



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 12, nº 02 (2026)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2026v12n2ID41253>



Dinâmica da cobertura e uso do solo no município de Porto Seguro, Bahia, Brasil

Forescasting Land Use and Land Cover Dynamics in the Municipality of Porto Seguro, Bahia

Eric Oliveira de Lima¹; João Batista Lopes da Silva²; Bruna Rafaela Machado Oliveira³; Marcelo de Oliveira Latuf⁴; Gerson dos Santos Lisboa⁵

- ¹ Universidade Federal do Sul da Bahia, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Sustentabilidade, Teixeira de Freitas, Bahia, Brasil, engericlima@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6171-4459>
- ² Universidade Federal do Sul da Bahia, Centro de Formação em Desenvolvimento Territorial, Teixeira de Freitas, Bahia, Brasil silvajbl@ufsb.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8202-4812>
- ³ Universidade Federal do Sul da Bahia, Pós-Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Sustentabilidade, Teixeira de Freitas, Bahia, Brasil, brunarafeela._@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9483-0739>
- ⁴ Universidade Federal de Alfenas, Instituto de Ciências Naturais, Alfenas, MG, Brasil, marcelo.latuf@unifal-mg.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7090-000X>
- ⁵ Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Goiânia, GO, Brasil, gersonlisboa@ufg.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9834-2441>

Resumo: O crescimento urbano desordenado impacta o meio ambiente e a sociedade, resultando em fragmentação de habitats, perda de áreas verdes e aumento da impermeabilização do solo. Dentro deste contexto, insere-se o município de Porto Seguro, na Bahia, Brasil, que exemplifica as complexidades associadas ao crescimento urbano acelerado. Objetiva-se com este estudo, modelar cenários de uso e cobertura do solo para 2029, 2039 e 2049 no município de Porto Seguro, Bahia. Para isto adquiriu-se dados oriundos da plataforma MapBiomias. Os dados espaciais foram tratados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica e, a modelagem espacial, foi realizada por meio do plugin Molusce, utilizando descritores como análise de correlação, análise de variação de área, métodos de modelagem, simulação e validação. Os resultados de 1985 a 2021 mostraram aumento do mangue, recuperação de florestas e flutuações em outras classes, contudo as simulações indicaram leve declínio no mangue, manutenção da floresta e expansão de áreas não vegetadas e corpos d'água. Portanto, é importante implementar uma gestão cuidadosa para proteger esses ecossistemas valiosos e garantir sua preservação a longo prazo. A participação ativa da comunidade local e da sociedade civil é fundamental para a conservação e gestão eficaz desses recursos naturais.

Palavras-chave: Mata Atlântica; Geoprocessamento; Desenvolvimento Sustentável.

Abstract: Uncontrolled urban growth impacts the environment and society, resulting in habitat fragmentation, loss of green areas, and increased soil impermeability. Within this context, the municipality of Porto Seguro, in Bahia, Brazil, exemplifies the complexities associated with accelerated urban growth. The aim of this study is to model land use and land cover scenarios for 2029, 2039, and 2049 in the municipality of Porto Seguro, Bahia. For this purpose, data from the MapBiomias platform were acquired. The spatial data were processed in a Geographic Information System environment, and spatial modeling was performed using the Molusce plugin, using descriptors such as correlation analysis, area variation analysis, modeling, simulation, and validation methods. The results from 1985 to 2021 showed an increase in mangroves, forest recovery, and fluctuations in other classes. However, the simulations indicated a slight decline in mangroves, forest maintenance, and expansion of non-vegetated areas and water bodies. Therefore, it is important to implement careful management to protect these valuable ecosystems and ensure their long-term preservation. The active participation of the local community and civil society is essential for the conservation and effective management of these natural resources.

Keywords: Atlantic Forest; Geoprocessing; Sustainable Development

Recebido: 15/04/2025; Aceito: 16/06/2026; Publicado: 30/07/2026.

1. Introdução

Apesar das áreas urbanas ocuparem uma porção relativamente pequena da superfície terrestre, sua extensão, distribuição e evolução têm um impacto no meio ambiente e na dinâmica socioeconômica (Seto et al., 2012). Este impacto é resultado das mudanças na cobertura e uso do solo associadas à expansão urbana, tanto organizada quanto desordenada. A crescente urbanização e a expansão das áreas urbanas têm gerado preocupação global. O aumento da população nas cidades provoca transformações na paisagem e no uso do solo, levantando questões sobre o planejamento urbano sustentável, a preservação ambiental e a qualidade de vida das comunidades urbanas. Nesse contexto, a modelagem espacial na cobertura e uso do solo é essencial para compreender a dinâmica urbana e orientar decisões para um desenvolvimento urbano sustentável.

No ambiente urbano, a expansão das áreas urbanas representa uma tendência global que impõe desafios consideráveis para o planejamento e a sustentabilidade ambiental. O crescimento desordenado das cidades pode causar fragmentação do habitat natural, perda de áreas verdes e aumento da impermeabilização do solo, resultando em problemas como enchentes e perda de biodiversidade, dentre outros diversos impactos negativos (Alves et al., 2018). Dentro deste contexto, insere-se o município de Porto Seguro, na Bahia, Brasil, que exemplifica as complexidades associadas ao crescimento urbano acelerado. A rápida expansão urbana em áreas costeiras como Porto Seguro pode levar a desafios ambientais e sociais (Serra Silva, 2019). Com uma ampla história e diversidade geográfica, a região enfrenta desafios ambientais que exigem uma gestão territorial.

Porto Seguro é atualmente o principal destino turístico da região, atraindo visitantes com interesses diversos. Além da sede, Porto Seguro inclui outros destinos turísticos importantes, como os distritos de Arraial D'Ajuda, Trancoso e Caraíva. Green (2019) destaca que para alcançar o distrito de Arraial D'Ajuda a partir do centro de Porto Seguro, os visitantes podem percorrer aproximadamente 69 km pela BA 001 ou utilizar a balsa localizada na foz do rio Buranhém. Esta balsa opera 24 horas por dia e é um meio vital de transporte, reforçando a importância do rio como destino turístico.

A região possui diversas belezas naturais, praias, história e cultura, tornando-a um destino cobiçado por turistas em busca de experiências únicas (Garcia et al., 2021). No entanto, o crescimento do turismo e a expansão urbana podem trazer desafios para a preservação ambiental e a sustentabilidade da região. Candiotto (2009) aponta que é essencial um planejamento adequado do desenvolvimento turístico para garantir a conservação dos recursos naturais e a qualidade de vida das comunidades locais.

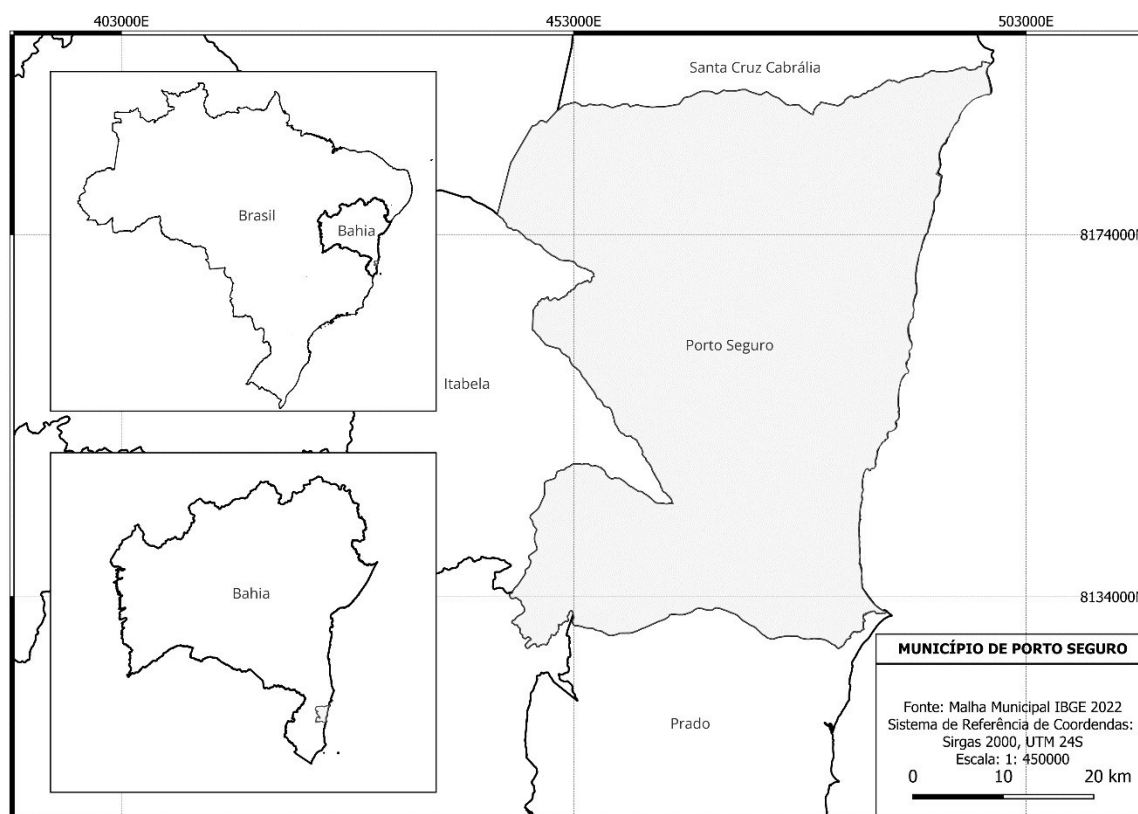
Com o crescimento econômico promovido pelo turismo no litoral de Porto Seguro, observa-se um aumento no número de hotéis e pousadas próximos à praia, resultando em mudanças notáveis na paisagem (Smith et al., 2021). Entre as atividades de maior impacto nos ecossistemas de manguezais, destaca-se a supressão da vegetação em várias áreas, o que afeta diretamente a dinâmica dos ecossistemas estuarinos e reduz a biodiversidade (Souza, 2018). Portanto, estudos que avaliem a projeção futura do uso e cobertura do solo em Porto Seguro são cruciais, dada a importância turística e o desenvolvimento econômico da região, impulsionado pela expansão e especulação imobiliária.

O mapeamento do uso e ocupação do solo é um produto básico para estudos ambientais espaciais, auxiliando na gestão e preservação dos recursos naturais. Nesse sentido, uma iniciativa no âmbito nacional é o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil -MapBiomas, que envolve vários especialistas em biomas brasileiros, usos da terra, sensoriamento remoto, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e ciência da computação. No geral, foram poucas iniciativas anteriores sobre o mapeamento do uso e ocupação do solo no domínio da Mata Atlântica com detalhes espaciais e temáticos, no entanto, a melhor referência é o “Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica” produzido pela “Fundação SOS Mata Atlântica” e “Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE” (MapBiomas, 2018). O atlas é uma iniciativa mais consolidada, e apresenta um conceito de floresta restrito à vegetação bem conservada, sendo mais utilizado para identificação de desmatamentos e análise da conservação da biodiversidade, enquanto o MapBiomas apresenta um conceito de floresta mais abrangente, indicado para análises de fragmentação, restauração e proteção da água (Rosa, 2016), entretanto, o Atlas apresenta apenas os dados dos remanescentes florestais entre 2005 e 2017, não diferenciando os usos e ocupações do solo, desta forma o MapBiomas pode ser uma solução para estudos temáticos e com maior resolução temporal. Diante disso, objetiva-se com este estudo, modelar cenários de uso e ocupação do solo para 2029, 2039 e 2049 no município de Porto Seguro, Bahia.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

O município de Porto Seguro está localizado na Costa do Descobrimento, região do Extremo Sul do Estado da Bahia, a uma distância de 720 km da capital Salvador (Figura 1). De acordo com o censo demográfico do IBGE-cidades (2021), o município possui uma população estimada em cerca de 168.326 habitantes. Com uma área de aproximadamente 2.285,73 km² (IBGE, 2022), apresenta uma geografia variada, incluindo praias intocadas, recifes de corais, florestas tropicais e manguezais, e é banhado pelo Oceano Atlântico, o que impulsiona o turismo e a pesca.



*Figura 1 - Município de Porto Seguro, Sistema de Referência SIRGAS 2000.
Fonte IBGE 2022. Elaborado pelos autores (2025).*

2.2 Procedimentos metodológicos

A metodologia adotada no estudo foi organizada nas seguintes etapas, conforme descrito no fluxograma (Figura 2):

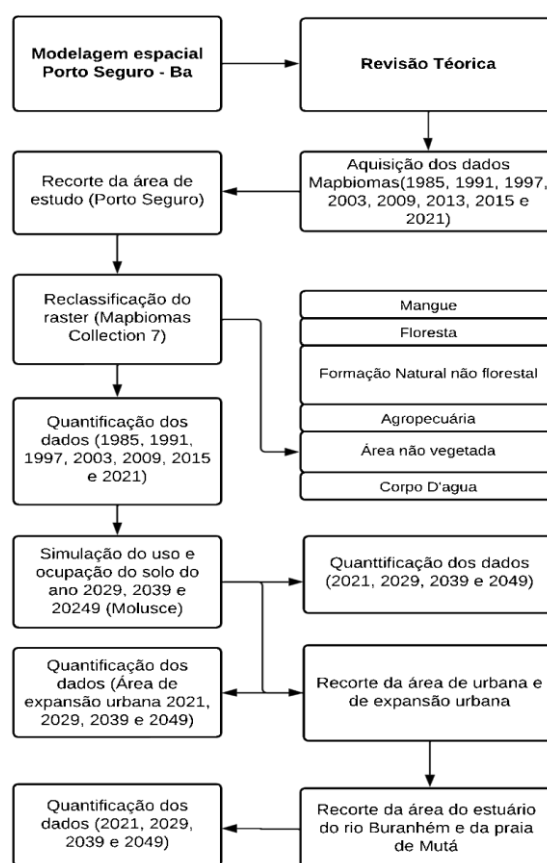


Figura 2 – Fluxograma Metodológico.

Fonte: Autores (2025).

1. Aquisição dos Dados: Dados matriciais foram obtidos na plataforma MapBiomas, disponível gratuitamente no link (<https://brasil.mapbiomas.org/map/colecao-7/>). A base de dados incluiu rasters dos anos de 1985, 1991, 1997, 2003, 2009, 2013, 2015 e 2021.
2. Definição da Área de Estudo: Utilizaram-se dados vetoriais em formato shapefile dos limites. A ferramenta "Reclassificar por Tabela" do QGIS permitiu reclassificar os rasters conforme a classificação da coleção 7 do MapBiomas (Figura 3) para as seguintes macros classes:
 - a) Mangue: O ecossistema de mangue, uma subclasse da macro classe floresta, desempenha um papel crucial no equilíbrio ecológico e na manutenção da biodiversidade em áreas costeiras. É composto por várias espécies de árvores, arbustos e herbáceas que desempenham papéis distintos dentro do ecossistema.
 - b) Floresta: Inclui Formação Florestal, Formação Savânica e Restinga Arborizada.
 - c) Formação Natural não Florestal: Inclui Campo Alagado e Área Pantanosa, Formação Campestre, Apicum, Afloramento Rochoso, Restinga Herbácea, e outras formações não florestais.
 - d) Agropecuária: Engloba Pastagem, Agricultura, Silvicultura e Mosaico de Usos.
 - e) Área não vegetada: Inclui Área Urbanizada, Mineração e outras áreas não vegetadas.
 - f) Corpos D'água: Compreende Rio, Lago e Oceano, além de Aquicultura.



Codes of the legend classes and color palette used in MapBiomas Collection 7

COLEÇÃO 7 - CLASSES	COLLECTION 7 CLASSES	NEW ID	Color number
1. Floresta	1. Forest	1	#129912
1.1 Formação Florestal	1.1. Forest Formation	3	#006400
1.2. Formação Savânica	1.2. Savanna Formation	4	#00ff00
1.3. Mangue	1.3. Mangrove	5	#687537
1.4. Restinga Arborizada	1.4. Wooded Sandbank Vegetation	49	#6b9932
2. Formação Natural não Florestal	2. Non Forest Natural Formation	10	#bbfcac
2.1. Campo Alagado e Área Pantanosa	2.1. Wetland	11	#45c2a5
2.2. Formação Campestre	2.2. Grassland	12	#b8af4f
2.3. Apicum	2.3. Salt Flat	32	#968c46
2.4. Afloramento Rochoso	2.4. Rocky Outcrop	29	#ff8c00
2.5. Restinga Herbácea	2.5. Herbaceous Sandbank Vegetation	50	#66ffcc
2.6. Outras Formações não Florestais	2.5. Other non Forest Formations	13	#bdb76b
3. Agropecuária	3. Farming	14	#ffffb2
3.1. Pastagem	3.1. Pasture	15	#ffd966
3.2. Agricultura	3.2. Agriculture	18	#e974ed
3.2.1. Lavoura Temporária	3.2.1. Temporary Crop	19	#d5a6bd
3.2.1.1. Soja	3.2.1.1. Soybean	39	#c59ff4
3.2.1.2. Cana	3.2.1.2. Sugar cane	20	#c27ba0
3.2.1.3. Arroz (beta)	3.2.1.3. Rice	40	#982c9e
3.2.1.4. Algodão (beta)	3.2.1.4. Cotton (beta)	62	#660066
3.2.1.5. Outras Lavouras Temporárias	3.2.1.5. Other Temporary Crops	41	#e787f8
3.2.2. Lavoura Perene	3.2.2. Perennial Crop	36	#f3b4f1
3.2.2.1. Café	3.2.2.1. Coffee	46	#cca0d4
3.2.2.2. Citrus	3.2.2.2. Citrus	47	#d082de
3.2.2.3. Outras Lavouras Perenes	3.2.2.3. Other Perennial Crops	48	#cd49e4
3.3. Silvicultura	3.3. Forest Plantation	9	#935132
3.4. Mosaico de Usos	3.4. Mosaic of Uses	21	#fff3bf
4. Área não Vegetada	4. Non vegetated area	22	#ea9999
4.1. Praia, Duna e Areal	4.1. Beach, Dune and Sand Spot	23	#dd7e6b
4.2. Área Urbanizada	4.2. Urban Area	24	#af2a2a
4.3. Mineração	4.3. Mining	30	#8a2be2
4.4. Outras Áreas não Vegetadas	4.4. Other non Vegetated Areas	25	#ff99ff
5. Corpo D'água	5. Water	26	#0000ff
5.1. Rio, Lago e Oceano	5.1. River, Lake and Ocean	33	#0000ff
5.2. Aquicultura	5.2. Aquaculture	31	#29eee4
6. Não observado	6. Non Observed	27	#D5D5E5

Figura 3 - Classes e códigos de legenda das classes do MapBiomas (Projeto MapBiomas – Coleção 7.0, 2023).

Fonte: Autores (2025).

- Quantificação dos Dados: Utilizou-se a ferramenta "Reportar camada raster de valor único" no QGIS para quantificar os valores das classes em hectares e analisar as variações ao longo do período estudado.
- Modelo de Simulação do Uso e Ocupação do Solo: O plugin MOLUSCE foi utilizado para modelar o uso do solo e mudanças na cobertura florestal. O MOLUSCE ajudou a analisar a transição potencial e a simulação futura do uso e ocupação do solo.
- Identificação e Compreensão das Mudanças: Os anos de 1985 e 1991 foram usados como dados de entrada, e 1997 como dados de validação, para aprimorar a modelagem. Este período foi escolhido para capturar transições críticas nas classes analisadas.
- Ajuste dos Hiperparâmetros: Ajustes nos hiperparâmetros do MOLUSCE foram realizados para refletir mudanças no uso do solo ao longo do tempo. Esse ajuste foi crucial para a obtenção de resultados mais precisos.

Fluxo Metodológico no molusce (Figura 4):

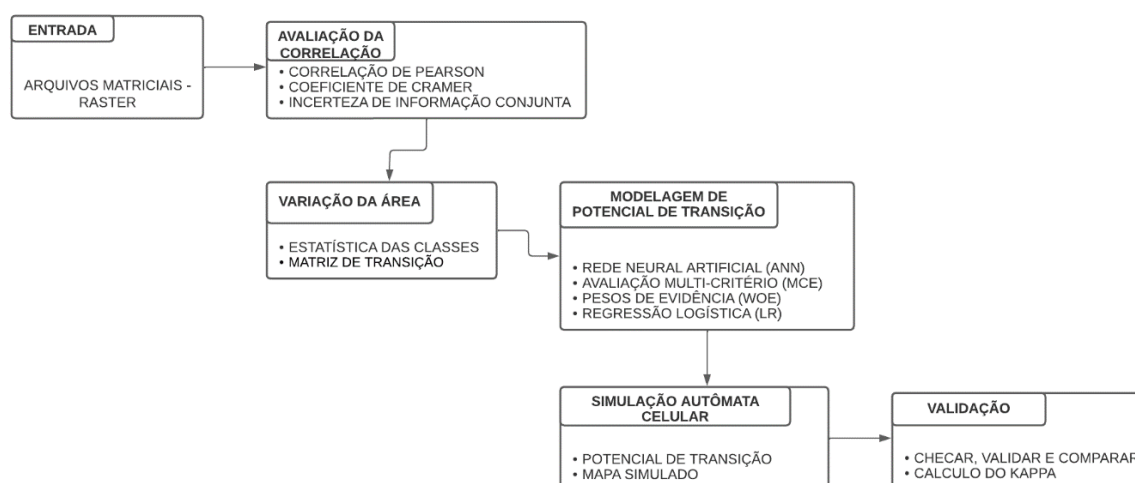


Figura 4 - Fluxo metodológico do MOLUSCE para a simulação de cenários futuros de uso e ocupação do solo no município de Porto Seguro – BA.

Fonte: Autores (2025).

- Reunião dos Dados: Mapas classificados do MapBiomas foram reclassificados para as classes Floresta, Mangue, Formação Natural não Florestal, Agropecuária, Área não Vegetada e Corpo D'água. Variáveis espaciais foram geradas a partir de dados de Modelo Digital de Elevação (MDE) e declividade (Figura 5).

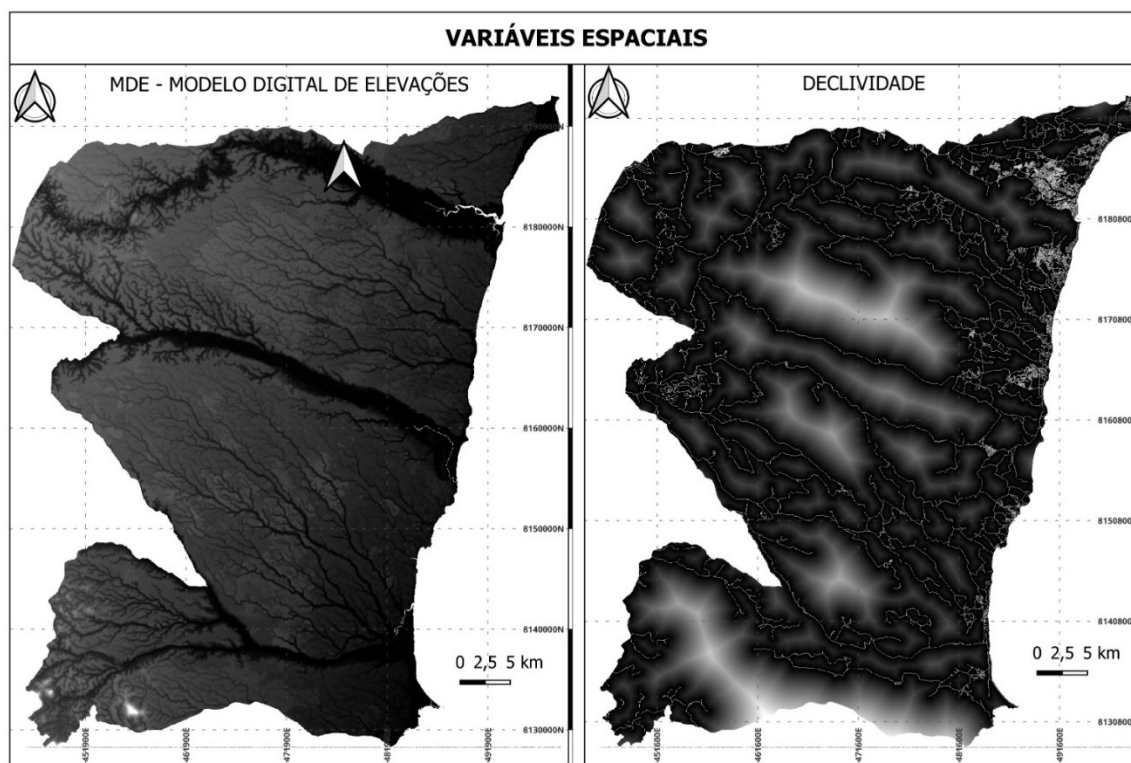


Figura 5 - Variáveis espaciais de entrada no MOLUSCE, Modelo Digital de Elevação (MDE) e Mapa de Declividades do município de Porto Seguro – BA.

Fonte: Autores (2025).

- Avaliação de Correlação: Foram utilizadas três técnicas para análise de correlação: Correlação de Pearson, Coeficiente de Cramer e Incerteza de Informação Conjunta. A Correlação de Pearson foi escolhida por não exigir dados categóricos previamente.

- Análise de Variação de Área: Foram produzidas tabelas de estatísticas das classes, matrizes de transição e mapas de alterações. As matrizes de transição descreveram as mudanças entre as classes ao longo do tempo.

- Modelagem de Potencial de Transição: O MOLUSCE empregou métodos como Redes Neurais Artificiais, Avaliação Multi-Critério, Pesos de Evidência e Regressão Logística para a modelagem do potencial de transição.

- Ajustes dos Hiperparâmetros: Ajustes foram realizados nos hiperparâmetros, incluindo Vizinhaça, Taxa de Aprendizagem, Iterações Máximas, Camadas Ocultas e Momentum, para otimizar os resultados da simulação.

- Resultados da Iteração de Aprendizagem: O MOLUSCE forneceu resultados da validação, incluindo Validação Global do Erro Mínimo, Variação da Precisão Global e Validação Kappa Atual. ****

Para o recorte da área do estuário do Rio Buranhém, especialmente nas áreas de mangue e na praia de Mutá, foi realizada uma abordagem específica de recorte e quantificação das classes e suas variações. A segmentação das imagens e a quantificação dos valores associados a cada classe permitiram uma análise aprofundada das variações temporais e espaciais. O plano diretor do município, conforme o art. 26 da lei municipal nº 1511/2019, define os limites da área urbana e de expansão urbana. Esses limites foram criados usando o QGIS com base no offset da linha preamar fornecida pela SPU e o shapefile do Parque Nacional do Monte Pascoal, adquirido no site do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO).

3. Resultados e discussão

A cidade de Porto Seguro apresentou variações significativas em suas classes de cobertura do solo ao longo dos anos, com dados coletados para os anos de 1985, 1991, 1997, 2003, 2009, 2015 e 2021 (Figura 6). As classes analisadas incluem Mangue, Floresta, Formação Natural não Florestal, Agropecuária, Área Não Vegetada e Corpo D'água (Tabela 1).

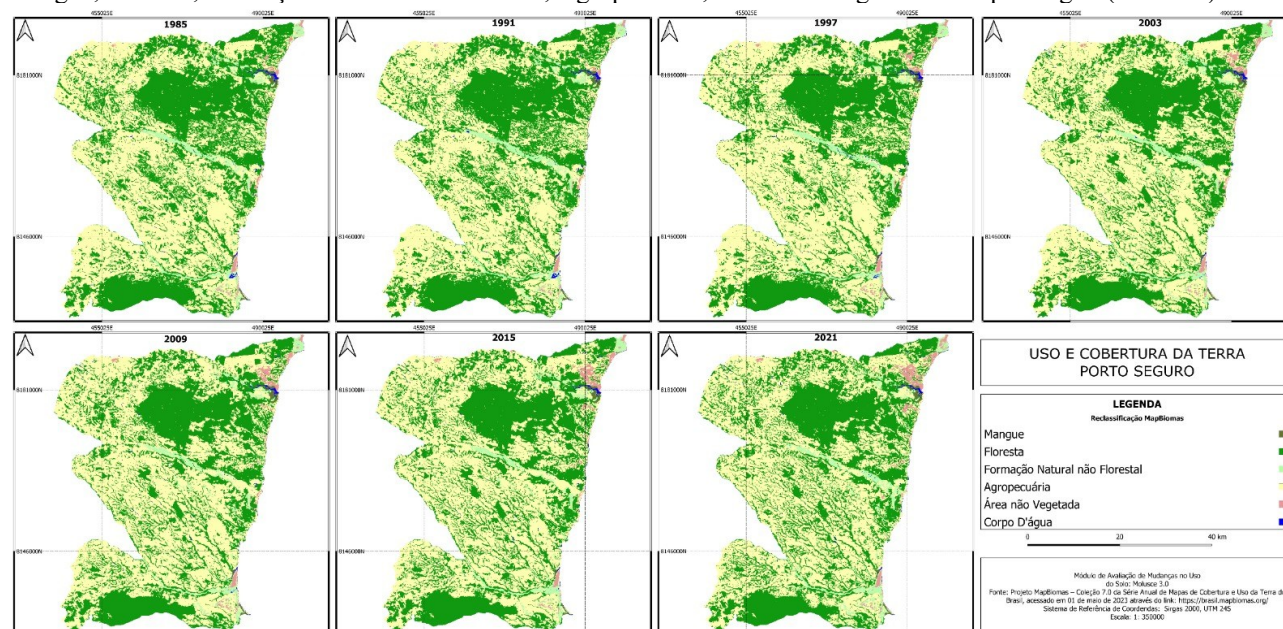


Figura 6 - Mapas de uso e ocupação do solo no município de Porto Seguro – BA, pelos dados do MAPBIOMAS nos anos de 1985, 1991, 1997, 2003, 2009, 2015 e 2021.

Fonte: Autores (2023).

Tabela 1 - Quantificação uso e ocupação do solo no município de Porto Seguro – BA nos anos 1985, 1991, 1997, 2003, 2009, 2015 e 2021.

Classes	1985	1991	1997	2003	2009	2015	2021
Mangue	633,51 ha 0,28%	647,73 ha 0,28%	680,31 ha 0,29%	701,64 ha 0,30%	704,52 ha 0,30%	712,35 ha 0,30%	720,90 ha 0,30%
Floresta	138.012,84 ha 61,53%	99.025,29 ha 43,17%	89.675,01 ha 37,76%	90.716,85 ha 38,27%	90.616,86 ha 38,36%	91.134,81 ha 38,42%	94.628,88 ha 39,84%
Formação Natural não florestal	9.872,46 ha 4,40%	7.138,98 ha 3,11%	6.505,11 ha 2,74%	6.731,37 ha 2,83%	5.978,16 ha 2,53%	6.177,24 ha 2,60%	7.697,97 ha 3,24%
Agropecuária	78.042,24 ha 34,77%	119.372,22 ha 52,00%	128.675,79 ha 54,22%	127.319,94 ha 53,66%	127.930,10 ha 54,15%	127.132,47 ha 53,59%	121.569,48 ha 51,24%
Área não vegetada	1.208,61 ha 0,54%	1.419,03 ha 0,62%	1.994,67 ha 0,84%	2.210,22 ha 0,93%	2.467,35 ha 1,04%	2.649,15 ha 1,12%	3.216,87 ha 1,36%
Corpo D'água	580,59 ha 0,26%	748,80 ha 0,33%	819,54 ha 0,34%	667,98 ha 0,28%	655,47 ha 0,28%	540,54 ha 0,23%	512,37 ha 0,22%

Fonte: Autores (2025).

O estudo revela um aumento de 13,79% na extensão das áreas de mangue em Porto Seguro ao longo do período analisado. Essa expansão gradual é importante pois os manguezais desempenham um papel crucial na biodiversidade local e na mitigação das mudanças climáticas. Estudos semelhantes, como os de BRAUM (2017), destacam a importância dos manguezais na proteção das costas, purificação da água e suporte à fauna e flora marinhas. Além disso, os manguezais atuam como reservas de carbono azul, essenciais para o combate às emissões de carbono. A conservação desses ecossistemas deve ser uma prioridade para preservar a biodiversidade e contribuir para o equilíbrio climático global.

Entre 1985 e 1997, Porto Seguro experimentou uma redução acentuada na cobertura florestal, com uma perda de 48.337,83 hectares, principalmente devido ao desmatamento, ocasionado pelo aumento da atividade agropecuária. No entanto, a partir de 2003, a área florestal começou a se recuperar, refletindo esforços de conservação e reflorestamento. Estudos indicam que a recuperação florestal traz benefícios significativos, como a restauração de habitats, melhoria da qualidade do solo e captura de carbono. É crucial continuar investindo na proteção das florestas e promover práticas de manejo sustentável para garantir a saúde ecológica a longo prazo.

A cobertura de formação natural não florestal em Porto Seguro variou ao longo do tempo, com o valor mais alto registrado em 1985 (9.872,46 ha) e o mais baixo em 2009 (5.978,16 ha). Essas flutuações refletem a sensibilidade das áreas de savanas e campos a mudanças climáticas, uso do solo e atividades humanas. A conservação dessas áreas é crucial para manter a diversidade de habitats e a integridade dos ecossistemas. Estratégias como a criação de reservas naturais e corredores ecológicos são recomendadas para proteger essas formações. A agropecuária teve um crescimento expressivo até 1997, com um aumento de 50.633,55 hectares. No entanto, de 1998 a 2021, a área destinada à agropecuária estabilizou. A agropecuária é essencial para a economia local, mas deve ser gerida de forma sustentável para equilibrar desenvolvimento econômico e conservação ambiental. Incentivar práticas agrícolas sustentáveis é fundamental para minimizar impactos negativos e promover um desenvolvimento equilibrado.

A área não vegetada em Porto Seguro aumentou 166,16% de 1985 a 2021, refletindo o crescimento urbano e industrial. Esse aumento pode levar à impermeabilização do solo, alterações climáticas locais e perda de habitats naturais. Estratégias de planejamento urbano sustentável, como a criação de áreas verdes e corredores ecológicos, são necessárias para mitigar esses impactos. Políticas que incentivem a construção sustentável e a preservação de áreas verdes são essenciais para reduzir os efeitos negativos da expansão não controlada. As áreas de corpos d'água em Porto Seguro apresentaram flutuações que refletem a influência de fatores climáticos e a gestão pública ambiental. A preservação dessas áreas é crucial

para garantir a qualidade e quantidade dos recursos hídricos, assim como a biodiversidade aquática. A implementação de ações de proteção e monitoramento é essencial para manter o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos.

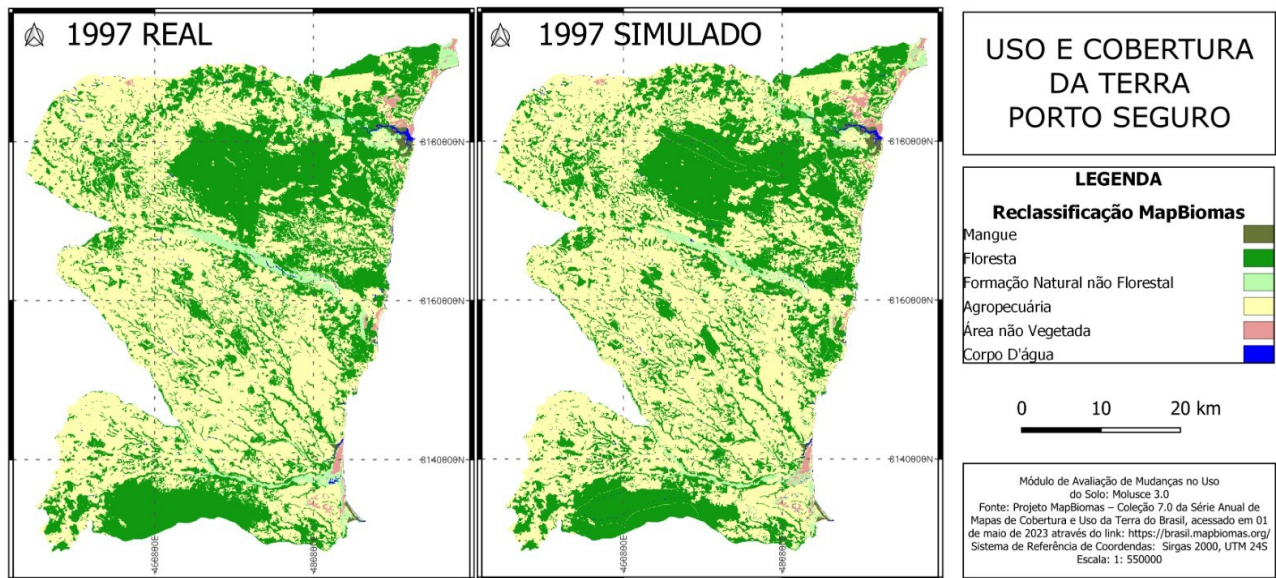
Para melhorar a precisão da modelagem espacial, foram utilizados dados de 1985 e 1991 para ajustar os hiperparâmetros, com o objetivo de simular o ano de 1997. Esse ajuste cuidadoso permitiu identificar a configuração ideal de hiperparâmetros, que foi então aplicada nas simulações para os anos subsequentes. Os resultados foram apresentados pelo MOLUSCE, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados da iteração da aprendizagem (1985-1991).

Δ Overall Accuracy	-0,00137
Min Validation Overall Error	0.02996
Current Validation Kappa	0.71037

Fonte: Autores (2025).

O erro mínimo encontrado na validação foi de -0,00137. Embora um valor negativo para o erro mínimo na validação seja atípico esse número pode sugerir possíveis vícios técnicos. A variação da precisão global foi de 0,02996. Uma variação pequena na precisão global indica uma consistência relativamente estável no desempenho do modelo. O valor de Kappa foi de 0,71037. Um valor de Kappa relativamente alto sugere uma boa concordância entre as classificações do modelo e as classes verdadeiras, indicando uma capacidade de generalização eficaz. Assim, foi construído a figura 7 demonstrando uma comparação real e o simulado no ano de 1997.



*Figura 7 - Comparativo do uso e ocupação do solo de 1997 entre o real e simulado pelo modelo.
Elaboração: Autores (2025).*

Para projetar os cenários futuros de uso e cobertura do solo, foram escolhidos os anos de 2029, 2039 e 2049, em alinhamento com a revisão periódica do plano diretor municipal. Utilizando os dados de 2013 e 2021, a simulação para 2029 foi baseada nesses intervalos, e para os anos subsequentes, dados de anos anteriores foram utilizados. Os resultados da simulação foram obtidos com o Plugin MOLUSCE, apresentando os cenários para os anos de 2029, 2039 e 2049 (Figura 8 e Tabela 3).

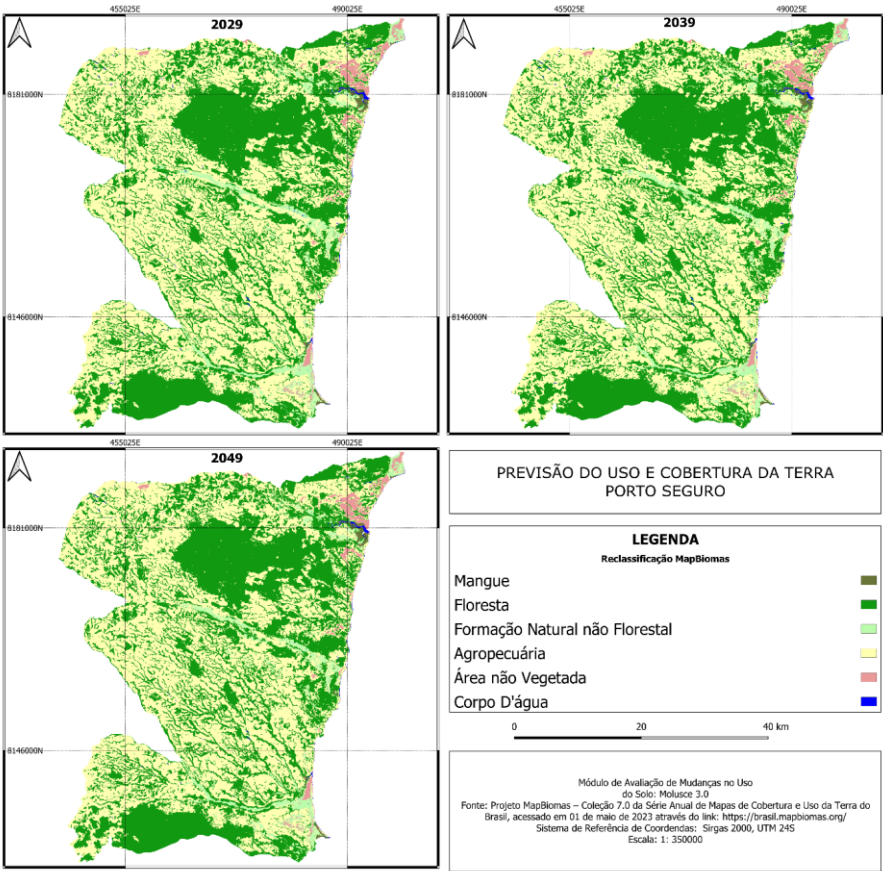


Figura 8 - Previsão do uso e ocupação do solo no município de Porto Seguro para os anos de 2029, 2039 e 2049.
Fonte: Autores (2025).

Tabela 3 - Dados de 2021 e simulação dos cenários de 2029, 2039 e 2049 para o uso e ocupação do solo no município de Porto Seguro – BA.

Anos	2021		2029		2039		2049	
Classes	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Mangue	720,9	0,32	679,59	0,30	677,79	0,30	675,99	0,30
Floresta	94.628,88	41,44	95.077,26	41,64	97.084,71	42,52	98.100,45	42,96
Formação Natural não florestal	7.697,97	3,37	7.702,20	3,37	7.300,80	3,20	7.389,72	3,24
Agropecuária	121.569,48	53,24	121.017,87	53,00	119.502,27	52,33	118.464,21	51,88
Área não vegetada	3.216,87	1,41	3.365,01	1,47	3.310,02	1,45	3.287,70	1,44
Corpo D'agua	512,37	0,22	504,54	0,22	470,88	0,21	428,40	0,19

Fonte: Autores (2025).

Os resultados mostram que as alterações no uso e ocupação do solo entre 2021 e 2049 serão menores (Figura 9). Isso sugere uma estabilização no uso do solo, possivelmente devido a políticas de conservação e planejamento urbano. Essa estabilidade reflete um período em que as mudanças no uso do solo se tornaram menos drásticas. A análise da área urbana e de expansão urbana foi baseada na definição do Plano Diretor, que inclui o perímetro urbano e áreas de expansão (Tabela 4). A simulação para os anos de 2021, 2029, 2039 e 2049 revelou as seguintes tendências:

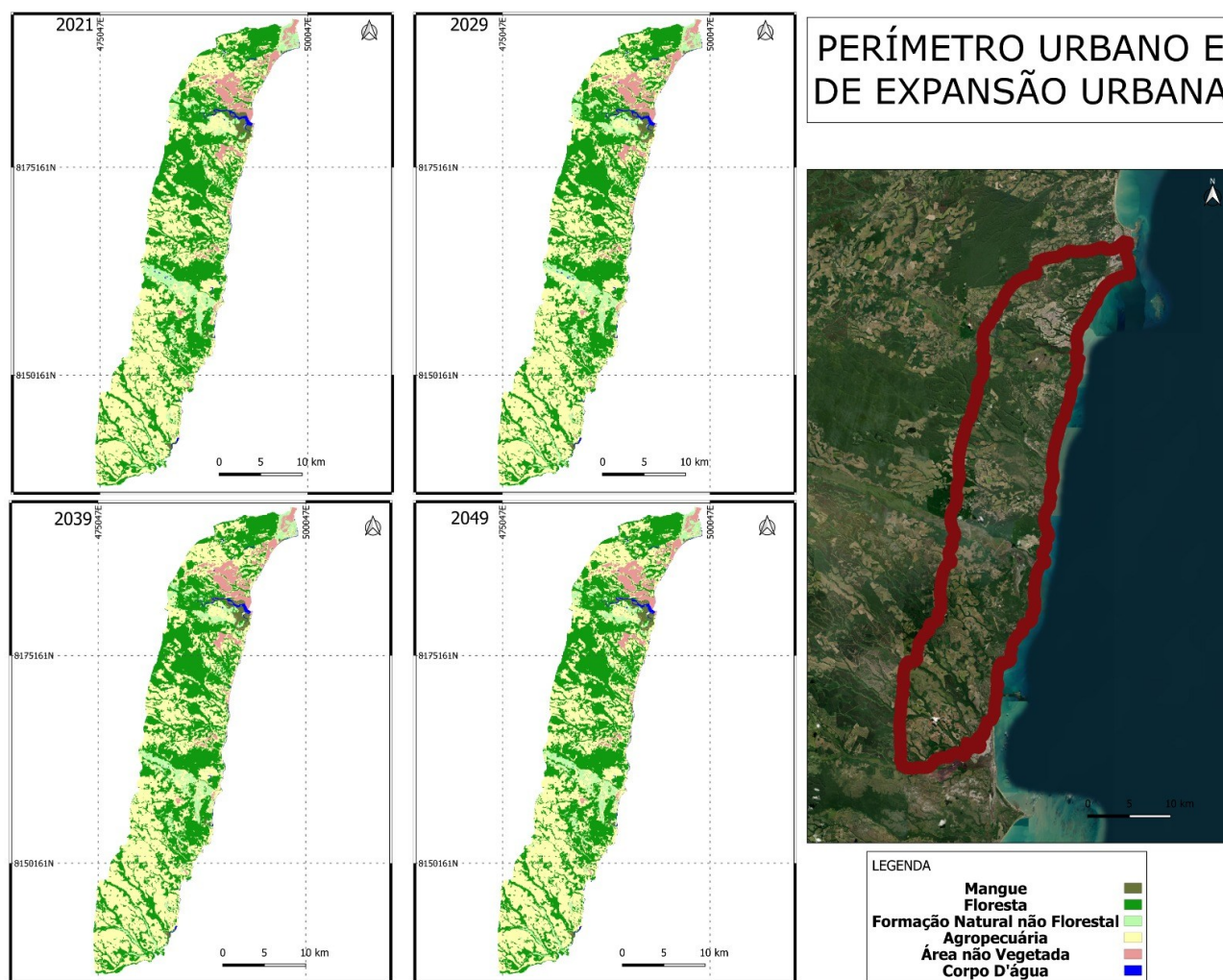


Figura 9 - Perímetro urbano e de expansão urbana - Porto Seguro -BA.

Fonte: Autores (2025).

A análise revelou que a área de mangue e os corpos d'água diminuirão, enquanto a floresta aumentará (Figura 10). A agropecuária manteve-se como a classe dominante na área de expansão urbana. Essas tendências indicam um crescimento urbano gradual, com impactos variados nas diferentes classes de uso do solo. A análise comparativa dos dados do estuário do Rio Buranhém e da área de expansão entre 2021 e 2049 revela tendências significativas nas classes de uso e ocupação do solo. No estuário do Rio Buranhém, observou-se uma diminuição gradual da área de mangue, que caiu de 483,21 hectares (10,38% da área total) em 2021 para 450,27 hectares (9,68%) em 2049. Este declínio pode ser preocupante para a conservação desse ecossistema vital. Em contraste, a área de floresta aumentou consideravelmente, passando de 1.872 hectares (40,23%) em 2021 para 1.979,46 hectares (42,53%) em 2049, indicando possíveis esforços de reflorestamento e preservação. A área dedicada à agropecuária apresentou flutuações, mas continuou a ser uma parte significativa do uso da terra.

Tabela 4 - Quantificação dos dados 2021, 2029, 2039 e 2049 - (Área urbana e de expansão urbana).

Anos	2021		2029		2039		2049	
Classes	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Mangue	601,92	1,12	567,18	1,06	565,56	1,05	564,3	1,05
Floresta	21.952,44	41,00	22.233,78	41,48	22.764,06	42,42	23.023,35	42,92
Formação Natural não florestal	3.224,61	6,01	3.208,5	5,99	3.019,59	5,63	3.031,83	5,66
Agropecuária	24.981,3	46,62	24.673,41	46,05	24.408,99	45,47	24.165,27	45,12
Área não vegetada	2.527,2	4,72	2.606,4	4,86	2.554,65	4,77	2.535,75	4,73
Corpo D'agua	324,63	0,61	322,83	0,60	298,44	0,56	290,79	0,54

Fonte: Autores (2025).

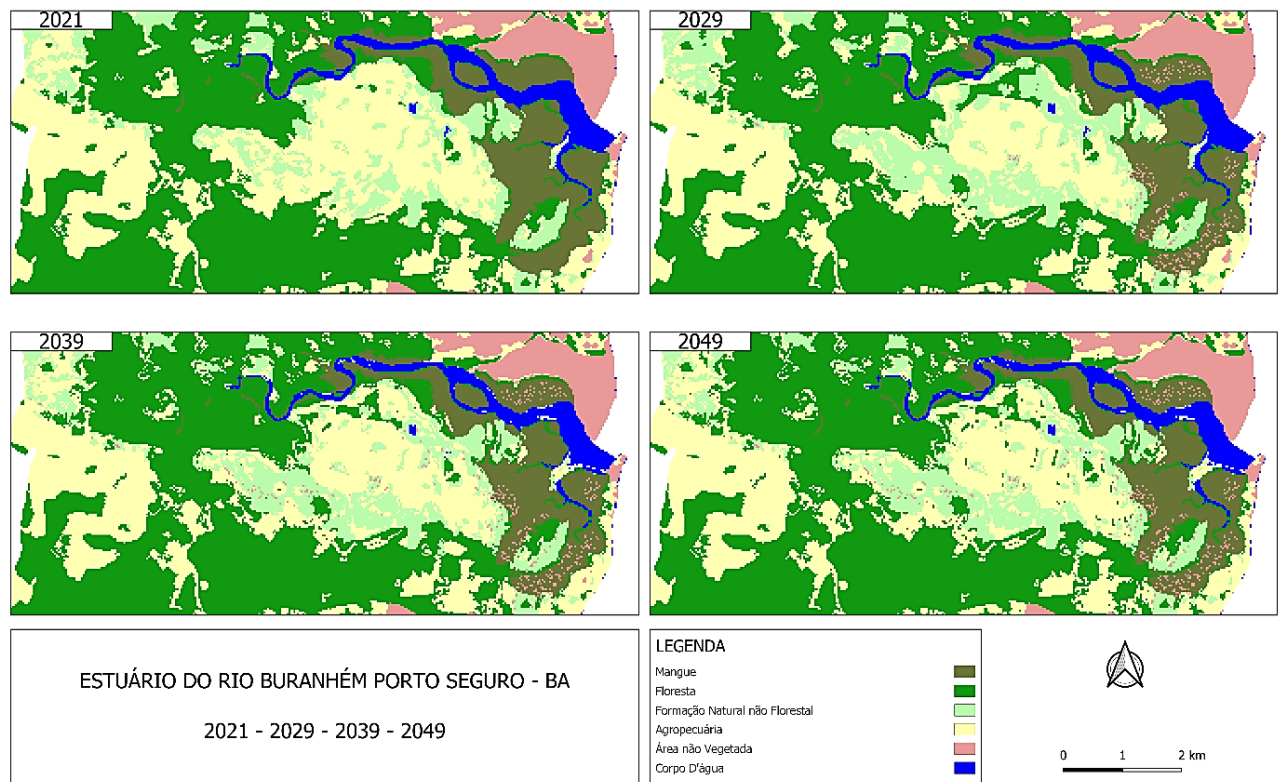


Figura 10 - Estuário rio Buranhém na cidade de Porto Seguro – BA nos anos de 2021 e simulações para 2029, 20239 e 2049.

Fonte: Autores (2025).

A área de expansão mostra um padrão diferente. A área de mangue também diminuiu, de 601,92 hectares (1,12%) em 2021 para 564,3 hectares (1,05%) em 2049. Entretanto, a floresta teve um aumento consistente, passando de 21.952,44

hectares (41%) em 2021 para 23.023,35 hectares (42,92%) em 2049. A agropecuária manteve-se como a classe dominante nesta área. Essas tendências indicam uma dinâmica complexa entre as classes de uso do solo, com implicações importantes para a conservação ambiental e o planejamento urbano. Embora o estuário faça parte da expansão urbana, os dados sugerem diferenças sutis nas tendências de uso do solo que merecem uma análise mais aprofundada para compreender completamente os motivos e as consequências dessas mudanças (Tabela 5).

Tabela 5 - Quantificação dos dados 2021, 2029, 2039 e 2049 - Estuário do rio Buranhém.

Anos	2021		2029		2039		2049	
Classes	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Mangue	483,21	10,38	452,52	9,72	451,44	9,70	450,27	9,68
Floresta	1.872	40,23	1.905,57	40,95	1.957,23	42,06	1.979,46	42,53
Formação Natural não florestal	457,65	9,83	601,65	12,93	507,51	10,91	505,44	10,86
Agropecuária	1.418,31	30,48	1.242,09	26,69	1.298,25	27,90	1.281,42	27,53
Área não vegetada	245,25	5,27	274,68	5,90	274,32	5,89	273,6	5,88
Corpo D'água	177,39	3,81	177,3	3,81	165,06	3,55	163,62	3,52

Fonte: Autores (2025).

O estudo de Ribeiro et al. (2019) sobre a expansão urbana em Porto Seguro entre 2004 e 2017 destacou que a expansão ocorreu principalmente em áreas de mangue e Mata Atlântica. A falta de planejamento adequado e políticas de preservação contribuiu para a perda de áreas verdes e problemas ambientais agravados. Para enfrentar esses desafios, é essencial que Porto Seguro adote estratégias de desenvolvimento sustentável e conservação, incluindo a criação de planos de manejo para manguezais e unidades de conservação, como sugerido por Alongi (2015) e Dahdouh-Guebas et al. (2005). A análise dos dados da Praia de Mutá revela transformações no uso do solo ao longo dos anos, com considerações específicas para cada classe de uso, como Mangue, Floresta, Formação Natural não Florestal, Agropecuária, Área Não Vegetada e Corpo D'Água (Tabela 6).

A área de manguezal manteve-se relativamente estável ao longo do período analisado, variando pouco em relação à sua extensão (Figura 11). A estabilidade da floresta também é notável, com variações mínimas ao longo dos anos. A Formação Natural não Florestal diminuiu gradualmente, possivelmente devido à urbanização e expansão agrícola. A agropecuária aumentou, refletindo uma expansão das atividades agrícolas na região, enquanto a área não vegetada oscilou antes de retornar aos níveis de 2021. A classe de corpo d'água permaneceu constante, indicando uma preservação adequada das áreas aquáticas.

A análise das mudanças no uso e ocupação do solo em Porto Seguro revela padrões importantes que exigem atenção. O declínio dos ecossistemas de mangue e a variação nas áreas de floresta e formações naturais destacam a necessidade de políticas de conservação e planejamento urbano sustentável. Monitorar a expansão agrícola e proteger os recursos hídricos são essenciais para garantir um futuro ambientalmente saudável e socialmente justo para a região.

Este estudo evidencia a complexidade e a importância da modelagem espacial para compreender e prever as mudanças no uso e ocupação do solo em Porto Seguro. A metodologia aplicada, que inclui o uso de dados históricos, ajustes de hiperparâmetros e ferramentas de modelagem, oferece uma base sólida para futuras pesquisas e políticas de gestão ambiental e planejamento urbano. A preservação dos ecossistemas naturais, como manguezais e florestas, é crucial para a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento econômico equilibrado da região.

Tabela 6 - Quantificação dos dados 2021, 2029, 2039 e 2049 - Praia de Mutá.

Anos	2021		2029		2039		2049	
Classes	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Mangue	14,94	1,38	14,58	1,35	14,58	1,35	14,58	1,35
Floresta	218,16	20,18	217,62	20,17	222,3	20,61	226,53	21,00
Formação Natural não florestal	428,94	39,68	410,31	38,03	397,89	36,88	397,62	36,86
Agropecuária	86,49	8,00	85,41	7,92	115,74	10,73	112,05	10,39
Área não vegetada	318,24	29,44	337,68	31,30	315,09	29,21	314,82	29,18
Corpo D'agua	14,22	1,32	13,23	1,23	13,23	1,23	13,23	1,23

Fonte: Autores (2025).

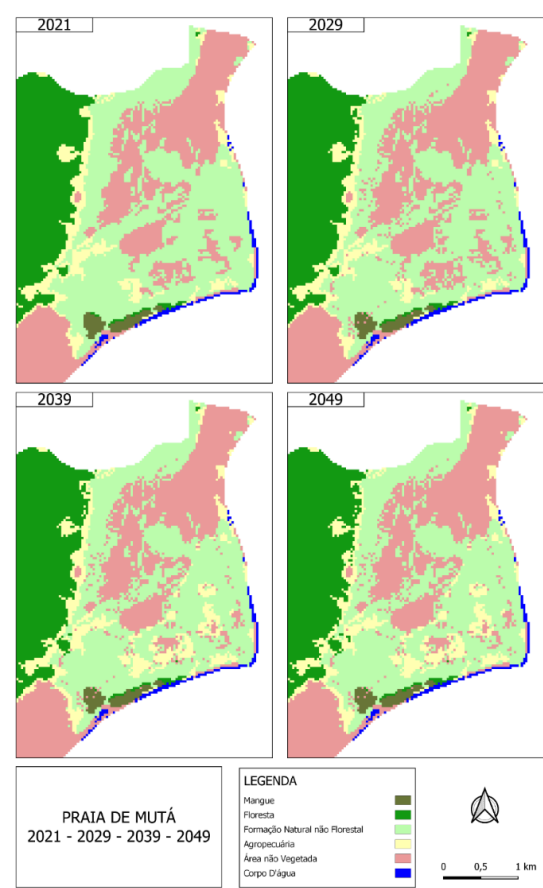


Figura 11 - Uso e ocupação do solo na praia de Mutá para o ano de 2021 e previsão para os anos de 2029, 2039 e 2049.
Autor: Próprio Autor (2025).

4. Considerações finais

Os dados analisados revelam que Porto Seguro passou por mudanças nas classes de cobertura do solo entre 1985 e 2021. Inicialmente, houve uma redução significativa nas áreas florestais, mas nos últimos anos observou-se uma recuperação das áreas de floresta e mangue. As variações nas áreas de formação natural não florestal, agropecuária, área não vegetada e corpos d'água refletem a complexa interação entre atividades humanas e a conservação ambiental ao longo do tempo. Essas informações são cruciais para embasar políticas públicas e práticas de manejo sustentável, visando a preservação e o equilíbrio ambiental da região.

Os cenários para os anos de 2029, 2039 e 2049 sugerem um equilíbrio, com um pequeno avanço das áreas não vegetadas e agropecuárias entre 2021 e 2029. No entanto, a partir de 2039, as variações tendem a se estabilizar, indicando um futuro potencialmente mais otimista em termos de conservação e uso sustentável do solo. É importante ressaltar que essas previsões podem ser influenciadas por diversos fatores externos, e um compromisso contínuo com a conservação e a gestão ambiental é essencial para assegurar que essas tendências positivas se concretizem.

A análise também revelou que a expansão urbana desordenada, especialmente por meio de loteamentos irregulares, tem levado à redução e fragmentação das áreas de floresta e formação natural não florestal. Essa tendência é preocupante, pois essas áreas desempenham papéis críticos na biodiversidade local. Portanto, é necessário revisar e fortalecer as políticas de ordenamento territorial e de gestão ambiental em Porto Seguro. A preservação dos manguezais, áreas verdes e corpos d'água deve ser prioritária, e o planejamento urbano deve limitar a expansão desordenada sobre os ecossistemas naturais.

A estabilidade das áreas de mangue em Porto Seguro, mesmo com a expansão urbana, ressalta restrição de construção pelo zoneamento urbano. O manguezal continua a desempenhar um papel crucial, e sua conservação é vital para manter a saúde ambiental da região. Portanto, é imperativo implementar uma gestão cuidadosa para proteger esses ecossistemas valiosos e garantir sua preservação a longo prazo. A participação ativa da comunidade local e da sociedade civil é fundamental para a conservação e gestão eficaz desses recursos naturais.

O uso do MOLUSCE na modelagem de uso e ocupação do solo apresentou desafios significativos devido à descontinuação do plugin e às suas limitações funcionais, como a impossibilidade de simular cenários futuros contínuos e a dificuldade para processar rasters maiores que a área de estudo. Essas restrições evidenciam a necessidade de explorar ferramentas alternativas e mais robustas para a modelagem espacial. Apesar dessas dificuldades, a pesquisa gerou resultados valiosos sobre a dinâmica do uso do solo e destacou a importância de atualizar e diversificar os métodos de modelagem.

Agradecimentos

A FAPESB pelo apoio ao desenvolvimento do trabalho e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Sustentabilidade (PPGCS) da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB).

Referências

- Alongi, D. M. *The Impact of Climate Change on Mangrove Ecosystems. Current Climate Change Reports*, 1(1), 30-39, 2015.
- Alves, D. S. et al. *Análise da expansão urbana de Teresina-PI e sua relação com áreas de risco a inundação. Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 11, n. 6, 2018.
- Braum, S.; Hodecker-Dietrich, A.; Aumond, J. J. *Mangues, cidades e mudanças climáticas: a importância dos ecossistemas costeiros para as cidades de Itajaí e Joinville (SC) diante dos prognósticos da elevação do nível do mar*. 2017.
- Brown, A. (2018). *Tourism and Sustainable Development in Coastal Areas*. Routledge.
- Candiottto, L. Z. P. *Considerações sobre o conceito de turismo sustentável*. Formação (Online), v. 1, n. 16, 2009.
- Dahdouh-Guebas, F., et al. (2005). *How effective were mangroves as a defence against the recent tsunami? Current Biology*, 15(12), R443-R447.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2021). *Cidades - Porto Seguro*.

-
- Serra Silva, J. et al. Expansão urbana e impactos ambientais na zona costeira norte do município de São Luís (MA). *Ra'e Ga*, v. 46, n. 1, 2019.
- Seto, K. C.; Güneralp, B.; Hutyrá, L. R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 109, n. 40, p. 16083-16088, 2012.
- Souza, C. A. et al. Biodiversidade e conservação dos manguezais: importância bioecológica e econômica. *Educação Ambiental sobre Manguezais*. São Vicente: Unesp, p. 16-56, 2018.