadas 100%. Observa-se que essas foram as classes do mapa temático que não apresentou erro de comissão, ou seja, com a observação de campo notou-se que 100% dessas classes estavam corretamente classificadas pelo Mapbiomas.

Já na acurácia do produtor a classe Corpos D'água apresentou um percentual de 60,00%, enquanto a classe outras áreas não vegetadas, obteve apenas 10,0%, indicando que 90% das áreas validadas em campo como Outras áreas não vegetadas foram omitidos na classificação.

Um grande problema de acurácia do foi observado nas classes: Pastagem e Mosaico de agricultura e pastagem, estas foram fortemente confundidas com a cana-de-açúcar. A confusão pode ser atribuída ao fato de que, por ser um tipo de lavoura temporária, a cana-de-açúcar apresenta diferentes estágios fenológicos (Figura 4). Além disso, o corte da cana ocorre em momentos distintos e parcelas diferentes, criando um mosaico de cana em diferentes estágios fenológicos. Estes fatos podem contribuir significativamente para o baixo percentual de acertos.

A classe Pastagem destaca-se por ser uma das mais representativa no município como representado no mapa temático do MapBiomas 2020, (Figura 2). No entanto, com a validação de campo foi constatado um baixo percentual de acurácia do usuário, com apenas 59,42% de acertos, o que revela um erro de comissão de mais de 40%. A acuracidade do produtor também apresentou um percentual baixo com apenas 48,23%, de todas as pastagens observadas em campo corretamente classificadas para a classe Pastagem no mapa temático.

Figura 4: Diferentes estágios do crescimento anual da Cana-de-açúcar.



Fonte: Autores, 2021.

A confusão observada nessa classe está ligada diretamente a dinâmica de variação da cana-de-açúcar principalmente quando, ela está no estágio inicial de crescimento que pode ser confundida com pastagem. Com isso, foi identificado que muitas das áreas que o Mapbiomas classifica como pastagem são cultivos de cana-de-açúcar.

A classe Mosaico de agricultura e pastagem é uma classe “mista” que representa as áreas onde não é possível discriminar o tipo de uso agropecuário entre pastagem ou agricultura (Figura 5). Esta classe obteve um percentual de acurácia do usuário de apenas 24,18%, das áreas corretamente classificadas, o que indica um erro de comissão de 75,82%. Apesar de ser uma classe mista onde já se esperava a presença de pastagem e agricultura, ela se confundiu também com todas as outras classes de uso e cobertura. Por outro lado, a acurácia do produtor apresentou um alto percentual com 84,09%, das áreas observadas em campo corretamente classificadas para a classe mosaico de agricultura e pastagem no mapa temático.

Figura 5: Áreas observadas com mosaico de agricultura e pastagens.



Fonte: Autores, 2021.

Em campo foi identificado que as áreas classificadas pelo Mapbiomas como mosaico de agricultura e pastagem quando não confundidas com outras classes, estão ligadas a culturas agrícolas temporárias de curta e média duração (Figura 5) como: milho, feijão, mandioca, batata-doce etc. cultivadas em pequenas propriedades (sítios e granjas) de agricultura familiar de subsistência, onde também são identificadas uma variedade de árvores frutíferas.

Em relação a formação savânica, não foi identificado no município fragmentos florestais que se enquadrassem nessa classe. Segundo o mapbiomas na mata atlântica essa classe integra as áreas de savanas-estépicas florestadas e arborizadas. Com as visitas de campo constatou-se que as áreas classificadas como sendo formação savânica são pastagens ou fragmentos de mata atlântica que se enquadraria na classe formação florestal.

Conclusões

Compreender a dinâmica de uso e cobertura da terra é de fundamental importância para o planejamento municipal sustentável. Com isso, o projeto Mapbiomas consolida-se como uma iniciativa inovadora e facilitadora para os estudos que têm o uso e cobertura da terra como informação vital para reconhecimento, planejamento ou aproveitamento dos recursos naturais.

Com o estudo apresentado foi possível identificar que, enquanto algumas classes obtiveram alto percentual de acertos a exemplo da cana, da formação florestal, dos corpos d'água e das áreas urbanizadas, outras tiveram uma baixa acuracidade, a exemplo da pastagem e dos mosaicos de agricultura e pastagem. Aqui sugere-se que o erro deva estar relacionado aos diferentes estágios fenológicos da cana-de-açúcar e ao manejo que define áreas e momentos de corte e replantio, o que apresenta uma gama bastante variada na resposta espectral nas imagens, o que demandaria uma alta dinâmica de atualização (tendo em vista o curto estágio de desenvolvimento da cultura) ou uma quantidade exaustiva de subclasses de mapeamento.

Todavia, o mapeamento disponibilizado pelo MapBiomas se mostrou um excelente produto, na escala que se propõe, para avaliação do uso e cobertura da terra no município de Carpina. Constatou-se também que tanto a acurácia global como o índice kappa manifestaram uma excelente consistência nos resultados, valorizando assim a qualidade do mapeamento temático. O mesmo se aplica a acurácia do usuário e do produtor que permitiram avaliar cada classes de uso e cobertura individualmente levando em consideração os erros de comissão e omissão.

Referências

ANSERSON, J. R.; HARDY, E. E.; ROACH, J. T.; WITNER, H. E. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos**. Tradução de Harold Strang. Rio de Janeiro: IBGE. (Série Paulo de Assis Ribeiro, n. 9). 1979. p. 78.

BDIA, **Banco de Dados de Informações Ambientais**. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home> . Acesso em: 01 out. 2021.

COHEN, J. A. **coefficient of agreement for nominal scales**. *Educational and Psychological measurement*, New York. v. 20, p. 37-46, 1960.

CONGALTON, R. A. **Review of assessing the accuracy of classification remotely sensed data**. *Remote Sensing of Environment*, Washington. v. 37, 35- 36, 1991.

CONGALTON, R. G., Green, K. **Assessing the accuracy of remote sensed data: principles and practices**. Boca Raton: Lewis, p. 183, 1999.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, Estado de Pernambuco: diagnóstico do município de Carpina**. Pernambuco, 2005.

FREITAS, L. C. S., ARAÚJO, H. C., MOURA, C. L. T., CAVALCANTI, L. C. S. **Caracterização Geoambiental da Bacia do Rio Curaçá – BA**. In: Seabra, G. (Orgs.). **Terra – A Saúde Ambiental Para a Vitalidade do Planeta**. Ituiutaba, MG. (Ed.) Barlavento, 2020. p.1407-1420.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. **Manual Técnico de Uso e Cobertura da Terra**. Rio de Janeiro. 2013.

JENSEN, J. R., 2007. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução: José Carlos Neves Epiphanyo (Cor.) et. al. Parêntese, São José dos Campos, SP. 2ª Edição. P. 672. 2009.

LANDIS, J., KOCH, G. G., 1977. **The measurements of agreement for categorical data Biometrics**. Washington. v.33, p. 159-179. 1977.

LEITE, E. F., ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. **bservatorium: Revista Eletrônica de Geografia** v.4, n12, p. 90-106. 2012.

MAPBIOMAS. **Coleção 6.0 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil**, Disponível em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR Acesso: 01 out. 2021.

MAPBIOMAS. **MapBiomas General “Handbook”**. Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). Collection 5. Version 1.0. Disponível em: http://mapbiomas-brsite.s3.amazonaws.com/ATBD_Collection_5_v1 . pdf. Acesso: 10 out. 2021.

MAPBIOMAS. **Visão geral da metodologia**. Disponível em: <http://mapbiomas.org/visao-geral-dametodologia> . Acesso: 10 fev. 2020.

STEHMAN, S. V. Estimating área and map accuracy for stratified random sampling when the strata are diferente from the map classes. **International Journal of Remote Sensing**, Leicester. 35:13, p. 4923-4939. 2014.

STEHMAN, S. V. Estimating the Kappa coefficient and its variance under stratified random Sampling. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Bethesda, v. 62, n. 4, p. 401-407. 1996.

STEHMAN, S. V., 2009. Sampling designs for accuracy assessment of land cover. **International Journal of Remote Sensing**, Leicester. 30:20, p. 5243-5272. 2009.

Recebido em: fevereiro de 2022
Aceito em: junho de 2023