

Modelagem de Cenários Futuros de Uso e Cobertura da Terra em São Desidério: Análise da Perda de Vegetação Nativa e Expansão de Pastagens até 2102.

Ana Paula Frazão¹

Mateus Ribeiro da Silva²

Sophia Victoria Santos³

Silvio Braz de Sousa⁴

INTRODUÇÃO

Novos dados do MapBiomas revelam um quadro preocupante de perda de áreas naturais no Brasil. Até 1985, cerca de 20% do território brasileiro já havia sido transformado por atividades humanas. Nos 39 anos seguintes (1985-2023), essa transformação se intensificou, afetando mais de 13% do território nacional, ou 110 milhões de hectares, o que culminou em um total de 33% de áreas naturais convertidas até 2023. Este recente avanço é preocupante pois representa 33% de toda a transformação da paisagem natural desde o início da colonização europeia.

As áreas naturais incluem florestas nativas, corpos d'água e superfícies não vegetadas, como praias e dunas. Durante esse período, a região do Matopiba, localizada no Cerrado e abrangendo os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, destacou-se. Entre 2008 e 2023, todos os estados dessa região registraram municípios com mais de 30% de perda de vegetação nativa. Em 2023, aproximadamente 47% de toda a perda de vegetação nativa no Brasil ocorreu no Matopiba, totalizando 858.952 hectares, com um aumento de 59% em relação ao ano anterior.

São Desidério, na Bahia, emergiu como líder no ranking de desmatamento em 2023, com 40.052 hectares desmatados, um aumento de 9% em comparação com o ano anterior. Este aumento deve-se não apenas à intensificação do desmatamento, mas também ao aprimoramento dos sistemas de monitoramento, que se tornaram mais eficazes na detecção de áreas degradadas. Em 2023, a região do Matopiba concentrou 74% do desmatamento do Cerrado, ultrapassando estados tradicionalmente associados ao desmatamento, como Pará e Amazonas.

¹ Doutoranda em **Geografia** da Universidade Federal de Goiás – UFG, anapaulafraza0123@gmail.com;

² Mestrando em **Geologia** da Universidade Federal do Rio Grande do Norte- UFRN, mateusribeiro@ufrn.edu.br;

³ Graduada do Curso de **Engenharia elétrica** da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFRSA sophiasantos@isi-er.com.br

⁴ Doutor pelo Curso de **Geografia** da Universidade Federal - UFG, sousasb@gmail.com;

Diante desse cenário, torna-se crucial a modelagem de cenários futuros de uso e cobertura da terra para a região, principalmente para municípios como São Desidério. A modelagem de cenários futuros permite avaliar como as dinâmicas de uso da terra podem evoluir, considerando variáveis socioeconômicas e ambientais. Este tipo de análise é fundamental para antecipar possíveis impactos ambientais e socioeconômicos, informando a criação de políticas públicas e estratégias de mitigação para melhorar a gestão ambiental e promover um desenvolvimento sustentável. Além disso, essas modelagens são ferramentas valiosas para identificar áreas prioritárias para conservação e auxiliar na recuperação de ecossistemas degradados.

O estudo das mudanças futuras no uso da terra em áreas específicas é essencial devido à complexa relação com diversos fatores que influenciam os sistemas humano-ambientais. Essas alterações impactam significativamente o planejamento urbano, a sustentabilidade ambiental, a gestão de recursos e a qualidade de vida (Liu et al., 2022; Hassan e Nazem, 2016). Compreender essas mudanças é crucial para decisões informadas sobre crescimento populacional, uso de recursos, desenvolvimento de infraestrutura e conservação da biodiversidade (McDermott et al., 2022). Além disso, prever alterações nos padrões de uso da terra auxilia formuladores de políticas a enfrentar desafios como a expansão urbana, desmatamento e perda de habitat (Hassan e Nazem, 2016; McDermott et al., 2022). Em um contexto de rápida urbanização, mudanças climáticas e escassez de recursos, a capacidade de antecipar e gerenciar essas mudanças é vital para construir comunidades resilientes e sustentáveis, protegendo os ecossistemas do planeta.

Uma técnica amplamente utilizada para projetar usos futuros da terra é o modelo de Autômatos Celulares, baseado na cadeia de Markov, conhecida como modelo Cellular Automata Markov (CAM) (Aburas et al., 2019). Esses modelos simulam mudanças no uso da terra considerando as interações locais entre células geográficas, oferecendo uma ferramenta poderosa para a previsão e planejamento do uso do solo.

Este estudo apresenta um modelo de uso e cobertura da terra para o município de São Desidério, gerado em intervalos de dez anos até o ano de 2102. Os cenários foram elaborados com base no modelo Cellular Automata Markov (CAM).

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

Os dados de uso e cobertura da terra foram obtidos no site do MapBiomass (2024)

para os anos de 1992, 2002, 2012 e 2022, com foco no município de São Desidério, Bahia. Tais dados apresentam uma resolução espacial de 30x30 metros e estão referenciados no sistema de coordenadas SIRGAS 2000.

No estudo em questão, os dados de uso do solo e o modelo digital de elevação (DEM) foram organizados no conjunto denominado "dados". As principais categorias de uso da terra identificadas foram: 'Vegetação' (1), 'Pastagem' (2), 'Agricultura' (3), 'Mancha Urbana' (4) e 'Água' (5). A escolha dessas categorias visou simplificar o processo de análise e processamento, reduzindo a carga computacional e facilitando o monitoramento das mudanças na cobertura do solo.

O modelo Cellular Automata Markov (CAM) foi utilizado para prever mudanças no uso da terra, através da estimativa de matrizes de transição de probabilidades que simulam essas mudanças ao longo do tempo. A matriz de transição calcula a probabilidade de uma célula (ou pixel) mudar de uma classe de uso do solo para outra. Estas probabilidades foram estimadas através de uma "tabulação cruzada" de mapas obtidos nos anos de 1992, 2002, 2012 e 2022. Após normalização, essas matrizes de mudanças são usadas para prever os futuros usos do solo.

Validação dos Modelos:

1. Acurácia (Accuracy): A acurácia geral determina a porcentagem de pixels corretamente classificados em relação ao número total de pixels, servindo como uma métrica clara da precisão do modelo (com valores variando de 0 = ruim a 1 = perfeito).

2. Erro Médio Absoluto (MAE): Quantifica a magnitude dos erros entre os valores previstos e observados de uso da terra. Valores mais baixos de MAE indicam melhor desempenho do modelo (mais próximo de 0 é ideal).

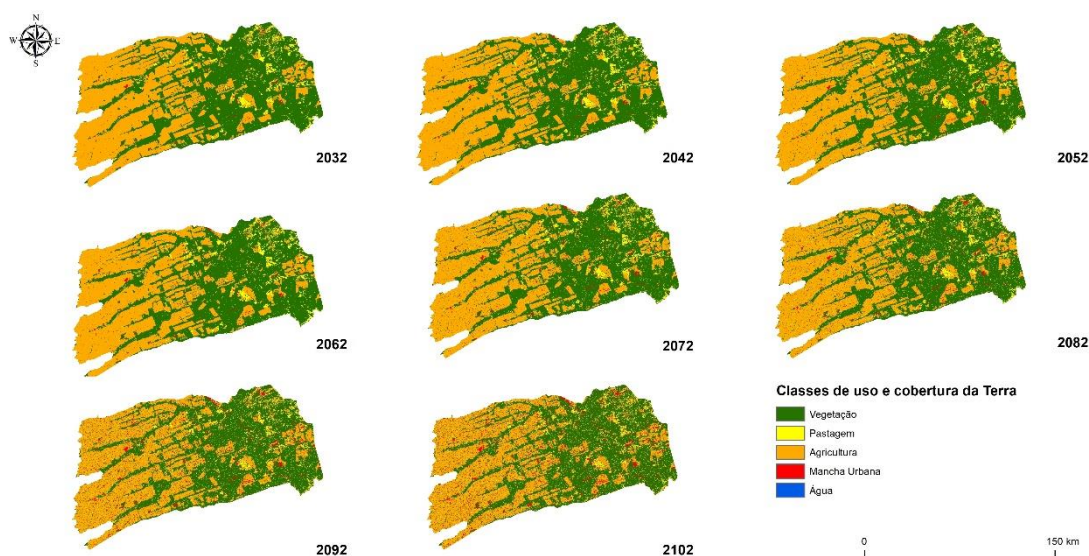
3. Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE): Calcula a raiz quadrada da média dos erros ao quadrado entre os valores previstos e observados, penalizando mais severamente os erros maiores. Valores mais baixos de RMSE também indicam um modelo mais preciso (mais próximo de 0 é ideal).

Com o uso dessas métricas, o desempenho dos modelos de uso e cobertura da terra pode ser avaliado de forma robusta, garantindo a detecção e verificação eficientes das transformações anuais no uso do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo CAM foi implementado para um período de 10 anos até 2102, conforme detalhado na metodologia. Em cada marco temporal (1992, 2002, 2012, 2022, 2032, 2042, 2052, 2062, 2072, 2082, 2092, 2102), foram utilizadas as respectivas matrizes de probabilidade de transição. Como resultado, foram gerados mapas previstos de uso da terra para os anos de 2032, 2042, 2052, 2062, 2072, 2082, 2092 e 2102, como ilustrado na Figura 1. O processo foi iterativo a cada etapa, atualizando as matrizes de transição de acordo com as mudanças observadas durante a validação até atingir o ano alvo de 2102.

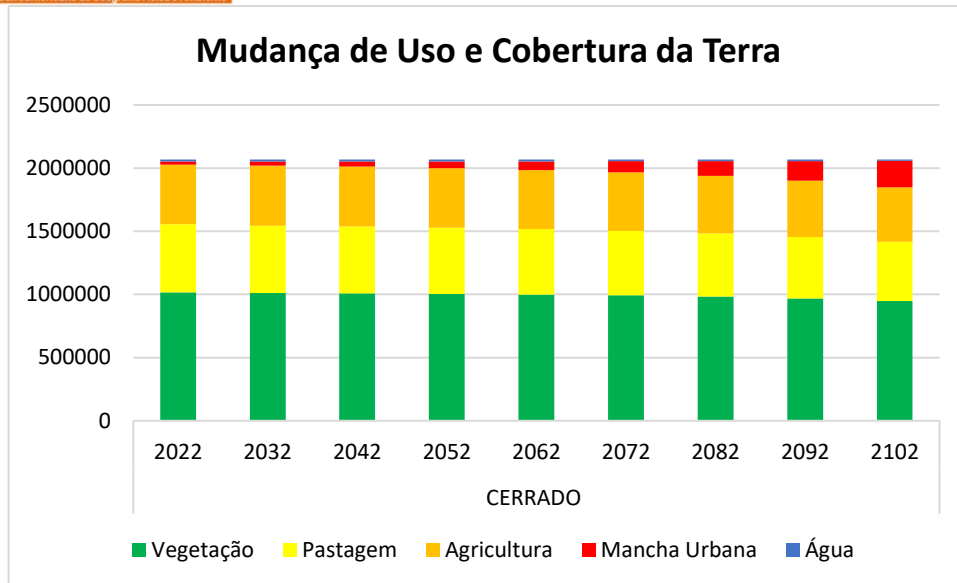
Figura 1: Modelagens de cenários futuros de uso e cobertura da terra do município de São Desiderio (BA).



Fonte: Autores.

As projeções das mudanças no uso da terra indicam que o município de São Desidério, entre 2022 e 2102, enfrentará uma redução de 45% na área florestal. Em contrapartida, as áreas de pastagem devem aumentar em 30%. Adicionalmente, estima-se uma diminuição de cerca de 5% nas áreas de água. Esses dados sugerem uma tendência persistente de perda significativa de vegetação natural, acompanhada por uma expansão das áreas de pastagem e urbanas, conforme demonstrado na Figura 2.

Figura2: Gráfico de mudanças de uso e cobertura da terra do município de São Desiderio.



Fonte: autores.

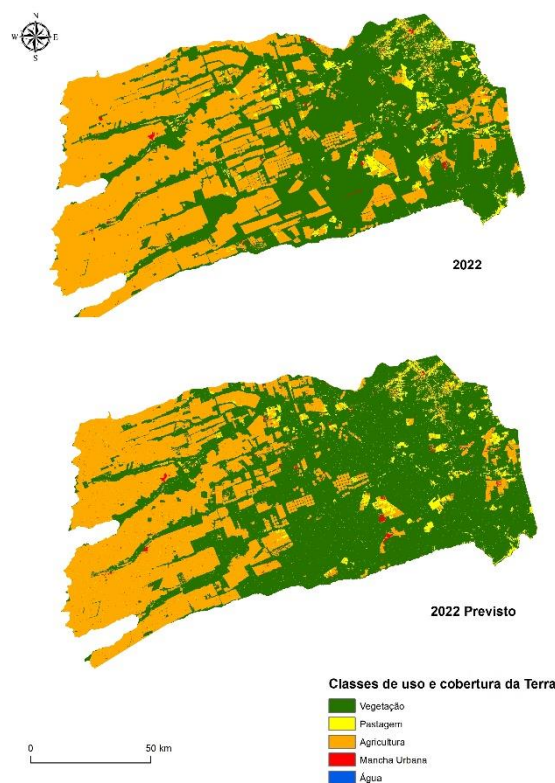
A Tabela 1 demonstra a eficácia do modelo, com bons resultados nos três métodos de validação. A acurácia foi de 0,85 (sendo 1 o ideal), o MAE foi de 0,25 (0 é perfeito) e o RMSE registrou 0,47 (0 é perfeito). A Figura 3 destaca as semelhanças entre o modelo para 2022 e as imagens de uso do solo de 2022 do MapBiomias.

Tabela 1: Valores da validação do modelo de uso e cobertura.

Validação	
Accuracy	0.85
MAE	0.25
RMSE	0.47

Fonte: Autores.

Figura 3: Mapas de Uso e Cobertura da Terra Mapbiomas e Modelo.



Fonte: Autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidencia a alarmante perda de áreas naturais no Brasil, com foco na região do Matopiba e, especificamente, no município de São Desidério. A modelagem de cenários futuros de uso e cobertura da terra, utilizando o modelo Cellular Automata Markov (CAM), revelou uma tendência preocupante de redução significativa da vegetação nativa e um aumento das áreas de pastagem e urbanas até o ano de 2102. Os resultados indicam que, entre 2022 e 2102, a área florestal poderá diminuir em 68.552,02 km², enquanto as áreas de pastagem devem crescer em 70.377,70 km², além de uma diminuição nas áreas de água.

Essas mudanças no uso da terra têm implicações diretas na sustentabilidade ambiental e na qualidade de vida das comunidades locais. A validação do modelo demonstrou uma acurácia satisfatória, o que reforça a confiabilidade das projeções realizadas. A compreensão dessas dinâmicas é essencial para a formulação de políticas públicas eficazes que visem a conservação dos ecossistemas e a promoção de um desenvolvimento sustentável na região.

Portanto, é fundamental que ações de monitoramento e gestão sejam implementadas para mitigar os impactos negativos do desmatamento e promover a recuperação de áreas degradadas. A modelagem de cenários futuros se mostra uma ferramenta valiosa para orientar essas ações e garantir a preservação dos recursos naturais.

Palavras-chave: uso da terra, modelagem, desmatamento, sustentabilidade, Matopiba, Cellular Automata Markov.

REFERÊNCIAS

1. LIU, H.; HOMMA, R.; LIU, Q.; FANG, C. Multi-scenario prediction of intra-urban land use change using a cellular automata-random forest model. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 10, n. 8, art. 8, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijgi10080503>. Acesso em: 13 de setembro de 2024.

2. HASSAN, M. M.; NAZEM, M. N. I. Examination of land use/land cover changes, urban growth dynamics, and environmental sustainability in Chittagong city, Bangladesh. *Environment, Development and Sustainability*, v. 18, n. 3, p. 697–716, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10668-015-9672-8>. Acesso em: 13 de setembro de 2024.

3. MCDERMOTT, C. L. et al. Transforming land use governance: Global targets without equity miss the mark. *Environmental Policy and Governance*, v. 33, n. 3, p. 245–257, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/eet.2027>. Acesso em: 13 de setembro de 2024.

4. PROJETO MAPBIOMAS ALERTA – Sistema de Validação e Refinamento de Alertas de Desmatamento com Imagens de Alta Resolução. Disponível em: <https://alerta.mapbiomas.org/>. Acesso em: 13 de setembro de 2024.