

## **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE METODOLOGIAS PARA ELABORAÇÃO DE MAPAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO: O CASO DO MUNICÍPIO DE PACATUBA - CE**

Lara Lima Lourenço <sup>1</sup>  
Gislania de Meneses Silva <sup>2</sup>  
Maria Lúcia Brito da Cruz <sup>3</sup>

### **INTRODUÇÃO**

O processo de expansão dos núcleos urbanos, juntamente com a ausência de um planejamento adequado sobre as formas de uso e ocupação do solo, devido à escassez de políticas públicas de preservação ambiental, está sendo causados impactos significativos em diferentes espaços do mundo, especialmente no Brasil (NETO et al., 2020).

Com isso, Calijuri et al. (2019) afirma que a mudança no uso e ocupação do solo sem planejamento pode degradar o meio ambiente causando alguns impactos negativos, entre eles, a impermeabilização da superfície, o assoreamento dos corpos d'água, a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, as inundações e a perda da produtividade, com processos de erosão cada vez mais acelerado.

Gonzales e Wintz (1987) destacam que existem metodologias automáticas que são extremamente rápidas para o processamento de dados, entre elas, a segmentação das imagens, onde o usuário indica as áreas que serão classificadas e posteriormente aplica o processamento automático, caracterizado como classificação automática supervisionada.

Durante as últimas décadas, os avanços nas técnicas de geoprocessamento para o monitoramento e observação da Terra, incluindo o sensoriamento remoto, intensificaram os estudos globais, regionais e locais acerca das alterações de uso e ocupação do solo, sobretudo no monitoramento de cobertura vegetal (Chaikaew, 2019).

Nessa perspectiva, é fundamental realizar o mapeamento de uso e ocupação do solo de uma região, a fim de tornar-se útil para a compreensão e ordenação do espaço geográfico e das alterações ocorridas, uma vez que, os componentes do meio biofísico estão em constante mudanças devido ao crescimento das atividades humanas. Porém, deve-se tomar os devidos cuidados com a metodologia abordada na análise da área.

---

<sup>1</sup>Doutoranda em Geografia na Universidade Estadual do Ceará - UECE, laralimalourenco@hotmail.com;

<sup>2</sup>Doutoranda em Geografia na Universidade Estadual do Ceará - UECE, gislaniameneses@gmail.com;

<sup>3</sup>Professora do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará - UECE, mlb.cruz@gmail.com.

Financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico – CNPQ e pela Coordenação de aperfeiçoamento de pessoa de nível superior - CAPES

Para análise comparativa do presente estudo, foi escolhido o município de Pacatuba, localizado na região metropolitana de Fortaleza-RMF no estado do Ceará. Apresenta uma área diferenciada com a presença de relevos diversificados e um crescimento populacional considerável, onde é possível gerar diversas classes de uso e ocupação do solo.

Portanto, a presente pesquisa tem como objetivo realizar uma análise comparativa do uso e ocupação do solo no município de Pacatuba-CE para o ano de 2022, mapeando e identificando as diferenças das classes geradas pelo algoritmo de classificação supervisionada da imagem de código aberto *Dzetsaka*, complemento do software de geoprocessamento QGIS, em comparação com os dados disponíveis na plataforma MAPBIOMAS.

O estudo foi desenvolvido a partir de duas motivações principais: (1) a inexistência de dados comparativos entre os dois tipos de mapeamento, em qualquer área geográfica; (2) subsidiar a produção de análises mais específicas e precisas sobre as classes geradas, a fim de contribuir com os indicadores sociais, econômicos, ambientais e políticos.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a execução do primeiro mapeamento de uso e ocupação do solo no município de Pacatuba, foi utilizada a base matricial do ano de 2022, através da coleção 8, que foram obtidas junto ao projeto MAPBIOMAS. O projeto foi iniciado em 2015 e é uma iniciativa do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima (SEEG/OC) e produzido por diversas universidades, Organizações Não Governamentais (ONGs) e companhias privadas.

Os dados disponibilizados pelo MapBiomas foram elaborados a partir de imagem do satélite Landsat 8 para o ano de 2022, com resolução de 30 metros. Os arquivos foram gerados a partir de algoritmos nas linguagens Javascript e Python, gerando 40 tipos de classes diferentes para uso e ocupação do solo, desses, 18 foram gerados para o município de Pacatuba.

A imagem em formato raster adquirida no site do MapBiomas, foi processada por um software de SIG (QGIS 3.22.13), posteriormente os dados foram organizados em planilhas no Excel. Foi realizado o tratamento de imagens que envolveu o processamento dos dados para o sistema de coordenadas SIRGAS 2000 e para a projeção UTM na Zona 24S. Em seguida, as imagens foram recortadas de acordo com os limites municipais da área.

Após o recorte da área, o raster foi vetorizado para um melhor tratamento e visualização dos dados. Logo em seguida, foi feita a verificação das classes manualmente e a adequação das 18 classes geradas inicialmente para apenas 9 que realmente existem na área de estudo.

Posteriormente foi feita a classificação da simbologia com a utilização do código de legenda para os valores de pixel na Coleção 8 do MapBiomass, onde foi preenchido os códigos e sua respectiva classificação, conforme já predefinido pela plataforma.

Para o segundo mapeamento de uso e ocupação do solo, foi utilizado o algoritmo de classificação supervisionada da imagem de código aberto *Dzetsaka*, o qual permite a geração dos mapas de uso, ocupação e cobertura do solo a partir da escolha de áreas de treinamento, extração de assinaturas dos alvos e classificação supervisionada considerando o método *Gaussian Mixture Model (GMM)*, é um *plugin* disponível no software QGIS.

Com isso, foi necessário, primeiramente, selecionar a imagem a ser trabalhada no site do Earth Explorer do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), foi selecionada a imagem do satélite Landsat 8, sensor OLI, do ano de 2022, a fim de analisar de forma igual aos dados gerados pelo MAPBIOMASS.

No software QGIS, foi realizado a composição das bandas da imagem de satélite, foi utilizado as bandas 6, 5 e 4 para fazer uma composição colorida RGB, logo em seguida a imagem foi reprojeta para coordenadas SIRGAS 2000, UTM 24S. Posteriormente foi feito o recorte da imagem para área de estudo.

Seguindo este percurso metodológico, foi realizado o processo de classificação supervisionada da imagem através do *plugin Dzetsaka Classification Tool*, foram criadas amostras em forma de polígonos e feito o processamento dos dados.

Portanto, foram identificadas nove classes de uso e cobertura do solo na área estudada, as quais foram adaptadas do Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013), do Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil (IBGE, 2018) e baseada no MAPBIOMASS, gerando as mesmas nove classes que foram geradas pela plataforma.

Por fim, foram utilizados dados relativos a limites político-administrativos e sedes municipais, obtidos no Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) do ano de 2023. Assim, mediante os procedimentos adotados, conseguiu-se gerar o mapa comparativo de uso e ocupação do solo do município de Pacatuba - CE, o (1) referente ao gerado pelo MapBiomass, e o (2) pela classificação supervisionada no QGIS.

## **USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

Segundo IBGE (2013, p. 44), ao utilizar o termo uso e ocupação do solo pressupõe-se a elaboração de uma análise que irá considerar as tipologias vegetacionais, os componentes da

área de estudo e também as formas de uso que estão sendo empregados, pois é comum que as práticas socioeconômicas sejam associadas ao extrato vegetacional.

De acordo com Santos (2006), as atividades de uso e ocupação da terra são derivadas das formas socioeconômicas e refletem no desenvolvimento técnico-científico e nas relações estabelecidas entre sociedade e natureza, além de denunciar o grau de conservação, preservação e degradação dos recursos naturais face aos processos produtivos.

Com base em Borges, Borges e Nishiyama (2008), o mapeamento do uso e ocupação do solo, utilizando como suporte as técnicas de SIG e Sensoriamento Remoto, representa um instrumento de apoio no processo de planejamento e gerenciamento da ocupação da área, contribuindo na avaliação e no monitoramento, com o intuito de garantir a conservação dos recursos existentes, sejam eles naturais ou modificados pelo homem.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Após o processamento dos dados, foram realizados os mapeamentos de uso e ocupação do solo do município de Pacatuba, o primeiro (1) foi com os dados gerados na plataforma MAPBIOMAS e o segundo (2) através da classificação supervisionada pelo *plugin Dzetsaka*, do software Qgis.

Para o primeiro mapeamento, foram geradas 18 classes de forma automática pelo próprio programa, 7 no nível “floresta” como: formação florestal, formação campestre, formação savânica, restinga arbórea, restinga herbácea, mangue e apicum; 4 classes no nível “agropecuária”: agricultura, silvicultura, pastagem e mosaico de uso; 4 classes no nível “área não vegetada”: área urbanizada, praia/duna/areal, mineração e outras áreas não vegetadas; e 2 classes no nível “corpo d’água”: rio/lago e aquicultura.

Com base nos conhecimentos geográficos, no reconhecimento da área de estudos e nos significados utilizados, foi possível observar que a classificação gerada pelo Mapbiomas é equivocada em algumas classes, onde não corresponde com a realidade. Como por exemplo, área de apicum, mangue e praia/duna/areal são exclusivos de regiões costeiras, não sendo o caso de Pacatuba, um município em que grande parte do seu território está localizado na área de depressão sertaneja e no maciço residual úmido da Aratanha.

Com isso, foi necessário realizar algumas correções de classificações equivocadas que contribuíram para a obtenção de resultados mais confiáveis, fornecendo uma base sólida para a tomada de decisões em relação ao manejo do solo, planejamento territorial e conservação ambiental.

Portanto, Lima e Vieira (2024) destacam que a utilização dos dados do Mapbiomas em avaliações de uso do solo nos municípios tem mostrado ser útil, pois os dados geoespaciais possibilitam o entendimento das atividades desenvolvidas, podendo ser reclassificados para a elaboração de informações verídicas. Com isso, é importante realizar a correção manual para as classes adequadas, já que o processo de classificação gerado pela plataforma é feito em uma escala para todo o Brasil, sem muitos detalhes e consequentemente acaba acarretando nesses erros de classificação por conta da escala adotada.

Com isso, foi feito um ajuste manual para as classes observadas na área de estudo, resultando em 9 classes, definidas na tabela a seguir:

**Tabela 1** – Classes de uso e ocupação do solo identificadas na pesquisa.

Nível 1	Nível 2	ID	Descrição breve
Vegetação	Formação Florestal	3	Tipos de vegetação equivalente a formação pluvionebular, localizada em altitudes mais elevadas.
	Formação Campestre	12	Tipos de vegetação com predomínio de espécies herbáceas (Áreas inundáveis com uma rede de lagoas interligadas, localizadas ao longo dos cursos de água e em áreas de depressões que acumulam água).
	Formação Savânica (caatinga arbustiva)	4	Tipos de vegetação equivalente a caatinga arbustiva que se encontra no sopé da serra, em áreas mais inabitadas.
Agropecuária	Pastagem	15	Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.
	Mosaico de Uso	21	Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.
Área Não Vegetada	Área Urbanizada	24	Áreas de superfícies não permeáveis (infra-estrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes.
	Mineração (pedreira)	30	Áreas referentes a extração mineral/pedreira de porte industrial ou artesanal (garimpos), havendo clara exposição do solo por ação antrópica.
	Outras Áreas não vegetadas	25	Áreas de superfícies não permeáveis (infra-estrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes.
Corpo D'água	Rio ou Lago	33	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.

Fonte: Autores, baseado em Mapbiomas (2022).

A partir dessas informações coletadas e manuseadas, foi possível elaborar a tabela da distribuição dos valores para cada classe do ano de 2022, com o auxílio da ferramenta de calculadora de campo do software Qgis, para realização dos cálculos de área.

**Tabela 2** – Distribuição das classes de uso e ocupação do solo.

Classes	MAPBIOMAS		<i>plugin Dzetsaka</i>	
	área (km <sup>2</sup> )	área (%)	área (km <sup>2</sup> )	área (%)
Formação florestal	85.29	60.17%	38.49	28.93%
Caatinga arbustiva	19.49	10.18%	6.05	4.54%
Formação campestre	0.36	0.28%	52.71	39.63%
Pastagem	7.26	4.52%	0.39	0.29%
Mosaico de uso	16.94	10.01%	1.73	1.30%
Área urbanizada	13.02	9.79%	26.58	19.98%
Outras áreas não vegetadas	0.69	0.53%	2.98	2.24%
Mineração (pedreira)	0.43	0.32%	0.33	0.24%
Corpo d'água	5.69	4.20%	3.93	2.95%

Fonte: Autores, 2024.

Com base na tabela apresentada, é possível verificar o percentual de distribuição da área para cada classe analisada pelas duas metodologias. O complexo vegetacional representado pela formação florestal, caatinga arbustiva e formação campestre, com aproximadamente 60%, 10% e 0,28%, respectivamente, apresenta a maior porcentagem, com mais ou menos 70% da composição total de área do município, para o Mapbiomas, isso representa um número bastante considerável quando levado em consideração o crescimento de maneira exacerbada dos centros urbanos brasileiros.

Para a classificação supervisionada, essa porcentagem de formação florestal corresponde a um número 30% menor quando comparado com o do Mapbiomas, com a caatinga arbustiva representando 6% a menos que na análise anterior, já a classe formação campestre teve uma porcentagem bem elevada, de 39%, visto que a maior parte do município pertence a esse tipo de vegetação, diferentemente da análise anterior que tem uma porcentagem 38% menor.

Para o nível de agropecuária, a classe de pastagem foi definida com 4,54% de área para os dados do Mapbiomas e 0,29% para a classificação, um valor bem diferente para as duas classificações. Logo, para a classe de mosaico de uso, os valores foram de 9% a mais para o Mapbiomas, onde muitas áreas que são consideradas áreas não vegetadas, foram classificadas como mosaico de uso no Mapbiomas.

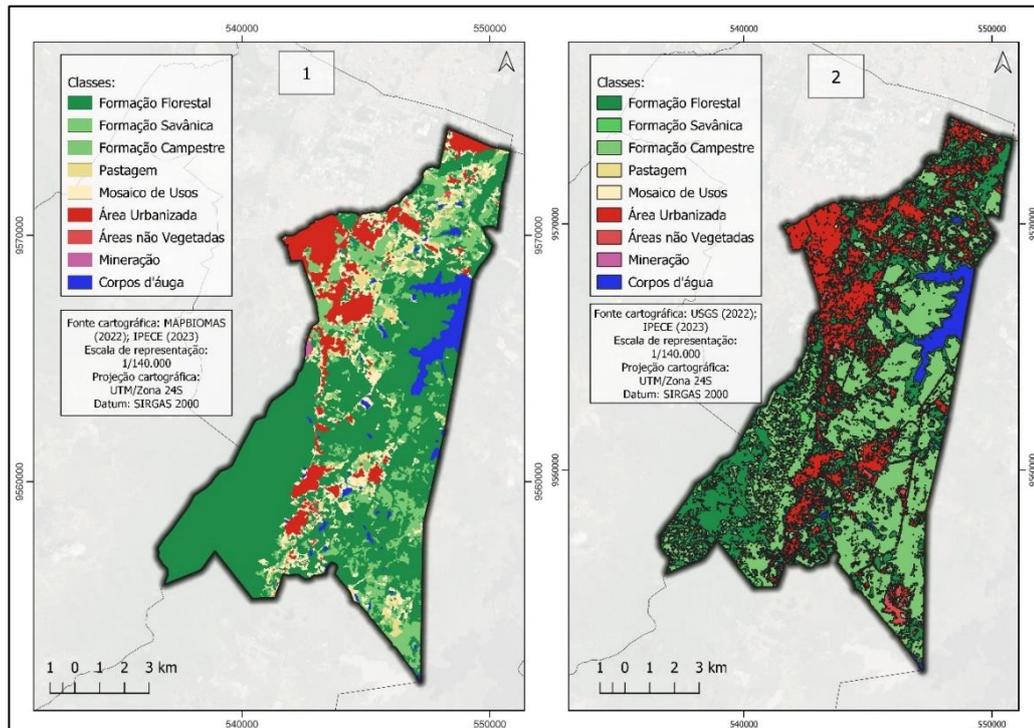
Já na área urbana representado pela mineração (pedreira), pela área urbanizada e por outras áreas não vegetadas, somando todas as classes, o percentual foi de aproximadamente 10% para o Mapbiomas e 21% para a classificação, concentrado principalmente no centro urbano do município. Analisando as classes individualmente é possível identificar que os dados que mais se aproximaram foram de mineração e outras áreas vegetadas, com uma diferença insignificante entre as metodologias.

Por fim, o corpo d'água apresenta um pouco mais de 4% de todo o território segundo Mapbiomas e 2,95% para a classificação, metade da porcentagem anterior. Isso significa um equívoco na interpretação da plataforma devido a escala adotada, onde áreas que não correspondem a corpo hídrico foram mapeadas erroneamente.

Para fins comparativos, foi realizado o mapeamento de uso e ocupação do solo para o município de Pacatuba, figura 1, a esquerda (1) observa-se o mapeamento gerado pelo Mapbiomas com as correções das classes presentes, a direita (2) tem-se o mapeamento realizado através do *plugin Dzetsaka* com delimitação das classes utilizadas, todos os dados foram do ano de 2022 para evitar diferenças no período e na área analisada.

Fazendo uma análise comparativa entre as distribuições das classes dos dois mapeamentos é possível concluir que as diferenças são fundamentais, levando em consideração o fato de que as informações são do mesmo período e local, alterando apenas o tipo de processamento dos dados.

**Figura 1** – Mapa comparativo do uso e ocupação do solo no município de Pacatuba, em 2022.



Fonte: Autores, 2024.

Por fim, ao analisar o mapa comparativo, verifica-se que a classe de formação florestal é 30% maior no da esquerda (1), em contrapartida, na classe de formação campestre é 38% maior no da direita (2) e a classe de área urbana é 12% maior no mapa da direita (2). Portanto, a diferença mais notória é na quantidade de área urbana e de vegetação entre os dois mapeamentos. Com isso, conclui-se que o mapeamento gerado pela classificação (2) é mais fidedigno à realidade, por conta da escala adotada entre os dois mapeamentos e no grau de detalhe no processo de classificação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o desenvolvimento da pesquisa se deu a partir da inexistência de dados comparativos aplicando duas metodologias diferentes para o mesmo mapeamento, na mesma área e período, considerando que, para um resultado mais eficaz das análises de uso e ocupação do solo no processo de gestão e planejamento do território é fundamental o entendimento dos processos geocartográficos nas suas multiescalas, a fim de gerar dados mais compatíveis com

a realidade.

Pode-se afirmar que através da análise dos dois tipos de mapeamentos, a metodologia de classificação supervisionada da imagem apresentou um resultado fundamental para futuros trabalhos de uso e ocupação, pois, a exatidão dos dados gerados pela classificação é mais compatível com a realidade, com isso, proporciona uma segurança na utilização do software, com recursos de fácil obtenção e sem custo, facilitando estudos científicos e planejamentos governamentais, reduzindo o número de erros nos dados da plataforma e diminuindo a subjetividade da delimitação das classes.

Por fim, o uso de imagem de satélite e software de geoprocessamento, ambos gratuitos, podem facilitar na tomada de decisão para elaboração de políticas públicas para uso e ocupação do solo, além de ser fundamental para elaborar medidas de controle, com objetivo de frear o processo de diminuição da cobertura vegetal e conseqüentemente o aumento da urbanização na região.

**Palavras-chave:** Análise comparativa; Classificação; Geoprocessamento; Mapbiomas.

## REFERÊNCIAS

- BORGES, F. A.; BORGES, R. F.; NISHIYAMA, L. Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal da porção de alto curso da bacia do rio Uberabinha –MG. In: **II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias de Geoinformação**. Recife, Anais, 2008.
- CALIJURI, M.C.; CUNHA, D.G.F. **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologias e Gestão**. [S.l]: GEN LTC, 2019.
- CHAIKAEW, P. Land Use Change Monitoring and Modelling using GIS and Remote Sensing Data for Watershed Scale in Thailand. **Land Use - Assessing the Past, Envisioning the Future** [Internet]. 2019.
- GONZALEZ, R.; WINTZ, P. **Digital Image Processing**. Tennessee, USA: Addison-Wesley Publishing Company, 1987, ed. 2.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil 2014 – 2016**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018, 30 p.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra**. 2013. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=281615>>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- NETO, O.R.; FIDELES, J.F.; LACERDA, G.L.B.; BARBOSA, P.L.; SILVA, T.J.R.D. Análise do uso e ocupação do solo no interior baiano através das geotecnologias: estudo de caso no município de São Gabriel. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, São Gabriel - PB, v. 11, n.5, p. 652-663, 2020.
- SANTOS, J. E. **A carcinicultura no Ceará: principais impactos ambientais em uma fazenda no Cumbe-estúrio do rio Jaguaribe**. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.
- LIMA, S. A, VIEIRA, V. D. C. B., 2024. **Análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra na expansão da agricultura de cana-de-açúcar no município de Aldeias Altas, Maranhão, Brasil**. Research, Society and Development [online] 13. Disponível: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v13i1.44805>. Acesso: 07 ago. 2024.