

Parna dos Lençóis Maranhenses e APA da Foz do Rio das Preguiças: Análise Espaço-temporal da Dinâmica do Uso e Cobertura do Solo (1985 - 2022)

Lençóis Maranhenses PARNA and APA of the Mouth of the Preguiças River: Spatial-temporal Analysis of the Dynamics of Land Use and COVER (1985 - 2022)

Mateus Monteles Vieira¹; Maiane Rodrigues do Nascimento²; Mayara Rodrigues Nascimento³; Kamilla Andrade Oliveira⁴

¹Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Curso de licenciatura em Ciências Biológicas, Chapadinha/MA, Brasil. Email: mateusmv7@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3756-8946>

²Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, São Luís/MA, Brasil. Email: maianerodrigues707@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4170-5694>

³Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, São Luís/MA, Brasil. Email: mayararodrigues011@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4124-3282>

⁴Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Departamento de Engenharia Agrícola, Chapadinha/MA, Brasil. Email: kamilla.andrade@ufma.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6401-4132>

Resumo: Neste estudo, foi analisada a dinâmica espaço-temporal do uso e ocupação do solo nas Unidades de Conservação Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses e Área de Proteção Ambiental da Foz do Rio das Preguiças. Para isso, utilizou-se o software livre QGIS e dados classificados da plataforma MapBiomias, considerando o intervalo entre 1985 e 2022. Os resultados revelaram uma redução de 3,18% das áreas naturais, aumento de áreas não vegetadas e de uso agropecuário, além da diminuição de corpos d'água e formações naturais não florestais. Identificaram-se 88 espécies com tendência de declínio populacional: 47 vulneráveis, 27 em perigo e 19 criticamente ameaçadas. Tais evidências reforçam a urgência de estudos interdisciplinares para compreender e mitigar os impactos da antropização e garantir a preservação da biodiversidade e da biosfera.

Palavras-chave: Geociências; Unidade de Conservação; Uso e cobertura da Terra.

Abstract: This study analyzed the spatiotemporal dynamics of land use and occupation in the Lençóis Maranhenses National Park and Foz do Rio das Preguiças Environmental Protection Area Conservation Units. The free QGIS software and classified data from the MapBiomias platform were used for the period 1985 to 2022. The results revealed a 3.18% reduction in natural areas, an increase in non-vegetated areas and areas used for agricultural purposes, as well as a decrease in water bodies and non-forested natural formations. Eighty-eight species were identified as declining in population: 47 vulnerable, 27 endangered, and 19 critically endangered. This evidence reinforces the urgency of interdisciplinary studies to understand and mitigate the impacts of anthropization and ensure the preservation of biodiversity and the biosphere.

Keywords: Geosciences; Protected Area; Land use land change.

1. Introdução

O Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses e a Área de Proteção Ambiental (APA) da Foz do Rio das Preguiças constituem um mosaico costeiro de elevada relevância ecológica e socioambiental no estado do Maranhão, caracterizado por dunas móveis, lagoas interligadas, sistemas lagunares e extensos manguezais. O Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (PNLM), criado em 1981, abrange uma área superior a 150 mil hectares e protege formações dunosas singulares no contexto costeiro brasileiro, além de abrigar valores paisagísticos, hídricos e de biodiversidade que justificam sua conservação (ICMBio, 2022; MMA, 2021).

A APA da Foz do Rio das Preguiças — Unidade de Conservação de uso sustentável criada por decreto estadual em 1991 — atua como zona de amortecimento e espaço de regulação de atividades antrópicas na foz e nas áreas lagunares adjacentes, buscando conciliar uso humano e preservação dos recursos naturais locais. A delimitação e o instrumento de gestão da APA são essenciais para reduzir pressões sobre os ecossistemas costeiros e manter a conectividade entre áreas protegidas e territórios ocupados (SEMA-MA, 2022; ISA, 2023).

Nas últimas décadas, a dinâmica do uso e cobertura do solo no litoral maranhense tem sido marcada por transformações significativas — perda e rearranjo de vegetação nativa, mudanças em áreas de mangue e expansão de usos antrópicos — influenciadas por fatores diretos (uso do solo, turismo, pesca e infraestrutura) e indiretos (mudanças climáticas, variações hidrológicas). Estudos regionais têm identificado padrões de ganho e perda em manguezais ao redor dos Lençóis Maranhenses, ressaltando tanto áreas de recuperação quanto áreas sob pressão antrópica (Souza-Filho et al., 2021; Ferreira et al., 2022).

A disponibilização de séries temporais de cobertura da terra (1985–2022) pelo projeto MapBiomias tornou viável a análise multitemporal detalhada da evolução das classes de uso e cobertura em escala de unidades protegidas, permitindo quantificar transições anuais, tendências de longo prazo e mosaicos de uso no entorno de áreas de conservação. Os produtos do MapBiomias oferecem uma base consistente para estudos que investigam mudanças espaciais e temporais em paisagens brasileiras, integrando dados de sensoriamento remoto e análises estatísticas (MapBiomias, 2023a; MapBiomias, 2023b).

Metodologicamente, a combinação de análise de séries temporais de imagens satelitais (p. ex. mosaicos Landsat usados pelo MapBiomias), técnicas de classificação, análise de transição de classes e avaliação espacial das áreas de influência das unidades de conservação permite identificar tendências, pontos críticos de conversão de cobertura e possíveis vetores de alteração antrópica. Além disso, integrar dados locais e estudos sobre clima e uso do solo contribui para interpretar as causas e consequências das mudanças observadas na paisagem costeira maranhense (Andrade et al., 2021; Nascimento; Pereira, 2022).

Diante desse contexto, o presente estudo propõe uma análise espaço-temporal da dinâmica do uso e cobertura do solo no Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses e na APA da Foz do Rio das Preguiças no período 1985–2022, com os objetivos de: (i) quantificar alterações nas principais classes de cobertura (incluindo dunas/areais, mangue, vegetação nativa, área antrópica e corpos d'água); (ii) mapear padrões espaciais de ganho e perda em áreas sensíveis; e (iii) avaliar a eficácia relativa das unidades de conservação e zonas de amortecimento frente às pressões antrópicas. Os resultados esperados visam subsidiar propostas de manejo, planejamento territorial e medidas de mitigação/adoção de práticas sustentáveis na região (ICMBio, 2022; MapBiomias, 2023a).

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

O Maranhão é uma das 27 unidades federativas do Brasil, localizada na Região Nordeste. O estado faz divisa com três A área de estudo compreende o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (Unidade de Conservação Federal – Proteção Integral) e a Área de Proteção Ambiental (APA) da Foz do Rio das Preguiças – Pequenos Lençóis – Região Lagunar Adjacente (Unidade de Conservação Estadual – Uso Sustentável), caracterizadas por um mosaico biogeográfico de tipologias vegetais que formam gradientes entre campos, savanas e florestas. A Figura 1 apresenta a localização dessas unidades de conservação.

O Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses está localizado na costa semiárida do norte do Maranhão (02° 19'S a 02° 45'S e 42°44' a 43°29'W), a cerca de 370 km da capital São Luís. Com 155.000 hectares, o parque inclui dunas, restinga e manguezais, sendo 90.000 hectares cobertos por dunas livres e lagoas interdunantes. Abrange os municípios de Barreirinhas (44,86%), Santo Amaro do Maranhão (42,15%) e Primeira Cruz (6,89%). O parque foi criado em 2 de junho

de 1981, resultado dos esforços do projeto RADAMBRASIL, que buscava suprir déficits do sistema de unidades de conservação da década de 1970.

A APA da foz do Rio das Preguiças foi criada pelo Decreto nº 11.899, em 1 de junho de 1991, com o objetivo de preservar diferentes configurações vegetais, incluindo manguezais, dunas, restingas, renques de buritis, lagoas e matas ciliares, essenciais para a fauna e flora locais e regionais, além de abrigar espécies raras.

A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo referente às duas Unidades de Conservação.

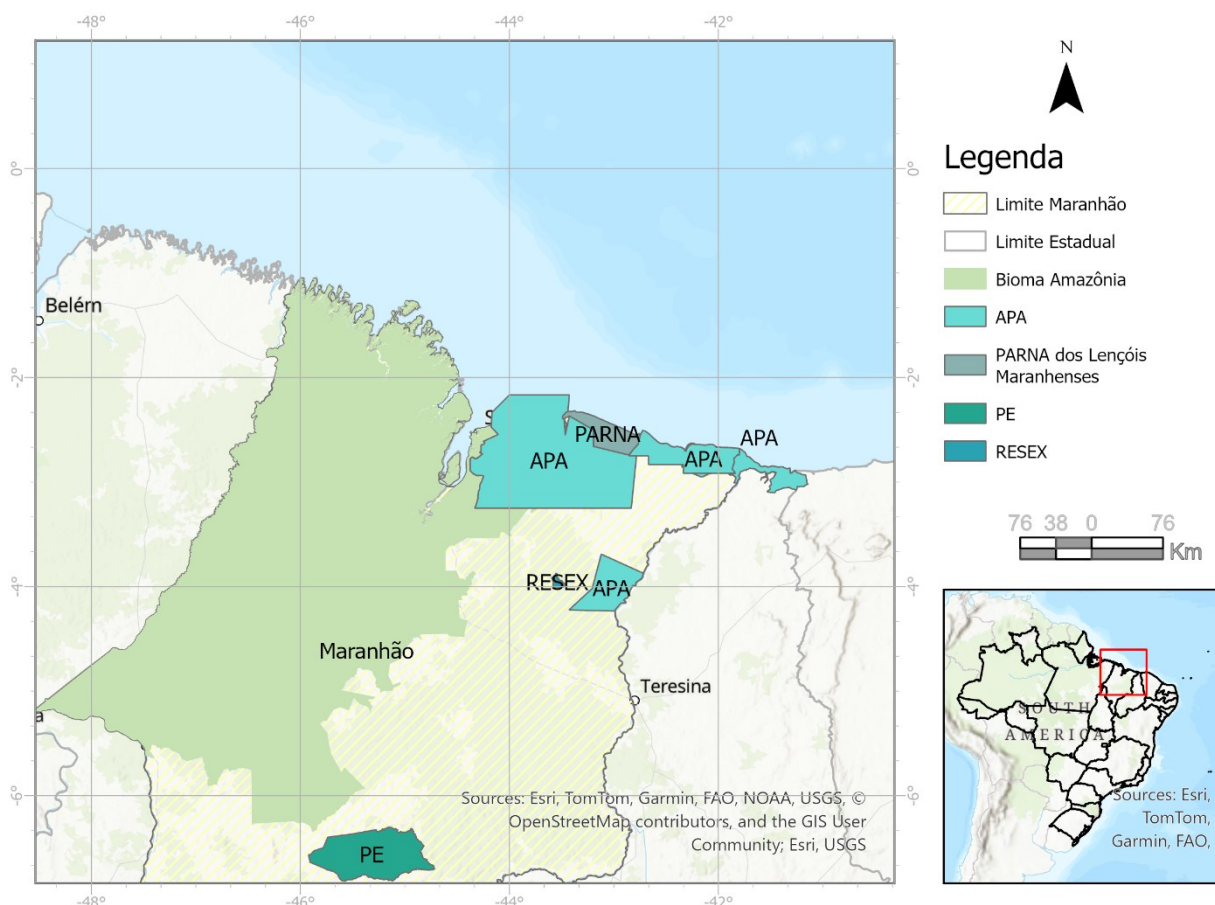


Figura 1 – Localização da área de estudo referente às duas Unidades de Conservação.

Fonte: Autores (2025).

2.2 Aquisição dos dados, procedimentos e ferramentas utilizados para a pesquisa

Para este estudo, foram utilizados dados da coleção MapBiomas 8.0, que fornece classificação pixel a pixel de imagens capturadas pelos satélites Landsat, no âmbito do programa de monitoramento da Terra do governo norte-americano. A coleta dos dados foi feita via downloads com a ferramenta do usuário MapBiomas, que funciona como um script operacional na plataforma *Google Earth Engine*.

Quatro imagens raster da área de estudo foram analisadas, iniciando em 1985 seguido pelos anos de 1995, 2010 e 2022. A análise multitemporal foi realizada com o software livre QGIS (versão 3.28), iniciando com dados classificados pelo MapBiomas e reprojatados para o sistema SIRGAS 2000.

As imagens foram reclassificadas para distinguir formações naturais e antrópicas, conforme a coleção 8.0 do MapBiomias, permitindo uma visualização detalhada das classes para a elaboração de mapas temáticos com layouts representativos.

As áreas correspondentes às classes de interesse foram calculadas para cada ano-base, possibilitando observar a evolução das classes de vegetação e ocupação do solo. Os dados foram organizados e processados no Microsoft Excel 365 (2023) para análise das perdas e ganhos.

No Excel, os dados do Projeto MapBiomias foram organizados em tabelas contendo as áreas (em hectares) de cada classe de uso e cobertura do solo para os diferentes anos analisados. A partir desses valores, foi realizado o cálculo da proporção de cada classe em relação à área total da região de estudo. Para isso, a área de cada classe foi dividida pela área total e, em seguida, o resultado foi multiplicado por 100, de modo a expressar os valores em percentual (%).

Com base nesses percentuais, foi possível observar a dinâmica temporal do uso e cobertura da terra, identificando aumentos e reduções nas áreas ocupadas por cada classe ao longo do período estudado. Esses cálculos permitiram não apenas quantificar a variação absoluta (em hectares), mas também destacar a variação relativa (%), facilitando a comparação entre classes e anos distintos.

As espécies da área total agrupadas nas categorias ‘Vulnerável’, ‘Em perigo’ e ‘Criticamente ameaçada’ foram realizadas buscas na plataforma IUCN Red List of Threatened Species. A busca avançada utilizou um polígono delimitando as duas unidades de conservação.

3. Resultados e discussão

A visualização do uso e cobertura da APA do PARNA é apresentada na figura 2, as classes dominantes apresentaram 44,61% de formação florestal, seguido de formação natural 10,23%, as demais classes são detalhadas na tabela 1.

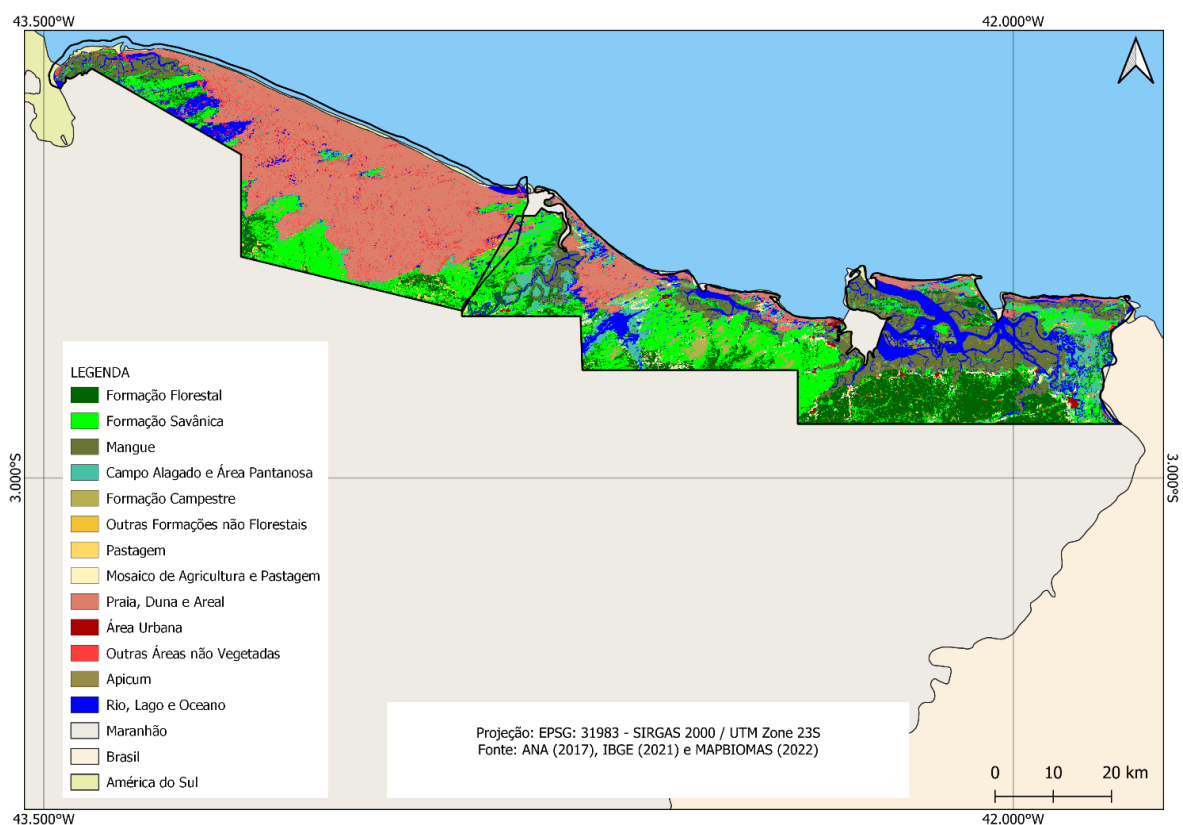


Figura 2 – Mapa com recorte da área total das Unidades de Conservação no ano 1985.

Fonte: Autores (2025).

Tabela 1 – Classes de uso e ocupação do solo para o ano base 1985.

Classes de uso e ocupação do solo	Total de área em ha (1985)	Porcentagem da área total
Floresta	155821 ha	44,61%
Formação Natural não Florestal	35736 ha	10,23%
Agropecuária	7423 ha	2,12%
Área não Vegetada	113533 ha	32,50%
Corpo D'água	36707 ha	10,51%
Não observado	109 ha	0,03%

Fonte: MapBiomias (2023).

Em 1985, a presença de agentes antrópicos no PARNA dos Lençóis Maranhenses e na APA da Foz do Rio das Preguiças ainda era discreta, com áreas predominantes de florestas, manguezais, dunas e praias naturais. A efetividade da gestão das Unidades de Conservação deve ser compreendida a partir de diferentes dimensões, incluindo a conservação da biodiversidade, a integração regional, a funcionalidade dos ecossistemas e a participação social por meio dos conselhos gestores e demais espaços de governança.” (ICMBIO, 2019, p. 12) É necessário entender as perturbações ambientais causadas por atividades humanas, que afetam a diversidade vegetal.

A compreensão das transformações da paisagem demanda análise espaço-temporal em diferentes escalas territoriais, na qual interagem fatores naturais — como variação climática e estrutura física do solo — e antropogênicos, sobretudo modificações de uso do solo e ocupação humana.” (SARTOELLO; ALVES FILHO; SMALL, 2024)

Observa-se que as maiores áreas são de florestas e formações naturais (155.821 hectares) e áreas não vegetadas, como praias e dunas (113.533 hectares), indicando baixo desenvolvimento urbano e pressão antrópica na época.

Manguezais são ecossistemas raros, representando apenas uma pequena fração das florestas tropicais globais, sendo o Brasil um dos maiores detentores dessas áreas contínuas. A conservação desses ambientes é, portanto, essencial para mitigar impactos negativos na biodiversidade (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA ANIMAL – ANDA, 2022).

O avanço do mar sobre o Delta do Parnaíba põe em risco manguezais e aves migratórias, ameaçando a biodiversidade local. Manguezais são ecossistemas raros e essenciais para a alimentação de aves migratórias, sendo sua conservação crucial para mitigar impactos negativos na biodiversidade” (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA ANIMAL – ANDA, 2022).

Os manguezais do Nordeste brasileiro apresentam elevada fragilidade frente aos processos naturais e às intervenções humanas na zona costeira, sendo particularmente vulneráveis em regiões com condições climáticas adversas e acelerada urbanização ou expansão da carcinicultura. Essas características tornam esses ecossistemas suscetíveis a alterações ambientais e climáticas, o que evidencia a necessidade de estratégias de conservação e manejo adequadas para mitigar impactos negativos na biodiversidade local (MONTEIRO, 2011).

Conforme a Lista Vermelha da IUCN, a área estudada abriga 1.565 espécies, das quais 19 estão ‘Criticamente Ameaçadas’, 27 ‘Em Perigo’ e 47 ‘Vulneráveis’, afetando diferentes níveis da organização da vida (IUCN).

A área das Unidades de Conservação deste estudo apresenta mais espécies nas categorias ‘Em perigo’ e ‘Vulnerável’, conforme a IUCN, que o estudo de Tyski et al. (2023), que indicou 24 espécies vulneráveis e 6 em perigo. Aqui, são 47 vulneráveis e 27 em perigo.

Nas categorias ‘Vulnerável’, ‘Em perigo’ e ‘Criticamente ameaçada’ da Lista Vermelha da IUCN, há 1 espécie com tendência populacional estável, 1 com status desconhecido, 2 em aumento e 88 em diminuição. Destaca-se a necessidade de proteger espécies raras, endêmicas e ameaçadas, sendo a conservação de habitats fundamental para a manutenção do capital natural (Tyski et al., 2023).

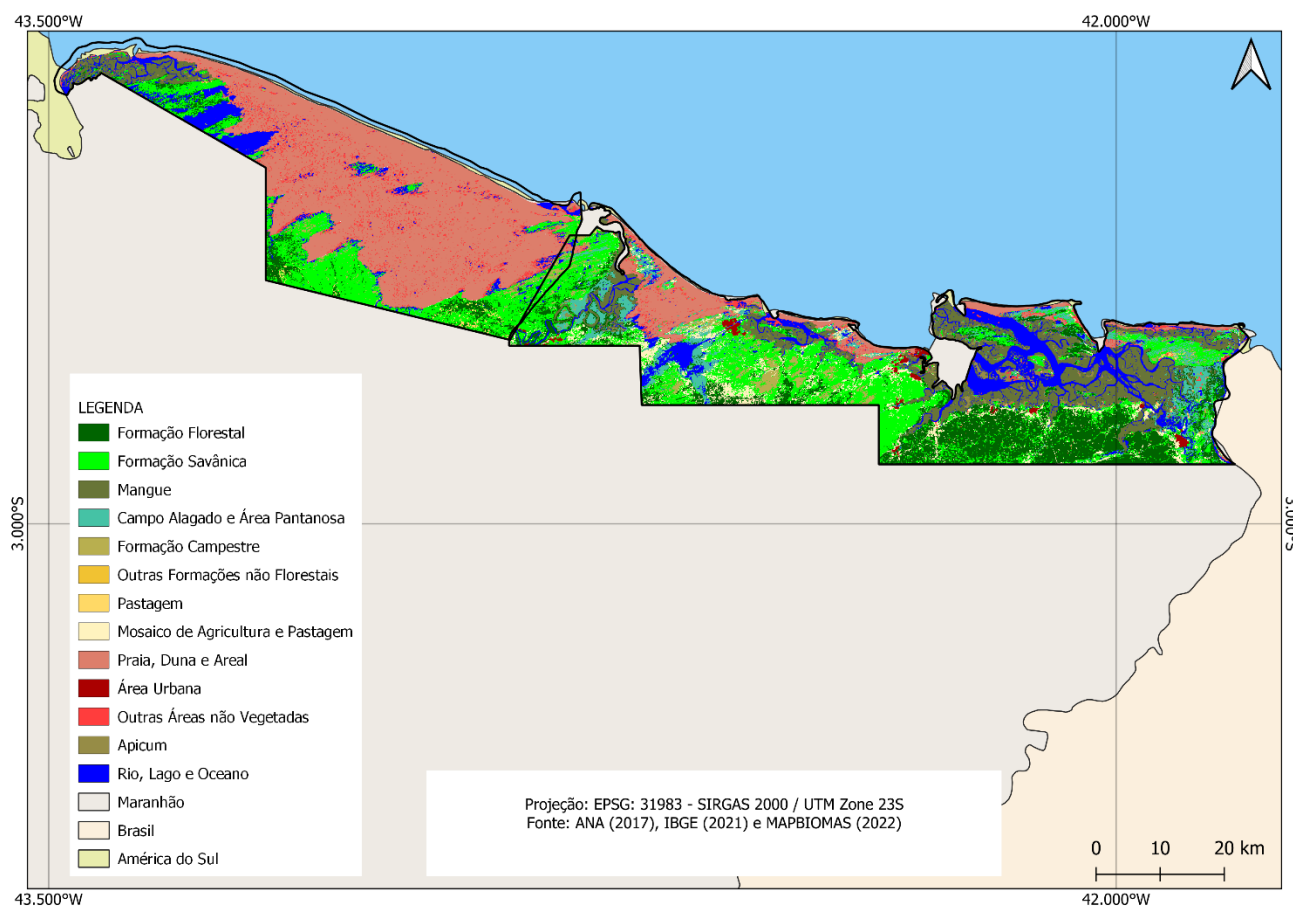


Figura 3 – Mapa com recorte da área total das Unidades de Conservação no ano 1995.
 Fonte: Autores (2025).

Tabela 2 – Área de uso e cobertura do solo, em hectares, e porcentagem de composição das classes para a área total para o ano 1995.

Classes de uso e ocupação do solo	Total de área em ha (1995)	Porcentagem da área total
Floresta	153037 ha	43,81%
Formação Natural não Florestal	29657 ha	8,49%
Agropecuária	14158 ha	4,05%
Área não Vegetada	116708 ha	33,41%
Corpo D'água	35706 ha	10,22%
Não observado	62 ha	0,02%

Fonte: MapBiomias (2025).

Tabela 3 – Avaliação da perda e aumento de classes naturais e antrópicas de 1990 a 1995.

Classes de uso e ocupação do solo	Dinâmica da área em porcentagem (1995)
Floresta	-1,8%
Formação Natural não Florestal	+0,22%
Agropecuária	+1,91%
Área não Vegetada	+0,46%

Corpo D'água	-0,79%
Não observado	0%

Fonte: MapBiomias (2025).

Em 1995, a presença de agentes antrópicos aumentou na área do PARNA dos Lençóis Maranhenses e da APA da Foz do Rio das Preguiças, com expansão da agropecuária e infraestrutura, além de crescimento em áreas de dossel, manguezais e áreas naturais sem vegetação. Pressões como poluição, invasão de espécies exóticas e desmatamento decorrente de conflitos fundiários foram observadas.

Analisando imagens e dados recentes (Figura 3, tabelas 2 e 3), houve aumento de 1,91% na agropecuária (+6.66 ha) e 0,46% em áreas não vegetadas (+1.60 ha), enquanto florestas (-1,80%, -6.29 ha) e corpos d'água (-0,79%, -2.74 ha) diminuíram. Isso indica expansão das atividades antrópicas com redução de vegetação natural e recursos hídricos. Os ecótonos, zonas de transição entre ecossistemas, são sensíveis às mudanças climáticas, apresentando variações nas comunidades vegetais e micro-habitats locais, influenciadas por fatores como temperatura, umidade e interações bióticas." (SILVA *et al.*, 2023).

A vegetação natural desempenha papel fundamental no ciclo hidrológico, regulando a infiltração da água, prevenindo a erosão e mantendo a qualidade do solo. No entanto, a apropriação dessas áreas por interesses econômicos e políticos externos pode comprometer esses serviços ecossistêmicos essenciais, afetando o equilíbrio ambiental e os direitos das comunidades locais." (SILVA *et al.*, 2023).

Tabela 4 – Classes naturais e antrópicas e suas respectivas áreas em hectares para os anos-base 1985, 1990, 1995, 2000 e 2005.

Classes de cobertura natural e ocupação do solo	Total de área em hectares				
	1985	1990	1995	2000	2005
Floresta	155821	159330	153037	163224	162250
Formação Natural não Florestal	35736	28890	29657	31746	32053
Agropecuária	7423	7492	14158	7217	7734
Área não Vegetada	113533	115100	116708	115964	117587
Corpo D'água	36707	38450	35706	31103	29645
Não observado	109	67	62	75	59

Fonte: MapBiomias (2025).

Tabela 5 – Avaliação de aumento ou redução das classes naturais e antrópicas para os anos-base 1985, 1990, 1995, 2000 e 2005.

Diagnóstico de aumento ou redução de áreas				
	1990	1995	2000	2005
Floresta	+1%	-1,8%	+2,92%	-0,28%
Formação Natural não Florestal	-1,96%	+0,22%	+0,60%	+0,09%
Agropecuária	+0,02%	+1,91%	-1,98%	+0,14%
Área não Vegetada	+0,45%	+0,46%	-0,21%	+0,46%
Corpo D'água	+0,50%	-0,79%	-1,32%	-0,41%
Não observado	-0,01%	0%	0%	0%

Fonte: MapBiomias (2025).

Nas tabelas 4 e 5, observa-se que entre 1985 e 2005 houve redução contínua da classe corpo d'água, especialmente entre 1995 e 2005. Ao mesmo tempo, houve regeneração das áreas de floresta e formações naturais não florestais por volta de 2000. "A expansão da agropecuária tem sido um dos principais fatores de alteração do uso da terra no Brasil, especialmente nas últimas décadas. O crescimento das áreas destinadas à agricultura e à pecuária, muitas vezes associado

à conversão de áreas florestais e à intensificação do uso do solo, tem contribuído para a fragmentação dos ecossistemas naturais, aumento da degradação ambiental e redução da biodiversidade" (FREITAS, 2022).

Nos anos de 1995 e 2005, houve redução simultânea das áreas de floresta e corpos d'água, evidenciando impactos negativos pela substituição da vegetação nativa por pastagens. Em Barreirinhas, 246 povoados enfrentam pressões do agronegócio e empreendimentos imobiliários, gerando tensões nos licenciamentos. Leis de 1998, 2005 e 2014 buscam proteger o meio ambiente local.

A Lei nº 528/2005 proíbe o cultivo de soja para preservar o ecossistema regional, especialmente áreas com pequizeiros e bacurizeiros nas chapadas. Destaca-se a necessidade de ações de Educação Ambiental para aumentar a consciência e proteção ambiental na região (Amaral et al., 2020). Figura 4 — Mapa com recorte da área total das Unidades de Conservação no ano 2010.

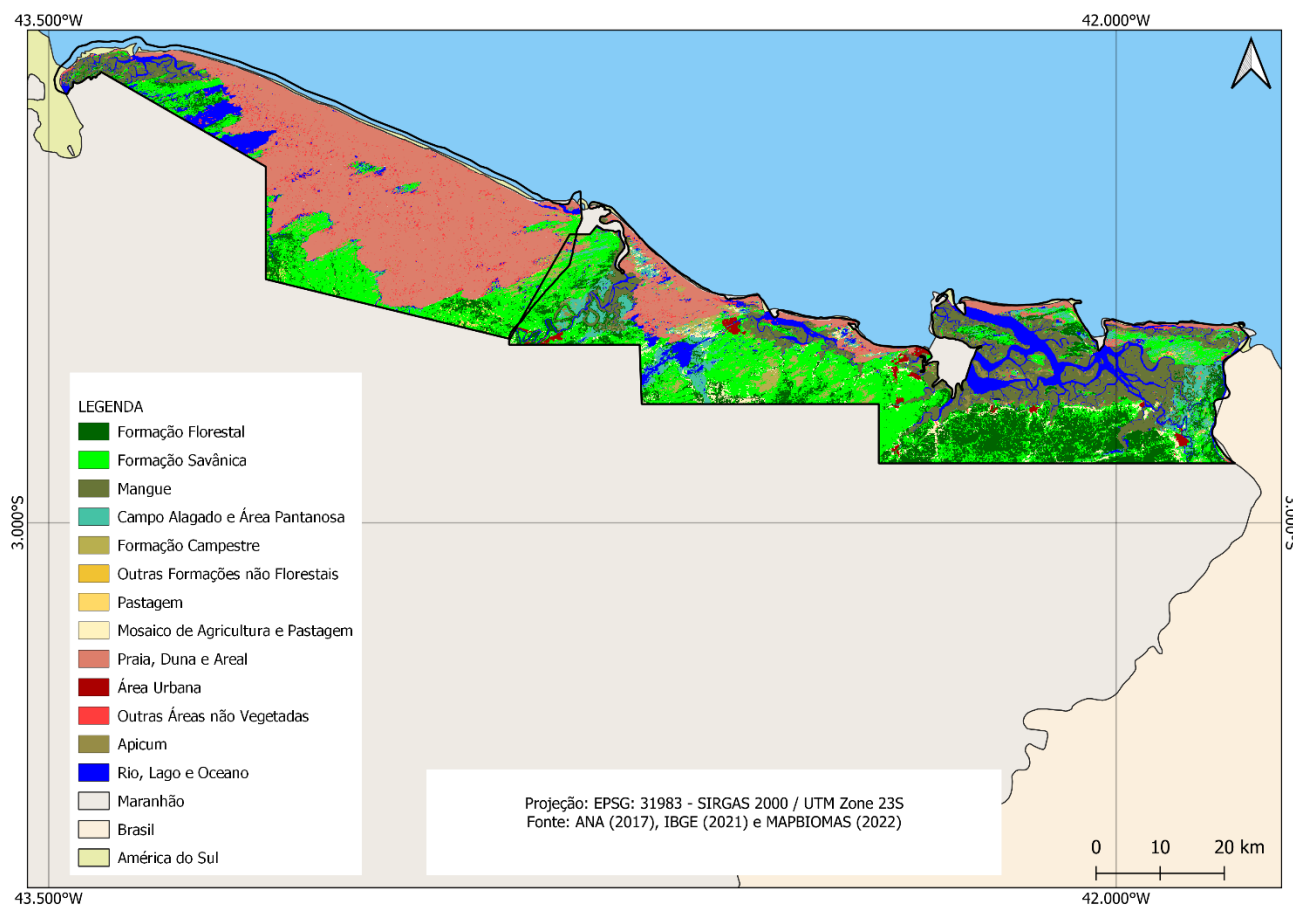


Figura 4 – Mapa com recorte da área total das Unidades de Conservação no ano 2010.
Fonte: Autores (2025).

Tabela 6 – Área de uso e cobertura do solo, em hectares, e porcentagem de composição das classes para a área total para o ano 2010.

Classes de uso e ocupação do solo	Total de área em ha (2010)	Porcentagem da área total
Floresta	162739 ha	46,59%
Formação Natural não Florestal	31938 ha	9,14%
Agropecuária	7925 ha	2,27%
Área não Vegetada	117452 ha	33,62%

Corpo D'água	29192 ha	8,36%
Não observado	84 ha	0,02%

Fonte: MapBiomias (2025).

Tabela 7 – Avaliação da perda e aumento de classes naturais e antrópicas de 2005 a 2010.

Classes de uso e ocupação do solo	Dinâmica da área em porcentagem (2010)
Floresta	+0,14%
Formação Natural não Florestal	-0,04%
Agropecuária	+0,06%
Área não Vegetada	-0,04%
Corpo D'água	-0,13%
Não observado	0%

Fonte: MapBiomias (2025).

Em 2010, as formações naturais (florestas em tons verdes) e áreas não vegetadas (tons vermelhos) predominavam nas unidades de conservação, enquanto agropecuária (tons beges) apresentava menor representatividade comparado a 2005. Observou-se um tímido aumento em áreas de florestas e agropecuária, com maior regeneração florestal, mantendo o dossel contínuo de espécies arbóreas e manguezais como principais componentes, junto ao crescimento gradual de dunas, cordões arenosos e áreas urbanas.

Segundo as Tabelas 6 e 7, de 2005 para 2010, florestas aumentaram 0,14% (489 ha) e agropecuária 0,06% (191 ha). Já corpos d'água diminuíram 0,13% (453 ha), formação natural não florestal 0,04% (115 ha) e áreas não vegetadas 0,04% (135 ha). Assim, houve crescimento em florestas e agropecuária e redução em corpos d'água e áreas naturais.

O desenvolvimento cego do uso da terra não apenas aumenta o risco de fragmentação da paisagem, mas também destrói o equilíbrio ecológico e afeta o desenvolvimento econômico regional." (JIANG et al., 2023) "Na safra 2022/2023, o Maranhão registrou produção de soja em 1.112.700 hectares, totalizando 3,91 milhões de toneladas. No entanto, o estado também apresentou desmatamento de 168.446 hectares, representando 8,2% do total nacional, evidenciando a pressão do agronegócio sobre áreas naturais." (CRUZ et al., 2025).

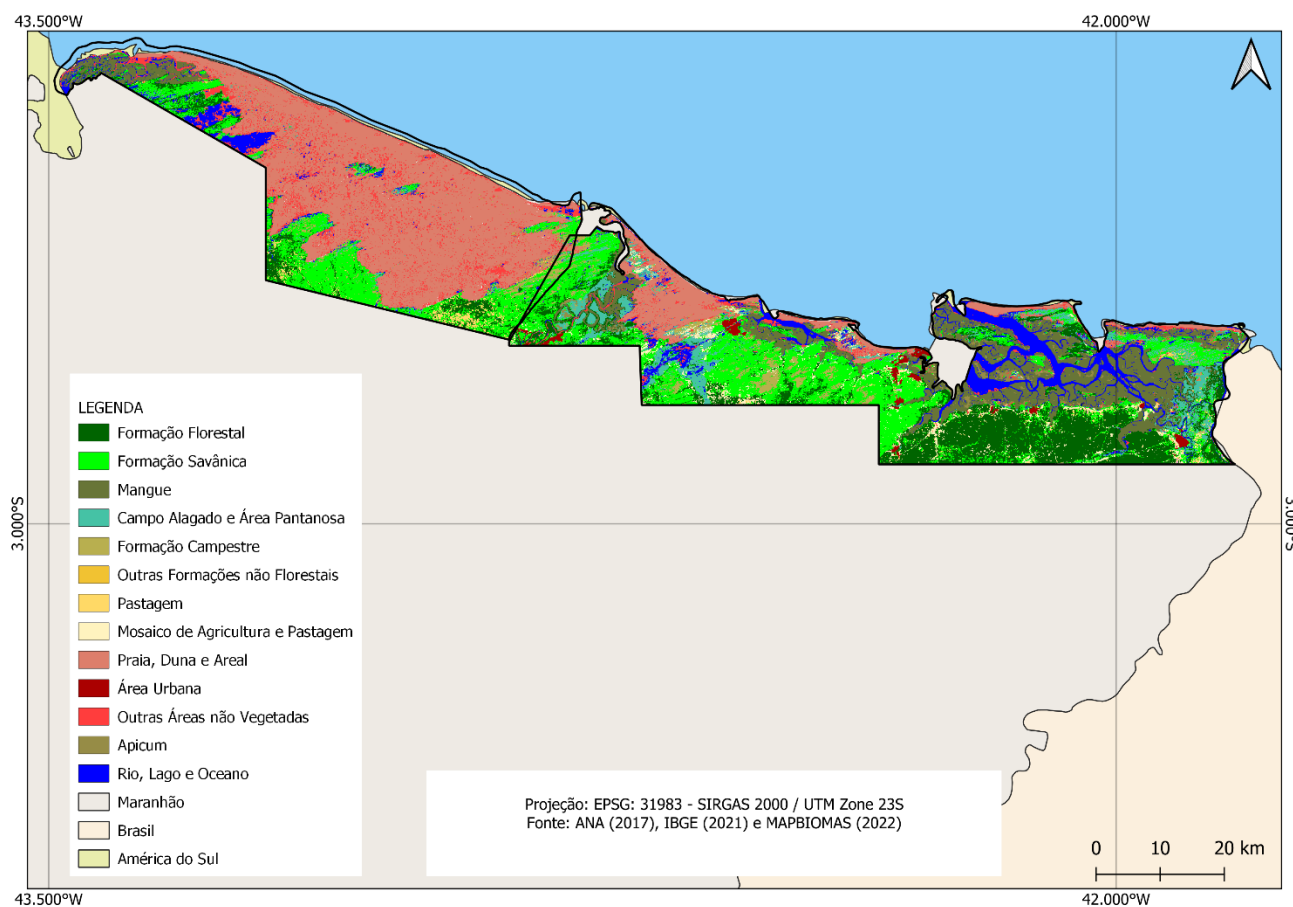


Figura 5 – Mapa com recorte da área total das Unidades de Conservação no ano 2022.
Fonte: Autores (2025).

Tabela 8 – Área de uso e cobertura do solo, em hectares, e porcentagem de composição das classes para a área total para o ano 2022.

Classes de uso e ocupação do solo	Total de área em ha (2022)	Porcentagem da área total
Floresta	158758 ha	45,45%
Formação Natural não Florestal	32533 ha	9,31%
Agropecuária	11481 ha	3,29%
Área não Vegetada	122038 ha	34,94%
Corpo D' água	24359 ha	6,97%
Não observado	159 ha	0,05%

Fonte: MapBiomias (2025).

Tabela 9 – Avaliação da perda e aumento de classes naturais e antrópicas de 2020 a 2022.

Classes de uso e ocupação do solo	Dinâmica da área em porcentagem (2022)
Floresta	-0,65%
Formação Natural não Florestal	-0,54%
Agropecuária	+0,55%
Área não Vegetada	+0,61%

Corpo D'água	+0,05%
Não observado	0%

Fonte: MapBiomias (2025).

As classes de formações naturais e antrópicas em 2022 (Figura 5) mostram que florestas (tons verdes) e áreas não vegetadas (tons vermelhos) são predominantes, enquanto áreas de agropecuária e uso não observado são menores.

Em 2022, persistem pressões antrópicas sobre as formações naturais nas UCs PARNA dos Lençóis Maranhenses e APA da Foz do Rio das Preguiças, com aumento de cidades, infraestruturas, manguezais e dunas. A gestão ambiental, monitoramento e proteção via Financiamento Ambiental Municipal (FMMA) são essenciais, especialmente porque nem todos os municípios possuem FMMA.

Conforme Figura 12 e Tabelas 8 e 9, entre 2020 e 2022, aumentaram as áreas não vegetadas (+0,61%, +2.10 ha) e agropecuárias (+0,55%, +1.89 ha), enquanto florestas (-0,65%, -2.26 ha) e formações naturais não florestais (-0,54%, -1.89 ha) diminuíram. Houve, portanto, expansão de áreas degradadas e agropecuária simultânea à redução das naturais.

No Delta do rio Parnaíba (MA-PI), erosão expôs manguezais antes cobertos pela areia, alterando 60% do litoral brasileiro e deformando praias (Fioravanti, 2023). A transição para uma economia de baixo carbono enfrenta desafios significativos, incluindo o custo inicial elevado associado à implementação de tecnologias limpas e à transição para uma economia de baixo carbono. Muitos países e empresas enfrentam dificuldades financeiras para investir em infraestrutura de energia renovável e tecnologias de captura e armazenamento de carbono (CCS), especialmente em economias em desenvolvimento" (IEE-USP, 2024).

A Ciência Cidadã, aplicada à supervisão do agronegócio, pode ampliar a coleta de dados e monitoramento ambiental, apoiando ações educativas e denúncias de irregularidades, reforçando a visão holística necessária para a gestão sustentável.

Em 2022, a ALEMA autorizou o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro do Maranhão. Contudo, faltaram atualizações e audiências públicas, gerando críticas sobre a exclusão de dados sobre desmatamento e conflitos fundiários.

Tabela 10 – Classes naturais e antrópicas e suas respectivas áreas em hectares para os anos-base 2010, 2015, 2020 e 2022.

Classes de cobertura natural e ocupação do solo	Total de área em hectares			
	2010	2015	2020	2022
Floresta	162739	162897	161026	158758
Formação Natural não Florestal	31938	34042	34424	32533
Agropecuária	7925	8371	9589	11481
Área não Vegetada	117452	118393	119938	122038
Corpo D'água	29192	25563	24172	24359
Não observado	84	63	180	159

Fonte: MapBiomias (2025).

Tabela 11 – Avaliação de aumento ou redução das classes naturais e antrópicas para os anos-base 2010, 2015, 2020 e 2022.

Diagnóstico de aumento ou redução de áreas				
	2010	2015	2020	2022
Floresta	+0,14%	+0,04%	-0,53%	-0,65%
Formação Natural não Florestal	-0,04%	+0,60%	+0,11%	-0,54%
Agropecuária	+0,06%	+0,13%	+0,34%	+0,55%
Área não Vegetada	-0,04%	+0,27%	+0,44%	+0,61%
Corpo D'água	-0,13%	-1,04%	-0,40%	+0,05%
Não observado	0%	0%	+0,03%	0%

Fonte: MapBiomias (2025).

Analisando as Tabelas 10 e 11, observa-se que a classe corpo d'água reduziu gradativamente de 2010 a 2022. Houve aumento contínuo da área não vegetada entre 2015 e 2022, e da agropecuária entre 2020 e 2022. Regeneração ocorreu em formação natural não florestal em 2015 e em florestas em 2010. Contudo, as florestas e formações naturais não florestais diminuíram entre 2020 e 2022.

O mosaico urbano cresceu devido a invasões e expansão de povoados nas bordas das Unidades de Conservação, associadas à limitada regularização fundiária e fiscalização territorial. O desenvolvimento cego do uso da terra não apenas aumenta o risco de fragmentação da paisagem, mas também destrói o equilíbrio ecológico e afeta o desenvolvimento econômico regional." (JIANG *et al.*, 2023).

Tabela 12 – Avaliação da dinâmica de aumento e redução das categorias que constituem as classes de interesse no intervalo 1985 – 2002 e respectivas áreas em hectares.

Constituintes das classes	1985	2022	Dinâmica	Área em ha
Formação Florestal	13,54	13,85	+0,31	1095
Formação Savânica	20,36	19,77	-0,59	-2040
Mangue	10,70	11,81	+1,11	3883
Campo Alagado e Área Pantanosa	6,59	5,17	-1,42	-4952
Formação Campestre	2,57	3,05	+0,48	1684
Apicum	1,07	1,09	+0,02	63
Pastagem	0,47	1,27	+0,80	2821
Agricultura	0	0,02	+0,02	74
Lavoura Temporária	0	0,02	+0,02	74
Soja	0	0	0	6
Outras Lavouras Temporárias	0	0,02	+0,02	68
Mosaico de Usos	1,66	1,99	+0,33	1165
Praia, Duna e Areal	27,42	27,77	+0,35	1243
Área Urbanizada	0,33	0,73	+0,40	1390
Outras Áreas não Vegetadas	4,75	6,43	+1,68	5873
Rio, Lago e Oceano	10,42	6,96	-3,46	-12070
Aquicultura	0,09	0,01	-0,08	278
Não observado	0,03	0,05	+0,02	109

Fonte: MapBiomias (2025).

A Tabela 12 mostra a variação das classes de uso do solo entre 1985 e 2022, com destaque para os maiores aumentos em Outras Áreas não Vegetadas (+5.87 ha), Manguezal (+3.88 ha) e Pastagem (+2.82 ha). As maiores reduções ocorreram em Rio, Lago e Oceano (-12.07 ha), Campo Alagado e Área Pantanosa (-4.95 ha) e Formação Savânica (-2.04 ha). O aumento das áreas não vegetadas reflete a pressão antrópica crescente, impulsionada pelo crescimento populacional e êxodo rural.

A região, marcada pela tensão ecológica entre cerrado, caatinga e sistemas marinhos, é um santuário reprodutivo para espécies migratórias, com a riqueza de anfíbios ligada à complexidade estrutural das vegetações, importante para estratégias de conservação.

O Plano de Manejo é o principal instrumento de planejamento e gestão de uma Unidade de Conservação, sendo essencial para a implementação de ações que visem à conservação ambiental e ao uso sustentável dos recursos naturais. Sua elaboração e execução devem ser baseadas em diagnósticos atualizados, participação social e monitoramento contínuo, permitindo ajustes nas estratégias de manejo conforme a evolução dos contextos ecológicos e socioeconômicos."(IBAMA, 2023)

Diretrizes urbanas e financiamento para proteção da biodiversidade são fundamentais, assim como relatórios de impacto ambiental para novos empreendimentos). O desflorestamento é um impacto grave, com o Cerrado maranhense sendo o mais devastado entre 2020-2022, com aumento de 24% em 2022 em relação a 2021, equivalente à área da cidade de Manaus (Silva-Junior, 2023).

A Lei nº 434/2023 proibiu plantações em larga escala no Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, motivada pelo avanço da monocultura do eucalipto em Barreirinhas.

Tabela 13 – Áreas, em porcentagem, das classes para os anos-base 1985 e 2022.

Classes	1985	2022	Dinâmica
Floresta	44,61%	45,45%	+0,84%
Formação Natural não Florestal	10,23%	9,31%	-0,92%
Agropecuária	2,12%	3,29%	+1,17%
Área não Vegetada	32,50%	34,94%	+2,44%
Corpo D'água	10,51%	6,97%	-3,54%
Não observado	0,03%	0,05%	+0,02%

Fonte: MapBiomias (2025).

O diagnóstico ambiental da área de influência desempenha um papel crucial na avaliação e mitigação dos impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente. Essa análise abrangente permite identificar áreas vulneráveis e desenvolver estratégias para a conservação e recuperação dos ecossistemas, promovendo um desenvolvimento sustentável e equilibrado. (GR Engenharia, 2025)

As Tabelas 13, 14 e 15, evidenciam a redução das formações naturais concomitante ao aumento das áreas antropogênicas.

Tabela 14 – Áreas, em hectares, das classes para os anos-base 1985 e 2022.

Classes	1985	2022
Natural	323756	312663
Antrópico	8875	14044
Não definido	16698	22621

Fonte: MapBiomias (2025).

Tabela 15 – Avaliação da dinâmica de aumento ou redução em porcentagem para a delimitação Natural e Antrópico no intervalo 1985 – 2022.

Classes	1985	2022	Dinâmica
Natural	92,68%	89,50%	-3,18%
Antrópico	2,54%%	4,02%	+1,48%
Não definido	4,78%%	6,48%	+1,70%

Fonte: MapBiomias (2025).

Analisando as tabelas, observa-se redução das áreas naturais nas unidades de conservação PARNA dos Lençóis Maranhenses e APA da Foz do Rio das Preguiças entre 1985 e 2022, com queda de -3,18%. Em contrapartida, as áreas antrópicas cresceram 1,48%, representando aumento de 5.16 ha em áreas humanas e redução de 11.09 ha de áreas naturais. Também houve aumento de 5.92 ha na classe 'Não definido'.

4. Considerações finais

Nos últimos 37 anos, a região dos Lençóis Maranhenses e do Delta das Américas sofreu significativas transformações causadas pela ação humana, como desmatamento, queimadas, urbanização e elevação do nível do mar, afetando a paisagem e os recursos hídricos. Esses impactos reforçam a necessidade de medidas frente à crise climática. A IUCN identificou 1.565 espécies na área, com 88 em declínio, o que evidencia a urgência na conservação da biodiversidade local.

Observa-se uma relação entre a perda de áreas naturais e o avanço da agropecuária e de áreas não vegetadas. A classe “Floresta” teve aumento entre 2010 e 2015, mas caiu após 2020. Os “Corpos d’água” diminuíram entre 1995 e 2022, enquanto a “Agropecuária” expandiu continuamente, com destaque para a soja. Mesmo com crescimento dos mangues, o ecossistema ainda sofre com erosão e avanço do mar.

Apesar das normas das unidades de conservação, leis recentes, como a estadual de 2023, buscam conter o avanço da silvicultura e monocultura. Defende-se a criação de planos de manejo e conselhos gestores com enfoque em Ecologia Urbana. Integrando a “Rota das Emoções”, a área tem potencial para Educação Ambiental, Ciência Cidadã e Bioeconomia. Estudos interdisciplinares são essenciais para compreender as dinâmicas socioambientais e garantir a sustentabilidade do PARNA e da APA.

Referências

- ANDRADE, M. P.; SILVA, J. A.; OLIVEIRA, R. M. Dinâmica espaço-temporal da cobertura da terra em áreas costeiras do Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 14, n. 5, p. 2157–2173, 2021.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA ANIMAL (ANDA). **Avanço do mar sobre o Delta do Parnaíba põe em risco manguezais e aves migratórias**. ANDA, 6 jun. 2022. Disponível em: <https://anda.jor.br/2022/06/avanço-do-mar-sobre-o-delta-do-parnaiba-poe-em-risco-manguezais-aves-e-preocupa-moradores-da-regiao/>. Acesso em: 14 set. 2025.
- CRUZ, A.; PEREIRA, B.; SILVA, C. *Integração lavoura-pecuária-floresta com componente soja no Maranhão: resultados de pesquisa em unidades de referência tecnológica*. São Paulo: Editora CRV, 2025. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/376553710_INTEGRACAO_LAVOURA-PECUARIA-FLORESTA_COM_COMPONENTE_SOJA_NO_MARANHAO_resultados_de_pesquisa_em_Unidades_de_Referencia_Tecnologica. Acesso em: 14 set. 2025.
- FERREIRA, L. A.; SOUSA, R. F.; CARVALHO, T. R. Análise multitemporal dos manguezais maranhenses: padrões de perda e regeneração. *Estudos Ambientais*, v. 20, n. 2, p. 89–104, 2022.
- FIORAVANTI, C. **A progressiva destruição das praias brasileiras**, Revista Pesquisa Fapesp. Available at: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-progressiva-destruicao-das-praias-brasileiras/> (Accessed: 4 november 2023).
- FREITAS, R. E. *Expansão da área agrícola no Brasil segundo safras permanentes: impactos ambientais e desafios para a sustentabilidade*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2022. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4712/1/Expansao_area_agricola_Brasil.pdf. Acesso em: 14 set. 2025.
- GR ENGENHARIA. Diagnóstico Ambiental da Área de Influência como Ferramenta de Sustentabilidade. 24 maio 2025. Disponível em: <https://www.grengenharia.com/blog/artigos/diagnostico-ambiental-da-area-de-influencia-como-ferramenta-de-sustentabilidade>. Acesso em: 14 set. 2025.
- ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Plano de Manejo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses*. Brasília: ICMBio, 2022.
- ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Manual de aplicação do SAMGe: Sistema de Análise e Monitoramento de Gestão*. Brasília: ICMBio, 2019. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/o-que-fazemos/monitoramento/Monitoramento_da_gestao/SAMGe/SAMGe_Manual.pdf. Acesso em: 14 set. 2025.
- IEE-USP. *Estratégias e impactos da descarbonização para o desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE-USP), 28 ago. 2024. Disponível em: <https://www.iee.usp.br/noticia/estrategias-e-impactos-da-descarbonizacao-para-o-desenvolvimento-sustentavel/>. Acesso em: 14 set. 2025.

- ISA – Instituto Socioambiental. *Unidades de Conservação: APA da Foz do Rio das Preguiças*. São Paulo: ISA, 2023. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/>. Acesso em: 14 set. 2025.
- JIANG, D.; LIU, Y.; LI, X.; LIU, J.; ZHANG, X.; LI, J.; ZHANG, L. *Spatiotemporal changes in land use and landscape fragmentation in coastal regions: A case study of Yancheng City, China*. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 7, art. 1105897, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2023.1105897/full>. Acesso em: 14 set. 2025.
- MAPBIOMAS. *Coleção 7 – Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil (1985–2022)*. São Paulo: MapBiomas, 2023a. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 14 set. 2025.
- MAPBIOMAS. *Relatório Anual de Desmatamento no Brasil – 2023*. São Paulo: MapBiomas, 2023b. Disponível em: <https://plataforma.alerta.mapbiomas.org/>. Acesso em: 14 set. 2025.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. *Unidades de Conservação Federais*. Brasília: MMA, 2021.
- NASCIMENTO, A. L.; PEREIRA, D. A. Mudanças de uso da terra e pressões antrópicas em zonas costeiras: perspectivas para o Maranhão. *Sociedade & Natureza*, v. 34, n. 2, p. 457–476, 2022.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. *Plano de Manejo: Diretrizes e Procedimentos*. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/planos-de-manejo>. Acesso em: 14 set. 2025.
- SARTOELLO, R.; ALVES FILHO, E.; SMALL, C. *Explorando a dinâmica espaço-temporal das paisagens no Brasil (2002-2020): uma perspectiva para conservação*. *Geosp*, v. 28, n. 3, e230696, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2024.230696pt>. Acesso em: 14 set. 2025.
- SEMA-MA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão. *Plano de Gestão da APA da Foz do Rio das Preguiças*. São Luís: SEMA, 2022.
- SILVA, J. R.; PEREIRA, A. L.; COSTA, M. F. *Impactos da apropriação da vegetação natural por interesses externos no ciclo hidrológico e nos direitos das comunidades locais*. *Revista Brasileira de Ecologia*, v. 45, n. 2, p. 123-135, 2023. Disponível em: <https://www.revistaecologia.com.br/artigos/impactos-apropriacao-vegetacao-natural>. Acesso em: 14 set. 2025.
- SILVA, J. R.; PEREIRA, A. L.; COSTA, M. F. *Impactos das mudanças climáticas em ecótonos costeiros: efeitos sobre vegetação e micro-habitats*. *Revista Brasileira de Ecologia*, v. 45, n. 2, p. 123-135, 2023. Disponível em: <https://www.revistaecologia.com.br/artigos/impactos-mudancas-climaticas-ecotonos>. Acesso em: 14 set. 2025.
- SILVA-JUNIOR, C. H. L. **A última chance para o Cerrado maranhense, (o)eco**. Available at: <https://oeco.org.br/analises/a-ultima-chance-para-o-cerrado-maranhense/> (Accessed: 4 November) 2023.
- SOUZA-FILHO, P. W. M.; COSTA, F. R.; SANTOS, V. F. Dinâmica espaço-temporal dos manguezais do Maranhão: tendências recentes e implicações para conservação. *Ocean and Coastal Research*, v. 69, p. e21012, 2021.
- TYSKI, L.; CARDOSO, A.; NETO, C. DE SÁ. C. **Táxons da Serra dos Carajás contidos em listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção**. In book: *Capital Natural das Florestas de Carajás*. Publisher: Instituto Tecnológico Vale ITV-DS. 2023.