

COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS PARA ELABORAÇÃO DE MAPAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Lara Lima **Lourenço**¹, Gislania de Meneses **Silva**², Maria Lúcia Brito da **Cruz**³

(1 – Universidade Estadual do Ceará (UECE), Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROPGEO), lara.lourenco@aluno.uece.br, <https://orcid.org/0000-0002-3068-2378>; 2 – Universidade Estadual do Ceará (UECE), Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROPGEO), gislaniamenteses@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1343-1550>; 3 – Universidade Estadual do Ceará (UECE), Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROPGEO), mlbcruz@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2202-923X>)

Resumo: As alterações que ocorrem no solo, provocadas pelo uso e a ocupação, têm gerado grandes impactos paisagísticos e ambientais. Esses impactos são mitigados através do monitoramento e controle do processo de uso e ocupação do solo, utilizando-se de informações espaciais e temporais das modificações ocorridas. O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise comparativa do mapeamento de uso e ocupação do solo no município de Pacatuba – Ceará, no ano de 2023, utilizando o método *Gaussian Mixture Model* (GMM) do algoritmo de classificação supervisionada da imagem *Dzetsaka*, complemento do *software* QGIS, e dos dados da plataforma MapBiomias, com o intuito de identificar as diferenças dos resultados gerados pelas duas metodologias de mapeamento. As informações foram processadas, analisadas e comparadas, os resultados obtidos indicam que os percentuais de distribuição da área para cada classe analisada são diferentes. O complexo vegetacional, por exemplo, apresentou um percentual de 13% de diferença, com isso, a ferramenta de classificação supervisionada obteve um maior nível de precisão, comparado com os dados do MapBiomias. Portanto, o uso de uma ferramenta de geoprocessamento proporciona segurança, pois é um recurso que facilita estudos e planejamentos governamentais, reduz o número de erros e diminui a subjetividade da delimitação das classes.

Palavras chave: análise comparativa; classificação; geoprocessamento; mapbiomas.

COMPARISON BETWEEN MODELS FOR PREPARING LAND USE AND OCCUPATION MAPS

Abstract: The changes that occur in the soil, caused by use and occupation, have generated major landscape and environmental impacts. These impacts are mitigated through monitoring and controlling the process of land use and occupation, using spatial and temporal information on the changes that have occurred. The present work aimed to carry out a comparative analysis of the mapping of land use and occupation in the municipality of Pacatuba – Ceará, in the year 2023, using the Gaussian Mixture Model (GMM) method of the Dzetsaka image supervised classification algorithm, a complement to the QGIS software, and data from the MapBiomias platform, with the aim of identifying the differences in the results generated by the two mapping methodologies. The information was processed, analyzed and compared, the results obtained indicate that the area distribution percentages for each class analyzed are different. The vegetation complex showed a difference of 13%, thus, the supervised classification tool obtained a higher level of precision of the elements, compared to the MapBiomias data. Therefore, the use of a geoprocessing tool provides security, as it is a resource that facilitates government studies and planning, reduces the number of errors and reduces the subjectivity of class delimitation.

Keywords: comparative analysis; classification; geoprocessing; mapbiomias.

COMPARACIÓN ENTRE MODELOS PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO

Resumen: Los cambios que se producen en el suelo, provocados por el uso y ocupación, han generado importantes impactos paisajísticos y ambientales. Estos impactos se mitigan a través del monitoreo y control del proceso de uso y ocupación del suelo, utilizando información espacial y temporal de los cambios ocurridos. El presente trabajo tuvo como objetivo realizar un análisis comparativo del mapeo de uso y ocupación del suelo en el municipio de Pacatuba – Ceará, en el año 2023, utilizando el método Gaussian Mixture Model (GMM) del algoritmo de clasificación supervisada de imágenes Dzetsaka, complemento del software QGIS, y datos de la plataforma MapBiomias, con el objetivo de identificar las diferencias en los resultados generados por las dos metodologías cartográficas. La información fue procesada, analizada y comparada, los resultados obtenidos indican que los porcentajes de distribución del área para cada clase analizada son diferentes. El complejo de vegetación presentó una diferencia del 13%,

por lo que la herramienta de clasificación supervisada obtuvo un mayor nivel de precisión de los elementos, en comparación con los datos de MapBiomias. Por lo tanto, el uso de una herramienta de geoprocésamiento brinda seguridad, ya que es un recurso que facilita los estudios y la planificación gubernamental, reduce el número de errores y reduce la subjetividad en la delimitación de clases.

Palabras clave: análisis comparativo; clasificación; geoprocésamiento; mapbiomas.

Introdução

A expansão desordenada dos núcleos urbanos, aliada à ausência de um planejamento eficaz para o uso e ocupação do solo e à escassez de políticas públicas voltadas à preservação ambiental, tem provocado impactos significativos em diferentes regiões do mundo, com destaque para o contexto brasileiro (Rocha Neto et al., 2020). Segundo Calijuri et al. (2019), a conversão do uso do solo sem critérios técnicos adequados contribui para a degradação ambiental, gerando consequências como a impermeabilização da superfície, assoreamento de corpos hídricos, contaminação de águas superficiais e subterrâneas, aumento das inundações e intensificação de processos erosivos que comprometem a produtividade do solo.

O conceito de uso e ocupação do solo envolve a análise integrada das tipologias vegetacionais, dos elementos físicos da paisagem e das práticas socioeconômicas aplicadas ao espaço geográfico (IBGE, 2013). Para representar essa dinâmica de maneira sistemática, é fundamental adotar unidades de mapeamento que identifiquem, com precisão, os elementos que compõem a cobertura terrestre, sejam eles naturais ou antrópicos. Esses recortes homogêneos refletem a organização espacial e revelam as transformações causadas pelas ações humanas, sendo, portanto, ferramentas indispensáveis para o planejamento ambiental e territorial (Araújo; Vital, 2020).

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.

As transformações constantes do espaço geográfico, impulsionadas por fatores como o crescimento urbano e a expansão agrícola, exigem dados atualizados sobre o uso e ocupação do solo. Diante da rapidez dessas mudanças, bancos de dados geoespaciais tendem a se tornar obsoletos em curto prazo. Nesse cenário, o uso de imagens de sensoriamento remoto surge

como alternativa eficiente para detecção de alterações e atualização das informações cartográficas. Contudo, a verificação manual desses dados demanda tempo e recursos técnicos significativos, o que reforça a necessidade de métodos automatizados de análise e validação (Yang; Rottensteiner; Heipke, 2021).

Nas últimas décadas, os avanços em geotecnologias e sensoriamento remoto têm intensificado os estudos relacionados ao monitoramento da cobertura vegetal e ao mapeamento de áreas antropizadas, com destaque para os contextos urbano e periurbano (Chaikaew, 2019). Tais avanços têm atraído a atenção de pesquisadores das áreas de geoprocessamento, ciência da computação e sistemas de informação geográfica, que buscam técnicas mais eficientes para realizar análises em larga escala e com maior grau de automatização (Qiao; Yuan; Elhoseny, 2020).

A identificação das áreas de uso e cobertura do solo parte, geralmente, da análise das características espectrais das imagens de satélite, por meio da seleção de amostras representativas, que posteriormente alimentam algoritmos de classificação supervisionada. Esses algoritmos exploram informações como forma, textura e assinatura espectral dos objetos, contribuindo para resultados mais robustos e precisos (Wang et al., 2020).

Nesse contexto, destaca-se o Projeto MapBiomas, uma iniciativa colaborativa que oferece dados anuais sobre a cobertura e uso do solo no Brasil desde 1985. Além disso, disponibiliza séries mensais sobre a superfície de água e cicatrizes de queimadas, organizadas em mapas matriciais com resolução de 30 metros. A cada nova coleção, o projeto aprimora suas classes temáticas e ajusta-se às particularidades dos biomas brasileiros, incorporando índices espectrais como NDVI e NDFI. Sua gratuidade, confiabilidade e abrangência fazem do MapBiomas uma referência nacional no monitoramento ambiental e territorial (Souza et al., 2020).

Paralelamente, surgem ferramentas como o Dzetsaka, um plugin de código aberto para o software QGIS, desenvolvido em 2016, que permite a classificação supervisionada de imagens com base em algoritmos de aprendizado de máquina. Sua interface intuitiva, aliada ao baixo custo operacional e à facilidade de reprodução, torna-o especialmente vantajoso em contextos acadêmicos e institucionais com recursos limitados. O Dzetsaka tem se mostrado eficaz em estudos ambientais voltados ao monitoramento de uso e cobertura da terra, auxiliando na tomada de decisões por parte de gestores públicos e pesquisadores (Iqbal et al., 2023).

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre os dados de uso e ocupação do solo obtidos por meio do algoritmo de classificação supervisionada disponibilizado pelo *Dzetsaka*, aplicado a imagens do ano de 2023, e as informações fornecidas pela plataforma MapBiomas, do mesmo ano. O recorte espacial adotado é o município de Pacatuba, localizado na Região Metropolitana de Fortaleza, estado do Ceará. Trata-se de uma área caracterizada por diversidade de relevo e crescente expansão urbana, reunindo condições propícias para a geração de múltiplas classes de uso e ocupação do solo.

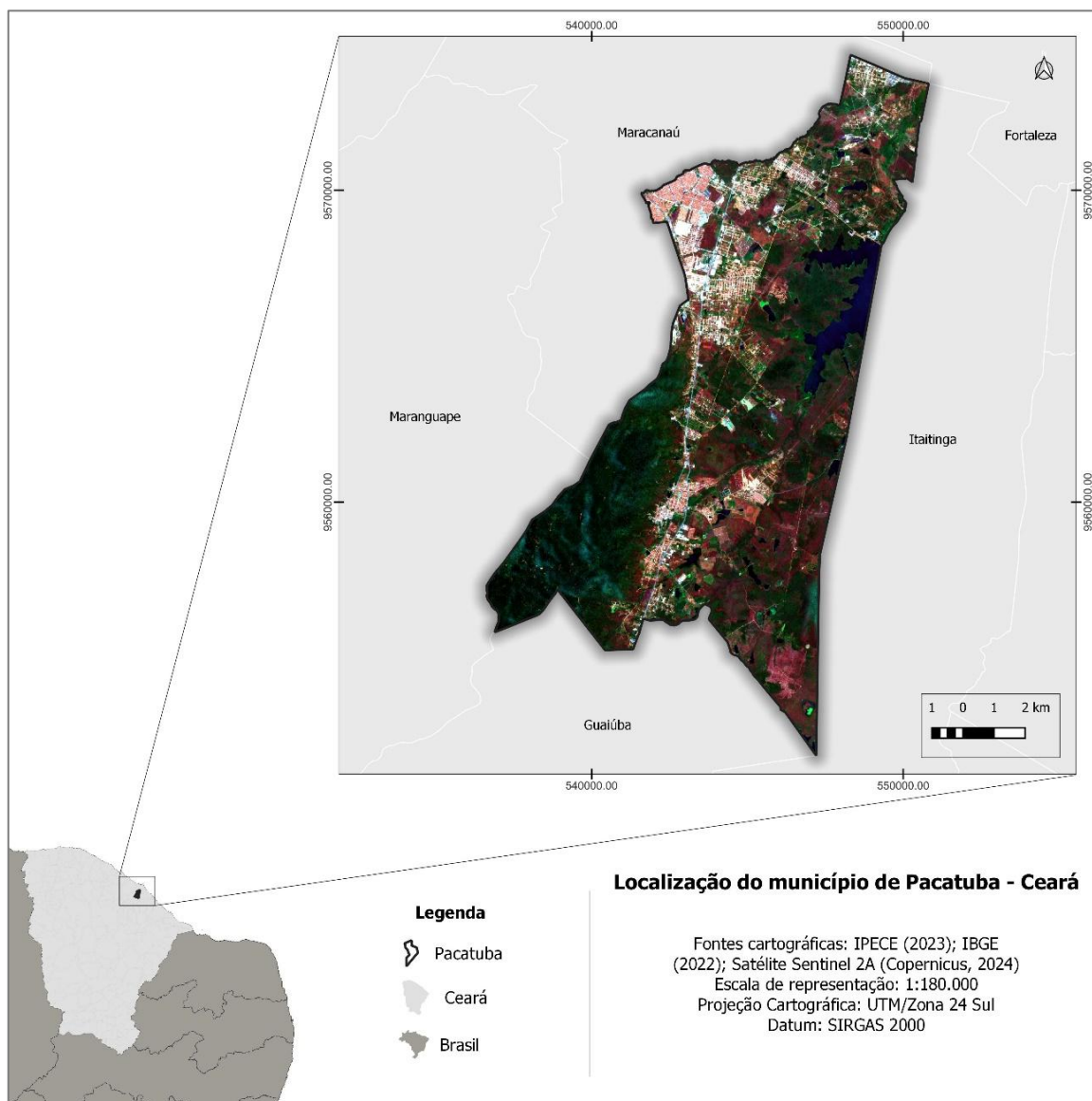
Caracterização da área de análise

O município de Pacatuba (Figura 1) está localizado no estado do Ceará, na região Nordeste, a cerca de 32 km da capital e pertence à região metropolitana de Fortaleza (RMF). Tem como municípios limítrofes Fortaleza, Itaitinga, Guaiúba, Maranguape e Maracanaú. Possui uma área total de 133 km² e uma população residente recenseada estimada em 81 mil habitantes em todo o território da Pacatuba (Ipece, 2023).

A vegetação que compõe o componente ambiental do município de Pacatuba é representada por formações de Caatinga arbustiva densa, pelo Complexo Vegetacional da Zona Litorânea e por remanescentes de Floresta Subcaducifólia Tropical Fluvial, também denominada de mata seca. O município está inserido na Bacia Hidrográfica Metropolitana e apresenta um relevo diversificado, marcado pela presença de serras úmidas, sertões e tabuleiros costeiros (Ipece, 2024).

Entre os componentes ambientais que mais se destacam no município é a Serra da Aratanha, localizada na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), abrangendo os municípios de Maranguape, Pacatuba e Guaiúba, a Serra da Aratanha ganhou proteção ambiental pelo Decreto Estadual nº 24.959/1998. Ela é um dos maciços residuais dispersos nas depressões sertanejas cearenses (Sema, 2019).

Figura 1. Mapa de localização do município de Pacatuba – CE.

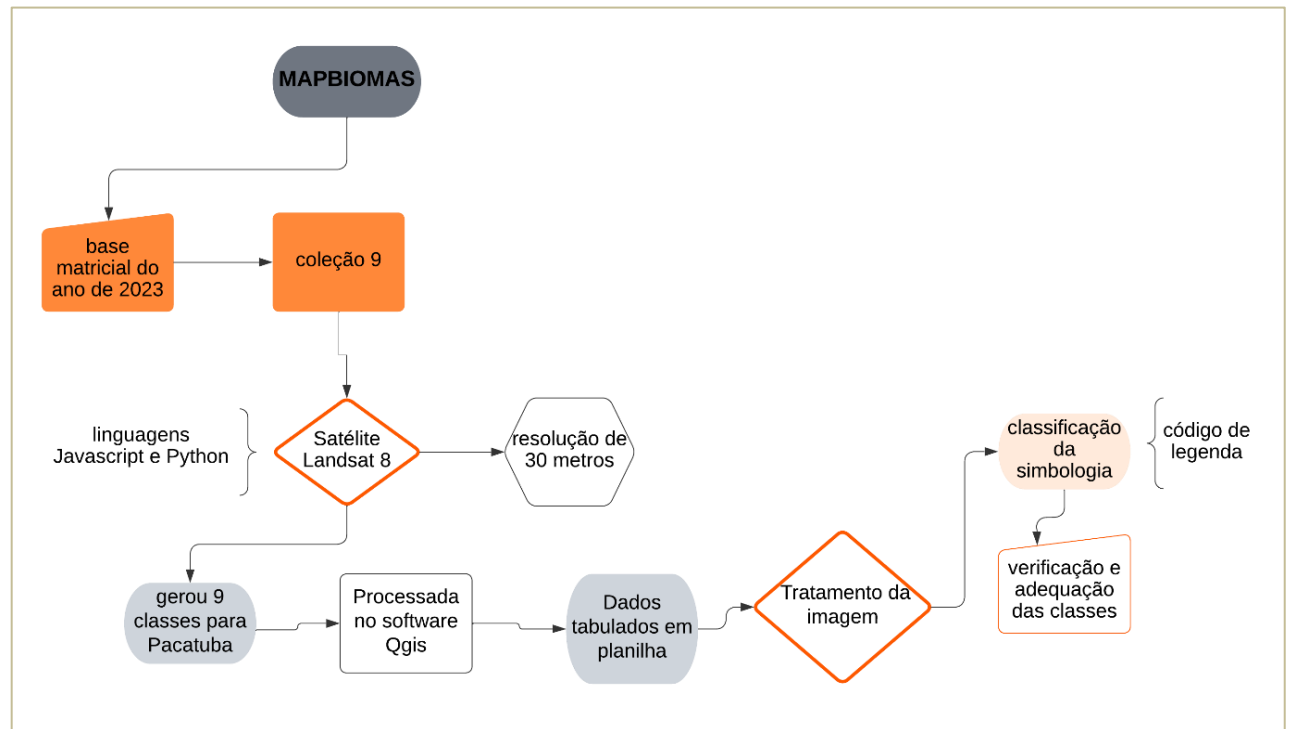


Fonte: Autoras, 2025.

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 2023, através da coleção 9, que foram obtidas junto ao projeto MapBiomass, conforme destaca na Figura 2. 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.

Figura 2. Fluxograma metodológico para o mapeamento de uso e ocupação do solo segundo o MapBiomas



Fonte: Autoras, 2025.

Os dados do MapBiomas são formados por meio de algoritmos de aprendizagem de máquina (*machine learning*), que realizam uma classificação automática de uso e cobertura do solo, como mostrado na figura 2, esses dados foram elaborados a partir de imagem do satélite Landsat 8 para o ano de 2023, com resolução espacial de 30 metros por pixel e uma escala de mapeamento de 1:100.000. 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, 9 foram gerados para o município de Pacatuba (MapBiomas, 2023).

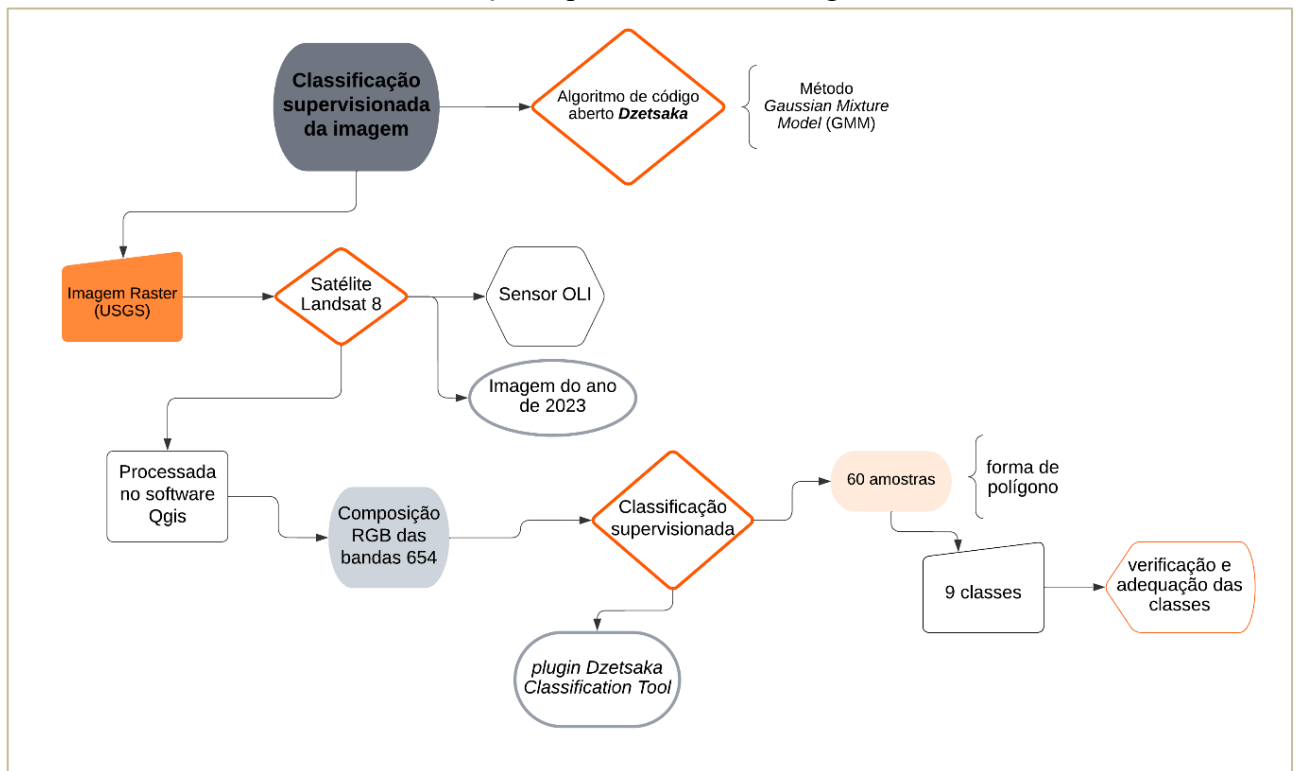
A imagem em formato *raster*, adquirida no site do MapBiomas, foi processada por um *software* de SIG (QGIS 3.40.5), posteriormente os dados foram organizados em planilhas no Excel. Foi realizado o tratamento de imagens que envolveu o processamento dos dados para o sistema de coordenadas SIRGAS 2000 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

9 classes geradas. Posteriormente foi feita a classificação da simbologia com a utilização do código de legenda para os valores de pixel na Coleção 9 do MapBiomias, onde foi preenchido os códigos e sua respectiva classificação, conforme já predefinido pela plataforma.

Para o segundo mapeamento de uso e ocupação do solo, destacado na figura 3, foi utilizado o algoritmo de classificação supervisionada da imagem de código aberto *Dzetsaka*, *plugin* disponível no *software* QGIS, 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).

Figura 3. Fluxograma metodológico para o mapeamento de uso e ocupação do solo segundo a classificação supervisionada da imagem



Fonte: Autoras, 2025.

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 2023, a fim de analisar de forma igual aos dados gerados pelo MapBiomias.

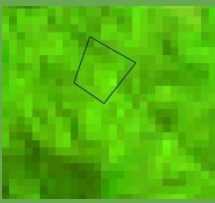

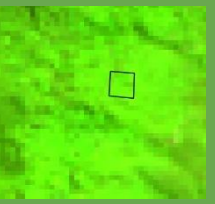

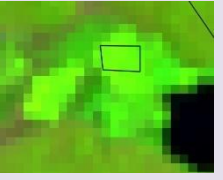

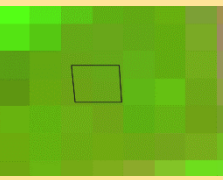

No *software* QGIS 3.40.5, foi realizado a composição das bandas 6, 5 e 4 da imagem de satélite para fazer uma composição colorida RGB, logo em seguida a imagem foi reprojeta




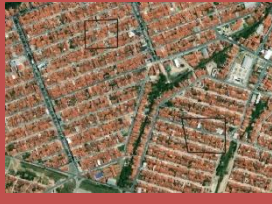


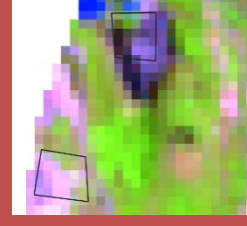
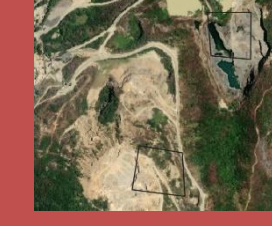
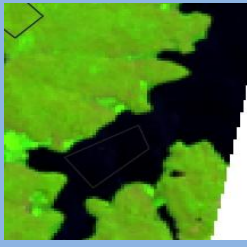

para coordenadas SIRGAS 2000, UTM 24S. Posteriormente foi feito o recorte da imagem para área de estudo.

Seguindo este percurso metodológico, foi realizado o processo de classificação supervisionada da imagem através do *plugin Dzetsaka Classification Tool*, foram criadas 60 amostras em forma de polígonos para cada classe analisada e feito o processamento dos dados. O mapeamento das amostras foi realizado em uma escala de 1:2.500.

Com isso, foram identificadas nove classes de uso e cobertura do solo na área estudada, como mostradas no Quadro 1, 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 MapBiomas, gerando as mesmas nove classes que foram geradas pela plataforma.

Quadro 1. Classes de uso e ocupação do solo identificadas na pesquisa.

Nível 1	Nível 2	ID	LANDSAT 8 (amostra)	Imagem para apoio visual	Descrição
Vegetação	Formação Florestal	3			Tipos de vegetação equivalente a formação pluvionebular, localizada em altitudes mais elevadas, com predomínio de dossel contínuo - Savana-Estépica Florestada, Floresta Estacional Semi-Decidual e Decidual.
	Formação Savânica (caatinga arbustiva)	4			Tipos de vegetação equivalente a caatinga arbustiva que se encontra no sopé da serra, em áreas mais inabitadas, com predomínio de espécies de dossel semi-contínuo - Savana-Estépica Arborizada.
	Formação Campestre (mata ciliar)	12			Tipos de vegetação do tipo mata ciliar com predomínio de espécies herbáceas, identificado em áreas inundáveis com uma rede de lagoas interligadas, localizadas ao longo dos cursos de água e em áreas de depressões que acumulam água.
Agropecuária	Pastagem	15			Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.

	Mosaico de Usos	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 que exercem algum tipo de atividade humana, como: infraestrutura e expansão urbana.
	Outras Áreas não vegetadas	25			Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura, 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.
Corpo D'água	Rio ou Lago	33			Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.

Fonte: Autoras, baseado em Mapbiomas (2023).

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, um referente ao gerado pelo MapBiomas, e o outro pela classificação supervisionada da imagem no *software* QGIS.

Para validação dos resultados produzidos através do mapeamento comparativo, foi realizado um trabalho de campo com o objetivo de identificar e verificar *in loco* as classes

geradas pela classificação supervisionada da imagem. Durante a atividade de campo, foram coletadas coordenadas geográficas, registros fotográficos e anotações descritivas das características da paisagem, permitindo a comparação direta entre os dados classificados e as condições reais observadas no terreno. Essa etapa foi fundamental para avaliar a acurácia da classificação e identificar possíveis inconsistências ou erros de interpretação nas categorias atribuídas.

Resultados e discussão

Análise comparativa dos mapeamentos de uso e ocupação do solo

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.

Portanto, 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 9 classes de forma automática pelo próprio programa, 3 no nível “vegetação” como: formação florestal, formação campestre, formação savânica; 2 classes no nível “agropecuária”: pastagem e mosaico de uso; 3 classes no nível “área não vegetada”: área urbanizada, mineração e outras áreas não vegetadas; e 1 classe no nível “corpo d’água”: rio ou lago.

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, ocorrendo uma generalização dos nomes das classes que não correspondem com a realidade. Como por exemplo, formação campestre é uma conceituação não utilizável nas classificações no nordeste brasileiro, o conceito mais utilizado é de mata ciliar para representar a vegetação localizada ao longo dos cursos d’água.

Outro exemplo de termo que na região de estudo não se utiliza é a formação savânica, sendo representado pela nomenclatura de “caatinga arbustiva”, onde observa-se nas áreas de

sopé de serras, em regiões mais inabitadas e onde predomina a faixa de transição da formação florestal para mata ciliar.

Esses equívocos estão relacionados à escala de uso adotada pelo sistema MapBiomas, que opera em uma escala de 1:100.000, com resolução espacial de 30 metros por pixel. Essa configuração, embora adequada para análises em nível nacional, tende a gerar simplificações e generalizações que comprometem a acurácia da classificação em contextos regionais, especialmente em áreas com grande heterogeneidade ambiental.

Nos dados disponibilizados pelo MapBiomas do ano de 2022 (Coleção 8) observa-se 3 classes que não corresponde na área de estudo, são elas: área de apicum, mangue e praia/duna/areal, sendo classes observadas exclusivamente em 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, nos dados de 2023 (Coleção 9) foi realizado a correção dos dados para escala de análise adequada, e, através disso, foi possível obter 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. Sobretudo, 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 conseqüentemente acaba acarretando erros de classificação por conta da escala adotada.

A partir dessas informações, os dados foram coletados e manuseados e posteriormente foi possível elaborar um quadro da distribuição dos valores para cada classe do ano de 2023, com o auxílio da ferramenta de calculadora de campo do *software* QGIS, para realização dos cálculos de área.

Com base no Quadro 2, 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 mata ciliar, com 49%, 33% e 0,039%, respectivamente, apresenta a maior porcentagem, com mais ou menos 82% da composição total de área do município, para os dados do MapBiomas, isso representa um número considerado positivo

quando levado em consideração o crescimento de maneira exacerbada dos centros urbanos brasileiros.

Para a classificação supervisionada, o complexo vegetacional representa 69% da composição total da área de Pacatuba, um número 13% menor do que o Mapbiomas. Avaliando e comparando cada classe separadamente identifica-se que, a formação florestal tem 26% a menos de área, quando comparado com o do Mapbiomas, isso devido a Serra da Aratanha que é formada pela classe de formação florestal com sua vegetação localizada em altitudes mais elevadas; a caatinga arbustiva representa 24% a menos, localizada principalmente no sopé da serra da Aratanha, e a classe mata ciliar teve uma porcentagem bem elevada, de 37% a mais que nos dados do MapBiomas, visto que a maior parte do município pertence a esse tipo de vegetação.

Quadro 2. Distribuição das classes de uso e ocupação do solo.

Classes	MapBiomas		CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA <i>plugin Dzetsaka</i>	
	área (km ²)	área (%)	área (km ²)	área (%)
Formação florestal	66.36	49%	30.41	23%
Caatinga arbustiva	44.05	33%	12.21	9%
Mata ciliar	0.05	0.039%	49.25	37%
Pastagem	1.66	1%	3.98	3%
Mosaico de uso	1.178	0,9%	14.39	11%
Área urbanizada	14.30	10%	18.53	14%
Outras áreas não vegetadas	0.015	0.013%	1.12	0.9%
Mineração (pedreira)	0.13	0.1%	0.66	0.5%
Corpo d'água	5.51	4%	4.29	3%

Fonte: Autoras, 2025.

Para o nível de agropecuária, a classe de pastagem obteve 2% a mais de área para os dados da classificação, um valor relativamente similar. Logo, para a classe de mosaico de uso, os valores foram de 10% a mais para a classificação, muitas áreas que são consideradas áreas de caatinga arbustiva, foram classificadas como mosaico de uso no Mapbiomas.

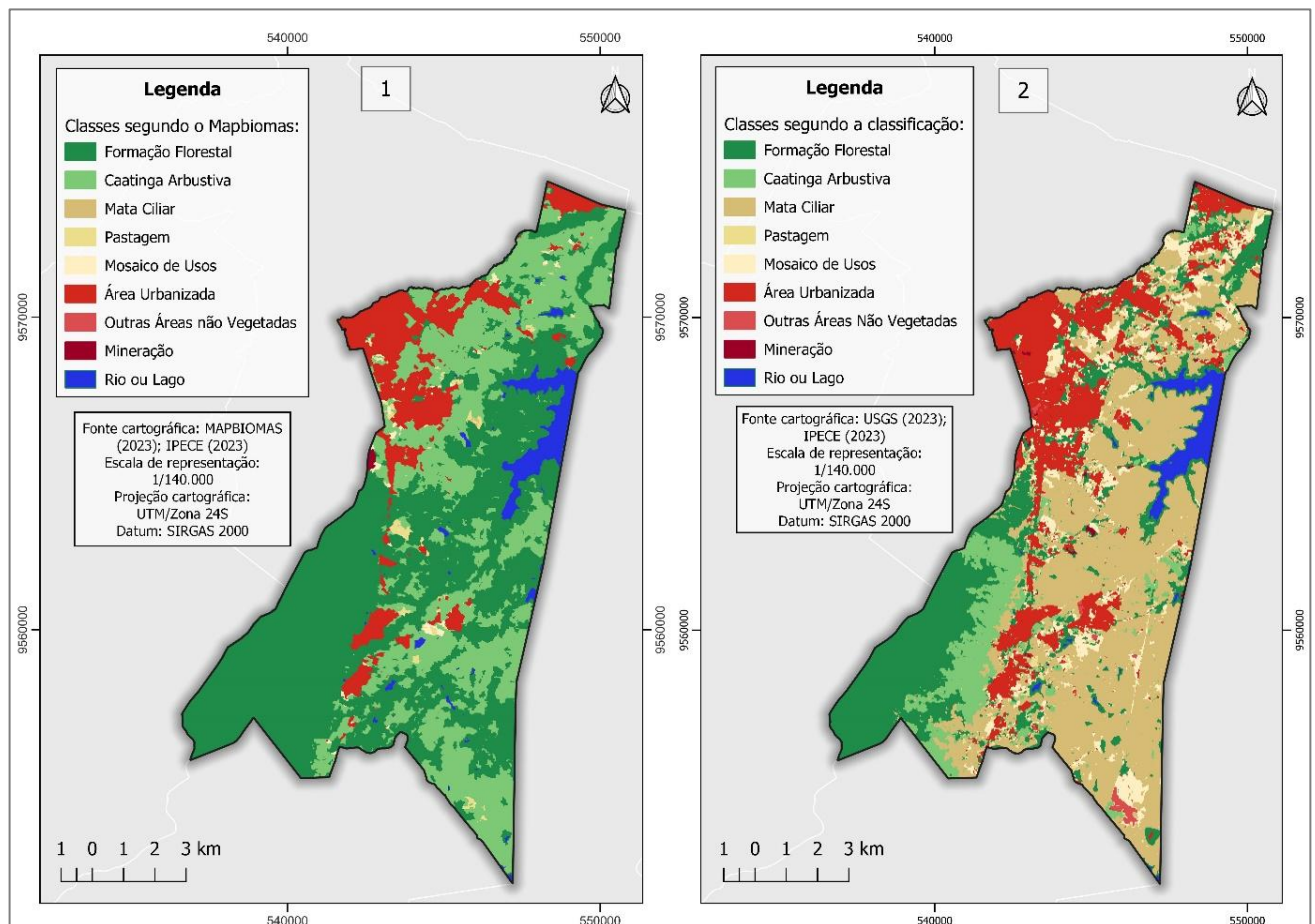
Já na área urbana representado pela mineração (pedreira), pela área urbanizada e por outras áreas não vegetadas, somando todas as classes, o percentual foi de aproximadamente 10% para o Mapbiomas e 15% para a classificação, concentrado principalmente no centro urbano do município. Analisando as classes 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 representa 4% de todo o território segundo MapBiomas e 3% para a classificação supervisionada, isso significa que os dados se aproximam em sua análise gerando uma diferença de apenas 1% entre as duas metodologias.

Para fins comparativos, foi realizado o mapeamento de uso e ocupação do solo para o município de Pacatuba (figura 4) 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 da classificação supervisionada da imagem pelo *plugin Dzetsaka* com delimitação das classes utilizadas, todos os dados foram do ano de 2023 para evitar diferenças no período e na área analisada.

Figura 4. Mapa comparativo do uso e ocupação do solo no município de Pacatuba, em 2023.



Fonte: Autoras, 2025.

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.

Ao analisar o mapa comparativo, verifica-se que as classes que mais tiveram diferença entre as metodologias foram: em primeiro lugar a classe mata ciliar com 36% maior no mapeamento da direita (2), em segundo lugar tem a classe de formação florestal com 26% maior na esquerda (1), em terceiro, encontra-se a classe caatinga arbustiva com 24% maior na esquerda (1), em quarto lugar, a classe de mosaico de uso com 10% a mais no mapeamento da direita (2), por fim, a classe área urbana é 4% maior no mapa da direita (2).

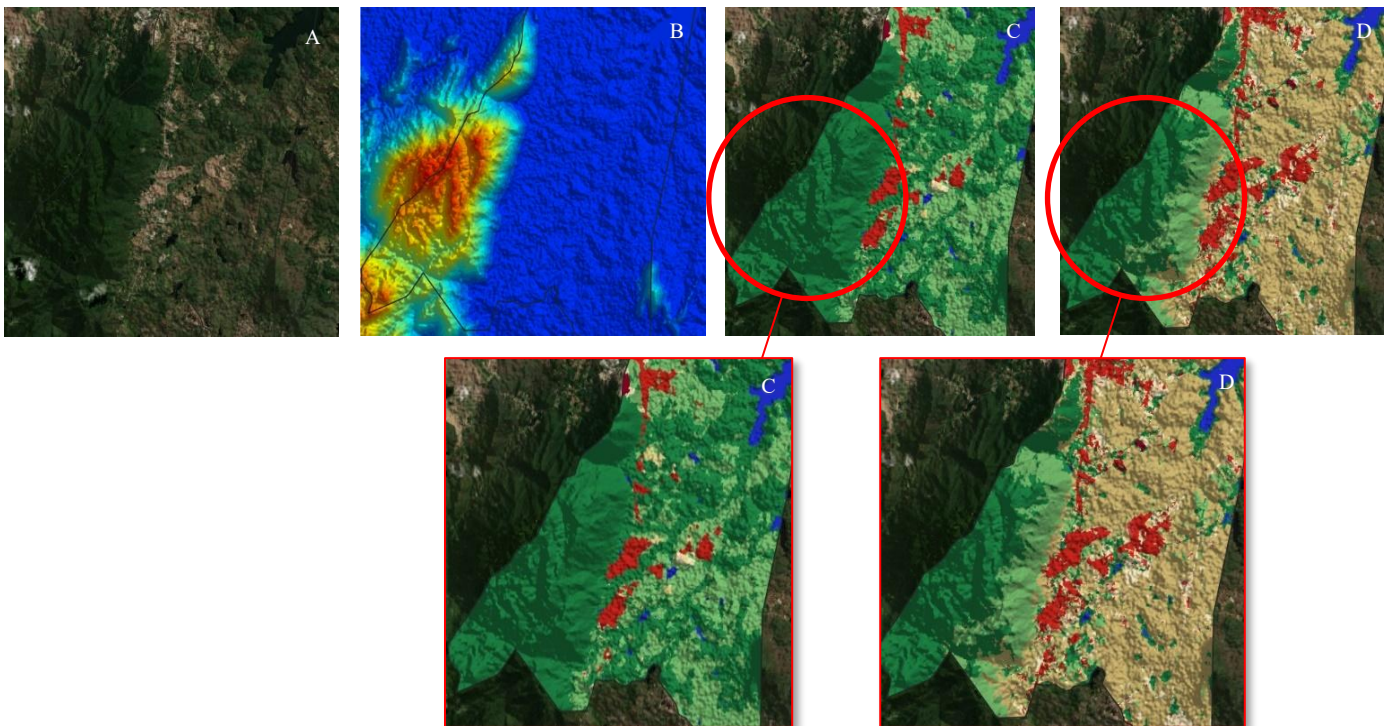
Portanto, a diferença mais notória é na porcentagem do complexo vegetacional entre os dois mapeamentos, isso é devido a escala adotada no mapeamento do MapBiomias e na falta de correção dos dados através do trabalho de campo onde é possível verificar as classes de forma mais efetiva. O processamento feito pelo MapBiomias foi equivocado em classificar a maior parte do município em formação florestal, mas essa classe pertence apenas a regiões de altitudes mais elevadas, sendo bastante presente na Serra da Aratanha, e não em todo o município.

Embora os dados gerados pelo MapBiomias sejam eficientes para processar grandes volumes de dados, pode ocorrer problemas, como os verificados na análise em questão. Nos casos de pequenas escalas, a abordagem manual se torna fundamental para garantir uma precisão melhor. Além disso, os dados do MapBiomias são elaborados através de um processo sistemático, levando em consideração várias áreas de amostragem, o que gera uma acurácia global ou nacional satisfatória devido ao treinamento dos pixels, mas em uma escala local não é fiel aos resultados gerados (Xavier; Menezes; Silva, 2024).

A figura 5 apresenta a diferença da classificação gerada pelas duas metodologias de análises em uma mesma área do município de estudo, a serra da Aratanha. Na primeira imagem da figura 5 (A), observa-se a serra da Aratanha vista por uma imagem de satélite, na segunda imagem da figura 5 (B) é o modelo digital de elevação (MDE) com sombreamento executado no *software* QGIS onde mostra a hipsometria da serra com sua altitude máxima de 770 metros (na tonalidade de vermelho). Já nas imagens da figura 5 (C e D) mostram as diferenças das classes e tonalidades geradas pelas metodologias aplicadas, onde a imagem (C) é os dados do MapBiomias e na imagem (D) é a classificação supervisionada da imagem gerada pelo *software* QGIS.

É possível observar que na imagem da figura 5 (C), o MapBiomias gerou de forma generalizada a classe formação florestal para toda serra da Aratanha, sem uma delimitação das outras classes. Já na imagem da figura 5 (D), a classificação feita de forma manual gerada com base nas amostras mapeadas definiu como: a região do topo da serra pertence a classe de formação florestal, visto que segundo o próprio significado das classes definidas pelo MapBiomias, a formação florestal compreende a vegetação pluvionebular que está localizado em altas altitudes. É possível verificar que ocorre um processo de transição para classe de caatinga arbustiva, vegetação encontrada no sopé da serra e em áreas mais inabitadas.

Figura 5. Classificação da Serra da Aratanha para as duas metodologias



Fonte: Autores, 2025.

Com isso, conclui-se que o mapeamento gerado pela classificação supervisionada (2) é mais fidedigno à realidade, por conta da escala adotada entre os dois mapeamentos, o grau de detalhe no processo de classificação, a capacidade de realizar ajustes refinados nas classes geradas e o poder de alcançar maior acurácia, desde que seja bem parametrizado e com quantidades de amostras de treinamentos suficientes, auxiliando na eliminação de eventuais erros de classificação e resultando em uma melhoria na qualidade da análise. Deve-se atentar

para a importância do usuário no controle e correção dos dados gerados pelo algoritmo do *software*, contribuindo para veracidade das informações mapeadas.

Considerações finais

- 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.
- Analisando os resultados gerados, foi possível concluir que a classe de formação florestal foi visivelmente confundida com a classe de mata ciliar na área urbana do município, juntamente com a falta de identificação da caatinga arbustiva no sopé da serra da Aratanha.
- Pode-se afirmar que através da análise dos dois tipos de mapeamentos, o modelo de classificação supervisionada da imagem apresentou ser um abordagem altamente eficaz para futuros trabalhos de uso e ocupação em escalas locais e regionais, pois, a exatidão e agilidade dos dados gerados pela classificação permitiram uma análise mais detalhada e confiável da dinâmica do uso da terra, 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.
- Deste modo, acredita-se que a utilização de uma abordagem manual auxiliou positivamente nos resultados obtidos através dos mapeamentos, garantindo uma maior precisão. Os resultados gerados podem trazer importantes contribuições para as áreas com escalas mais locais, como por exemplo, municípios, sub-bacias hidrográficas, bairros, unidades de conservação, entre outros, contribuindo para a tomada de decisões por parte do poder público.
- 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 o 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 consequentemente o

aumento da urbanização na região.

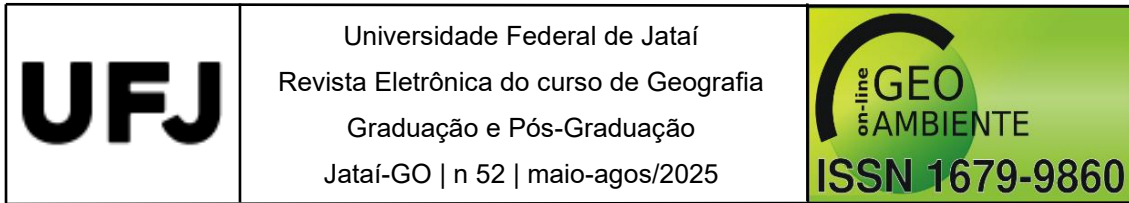
Referências

- Araújo, J. Z., & Vital, S. R. O. (2020). Análise do uso e ocupação do solo como suporte ao mapeamento dos riscos geomorfológicos do município de Caicó (RN). *Revista de Geografia*, 37(1), 68–84. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2020.240664>
- Borges, F. A., Borges, R. F., & Nishiyama, L. (2008). Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal da porção de alto curso da bacia do rio Uberabinha – MG. In *Anais do II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias de Geoinformação*. Recife.
- Chaikaew, P. (2019). Land use change monitoring and modelling using GIS and remote sensing data for watershed scale in Thailand. In L. C. Loures (Ed.), *Land use – Assessing the past, envisioning the future* (pp. 171–189). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79167>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2013). *Manual técnico de uso da terra*. <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=281615>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018). *Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil 2014–2016* (29 p.). IBGE.
- Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. (2023). *Perfil municipal de Pacatuba*. IPECEDATA – Sistema de Informações Geosocioeconômicas do Ceará. <https://www.ipece.ce.gov.br>
- Iqbal, I. M., Balzter, H., Firdaus-e-Bareen, & Shabbir, A. (2023). Mapping *Lantana camara* and *Leucaena leucocephala* in protected areas of Pakistan: A geo-spatial approach. *Remote Sensing*, 15(4), 1020. <https://doi.org/10.3390/rs15041020>
- Lima, S. A., & Vieira, V. 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*, 13(1), 1–11. <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i1.44805>
- Mapbiomas. (2023). *Mapbiomas Brasil*. <https://mapbiomas.org/>
- Qiao, Z., Yuan, X., & Elhoseny, M. (2020). Urban scene recognition via deep network integration. In X. Yuan & M. Elhoseny (Eds.), *Urban intelligence and applications: Second International Conference, ICUIA 2020, Taiyuan, China, August 14–16, 2020, Revised Selected Papers* (pp. 135–149). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4601-7_14
- Rocha Neto, O., Filho, J. F., Lacerda, G. L. B., Barbosa, P. G., & Silva, T. J. R. D. (2020). 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*, 11(5), 652–663. <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2020.005.0058>
- Santos, J. E. (2006). *A carcinicultura no Ceará: principais impactos ambientais em uma fazenda no Cumbe-estuário do rio Jaguaribe* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima. (2019). *APA da Serra da Aratanha*.
- Souza Junior, C. M., Rosa, M. R., Parente, L. L., Alencar, A. A., Rudorff, B. F. T., Hasenack, H., ... & Azevedo, T. (2020). Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, 12(17), 2735. <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2735>
- Wang, Y., Li, Z., Zeng, C., Xia, G.-S., & Shen, H. F. (2020). An urban water extraction method combining deep learning and Google Earth Engine. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 769–782. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.2971783>
- Xavier, R. L., Menezes, D. B., & Silva, F. L. (2024). Mapeamento de uso e ocupação do solo utilizando dados do MapBiomas: uma abordagem manual para aumento de precisão aplicada em Meridiano, São Paulo. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 17(3), 1992–2007. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.3.p1992-2007>
- Yang, C., Rottensteiner, F., & Heipke, C. (2021). A hierarchical deep learning framework for the consistent classification of land use objects in geospatial databases. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 178, 65–83. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.06.006>

Publisher: Universidade Federal de Jataí. Instituto de Geografia. Programa de Pós-graduação em Geografia. Publicação no Portal de Periódicos UFJ. As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

Contribuições dos autores: Lara Lima Lourenço: coleta e análise dos dados, organização dos dados, tabelas e mapas, escrita e discussão; Gislania de Meneses Silva: análise formal de dados, validação e revisão da escrita e discussão; Maria Lúcia Brito da Cruz: orientação, validação e



revisão da escrita e discussão. Declaramos ainda ciência das Diretrizes Gerais da Geoambiente On-line.

Financiamento: Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio para o desenvolvimento da pesquisa.

Conflito de interesse: Os autores declaram que não possuem interesses financeiros ou não financeiros relevantes relacionados a este trabalho.