



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – UFMA
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA – CCCh
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA



MARIA HOSSANNYA SOUSA MARQUES

**ANÁLISE DOS ÍNDICES DE DEGRADAÇÃO EM ÁREAS DE PASTAGEM NA BACIA
HIDROGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MEARIM NO ESTADO DO
MARANHÃO**

Chapadina – MA

Fevereiro de 2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Sousa Marques, Maria Hossannya.

Análise dos Índices de Degradação em Áreas de Pastagens na Bacia Hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim no Estado do Maranhão / Maria Hossannya Sousa Marques. - 2025.

48 f.

Coorientador(a) 1: Maiane Rodrigues do Nascimento.

Orientador(a): Kamila Andrade de Oliveira Emiliano.

Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2025.

1. Degradação Ambiental. 2. Mapbiomas. 3. Sensoriamento Remoto. I. Andrade de Oliveira Emiliano, Kamila. II. Rodrigues do Nascimento, Maiane. III. Título.

MARIA HOSSANNYA SOUSA MARQUES

**ANÁLISE DOS ÍNDICES DE DEGRADAÇÃO EM ÁREAS DE PASTAGEM NA BACIA
HIDROGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MEARIM NO ESTADO DO
MARANHÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação de Engenharia
Agrícola da Universidade Federal do
Maranhão, como requisito para obtenção
do Título de Engenheira Agrícola.

Orientador: Dra. Kamila Andrade de
Oliveira

Coorientadora: Ma. Maiane Rodrigues do
Nascimento.

Chapadinha – MA

Fevereiro de 2025

MARIA HOSSANNYA SOUSA MARQUES

**ANÁLISE DOS ÍNDICES DE DEGRADAÇÃO EM ÁREAS DE PASTAGEM NA BACIA
HIDROGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MEARIM NO ESTADO DO
MARANHÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a coordenação do curso de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Maranhão como requisito indispensável para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Nota: _____. Defendido e aprovado em _____ de _____ de _____, pela comissão examinadora constituída pelos professores:

Kamila Andrade de Oliveira (Orientador)
Doutorado em Agronomia (Meteorologia Aplicada) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)
Professora Adjunta do curso de Engenharia Agrícola (CCCh/UFMA)

Maiane Rodrigues Nascimento (Coorientadora)
Engenheira Agrícola pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA/CCCh)
Mestra em Meteorologia pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Mayara Rodrigues Nascimento
Engenheira Agrícola pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA/CCCh)
Mestra em Agricultura e Ambiente pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Telmo José Mendes
Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC–Campinas)
Professor Adjunto do curso de Agronomia (CCCh/UFMA)

“Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia, e ao meus amados avós.”

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho e estiveram ao meu lado durante essa jornada.

Primeiramente, agradeço ao meu marido Manoel Filho, que foi meu maior apoio e fonte de inspiração. Sua paciência, amor e compreensão foram fundamentais para que eu pudesse enfrentar os desafios dessa trajetória.

A minha família também merece um agradecimento especial. Vocês sempre acreditaram em mim e me incentivaram a seguir em frente, mesmo nos momentos mais difíceis. Cada palavra de encorajamento e cada gesto de carinho foram essenciais para a conclusão deste trabalho.

À minha melhor amiga Maria de Jesus, sou imensamente grata por sua presença constante e apoio incondicional. Nossos momentos de descontração e as conversas sinceras tornaram essa jornada mais leve e significativa.

Agradeço também a minha orientadora Kamilla Andrade e coorientadora Maiane Rodrigues, que com sua sabedoria e orientação me guiaram ao longo deste processo. Suas valiosas contribuições e feedbacks foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, quero agradecer aos meus amigos, em especial a Juanna Cristina e Amanda Miranda que mesmo de longe torcem pelo o meu sucesso. A presença de cada um de vocês fez toda a diferença nesta caminhada.

À todos que contribuíram direta ou indiretamente para realização desse trabalho. Muito obrigada a todos!

RESUMO

As pastagens desempenham um papel crucial na agricultura e na pecuária, pois fornecendo alimento para o gado e contribuindo para a economia rural. No entanto, a degradação dessas áreas, causada por práticas inadequadas de manejo e desmatamento, compromete a biodiversidade e a qualidade do solo. A Bacia Hidrográfica do Rio Mearim, localizada no Maranhão, e possui grandes extensões territoriais com áreas de pastejo as quais podem impactar os recursos hídricos, afetando a disponibilidade de água e a saúde dos ecossistemas locais. O estudo analisou a degradação das pastagens na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim, Maranhão, entre os anos de 2000 e 2023, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento no software QGIS. Foram utilizadas imagens da Coleção 9 do MapBiomas, processadas para análise multitemporal da cobertura do solo e da qualidade das pastagens. Os dados foram georreferenciados e classificados para identificar padrões de degradação e produtividade ao longo do tempo. Os resultados indicaram uma redução significativa da vegetação primária, que passou de 5.904.980 hectares em 2000 para 3.817.681 hectares em 2023, além de um aumento da supressão da vegetação secundária nos últimos anos. A qualidade das pastagens variou, com 45,12% das áreas classificadas como de alta qualidade, 45,05% como média e 9,84% apresentando sinais de degradação avançada. A produtividade demonstrou forte variabilidade, oscilando entre ≥ 30 t/ha em 433.883 hectares e apenas 5–10 t/ha em 637 hectares, evidenciando o impacto da compactação e exaustão do solo. O estudo demonstrou a eficácia do uso de dados do MapBiomas e análise espacial para identificar padrões de degradação e subsidiar políticas públicas voltadas para a recuperação das áreas afetadas. Diante dos resultados, recomenda-se a implementação de práticas conservacionistas, como a rotação de pastagens, recuperação de solos degradados e monitoramento contínuo da bacia para garantir a sustentabilidade da pecuária na região.

Palavras-chave: Degradação Ambiental, Mapbiomas, Sensoriamento Remoto, Uso do Solo,

ABSTRACT

Pastures serve a critical function in agriculture and livestock production by supplying forage for cattle and contributing to the rural economy. However, the degradation of these areas, driven by improper management practices and deforestation, adversely affects biodiversity and soil quality. The Mearim River watershed, situated in Maranhão, encompasses extensive territories with grazing areas that can influence water resources, thereby impacting water availability and the health of local ecosystems. This study examined pasture degradation in the Mearim River watershed, Maranhão, from 2000 to 2023, employing remote sensing techniques and geoprocessing using QGIS software. Data from MapBiomas Collection 9 were utilized for multitemporal analysis of land cover and pasture quality. The georeferenced data were classified to discern patterns of degradation and productivity over time. Results indicated a significant decline in primary vegetation, which decreased from 5,904,980 hectares in 2000 to 3,817,681 hectares in 2023, along with an increase in the suppression of secondary vegetation in recent years. Pasture quality exhibited variability, with 45.12% classified as high quality, 45.05% as medium quality, and 9.84% showing signs of advanced degradation. Productivity demonstrated considerable variability, ranging from ≥ 30 t/ha across 433,883 hectares to merely 5–10 t/ha over 637 hectares, highlighting the impacts of soil compaction and depletion. This study illustrates the efficacy of utilizing MapBiomas data and spatial analysis to identify degradation patterns and inform public policies aimed at the restoration of affected areas. In light of these findings, the implementation of conservation practices, such as pasture rotation, soil recovery, and ongoing monitoring of the watershed, is recommended to ensure the sustainability of livestock production in the region.

Keywords: Environmental Degradation, MapBiomas, Remote Sensing, Land Use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Área de estudo, Bacia Hidrográfica do Rio Mearim Estado do Maranhão, Brasil.	22
Figura 2. Gráfico de qualidade da pastagem na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim. ..	26
Figura 3. Gráfico de Produtividade da pastagem na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim.	27
Figura 4. Idade da pastagem produzida na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim.	29
Figura 5. Gráfico da Dinâmica do uso do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim.	31
Figura 6. Dinâmica da pastagem e degradação da cobertura natural no solo da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim em 2000 e 2005.....	34
Figura 7. Dinâmica da pastagem e degradação da cobertura natural no solo da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim em 2010 e 2015.....	37
Figura 8. Dinâmica da pastagem e degradação da cobertura natural no solo da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim em 2020 e 2023.....	40

LISTA DE SIGLAS

ACP	Análise de Componentes Principais
ANA	Agência Nacional de Águas
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
JPEG	Joint Photographic Experts Group
PNG	Portable Network Graphics
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivo Geral	13
2.2. Objetivos Específicos	13
3. REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	14
3.1 Uso e Cobertura da Terra.....	14
3.2 Degradação do Solo.....	15
3.3 Fatores que contribuem para a degradação de pastagens	16
3.5 Sensoriamento Remoto e SIGs como ferramentas de monitoramento de áreas de pastagem	18
4 MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 Caracterização da área de estudo.....	22
4.2 Fonte de Dados	23
4.3 Processamento de Dados no QGIS	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1 Qualidade e Produtividade da Pastagem	25
5.2 Produtividade da pastagem na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim no ano de 2000 a 2023	26
5.3 Idades da pastagem produzida na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim	28
5.4 Mudanças e alterações na quantidade de classes naturais de cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim	29
5.5 Dinâmica das classes de cobertura natural <i>versus</i> pastagem na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim.....	31
6. CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS	42

1. INTRODUÇÃO

Diante das crescentes alterações antropogênicas na paisagem e uso dos recursos naturais de forma indiscriminada, as pesquisas que levam em consideração a dinâmica de uso e cobertura da terra são relevantes, pois permitem o reconhecimento das principais formas de uso e cobertura da superfície, onde a partir dessa análise, obtém-se o conhecimento que contribui para a tomada de decisões (CONCEIÇÃO; SOUSA; CARVALHO, 2023). De acordo com Boaventura, Cunha e Silva (2019), o aumento das áreas degradadas é alarmante, sendo causado principalmente por ações antrópicas. A intervenção humana tem alterado as características originais do solo, dificultando a recuperação natural dessas áreas.

Globalmente, o Brasil ocupa a sétima posição entre os países com a maior área de pastagem, estando atrás da China, EUA, Canadá, Rússia, Austrália e Cazaquistão (FAO, 2020). Possuindo o maior rebanho com exploração comercial do mundo, com cerca de 215 milhões de cabeças (IBGE, 2019). No estado do Maranhão, a pecuária bovina é considerada como a principal atividade econômica desse setor (BALIN e MARTINS, 2023). O manejo inadequado das pastagens ao longo dos anos ocasiona sua degradação impactando negativamente a sustentabilidade o que reduz a oferta de pastagem e afeta diretamente a pecuária e o ecossistema (FARIA, 2020).

Segundo Nascimento et al. (2024) a relevância dos estudos sobre a dinâmica de ocupação do território, fornecem insights valiosos sobre os diferentes usos da terra, em escalas de bacias Hidrográficas. Compreender como essas áreas são ocupadas e geridas é crucial para identificar processos de degradação e desenvolver estratégias de recuperação. Além disso, esses estudos contribuem para o planejamento sustentável, permitindo que as práticas de manejo sejam adaptadas às especificidades locais, promovendo a conservação dos recursos naturais e a sustentabilidade ambiental. A análise das coberturas da terra também ajuda a informar políticas públicas e práticas agrícolas, assegurando um equilíbrio entre produção e conservação.

De acordo com Machado et al., (2017) as atividades socioeconômicas desenvolvidas nos municípios inseridos na região da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim, como queimadas, desmatamentos e conversão de florestas em pastagens e lavouras, também contribuem para o aumento de impactos na perda da vegetação. principalmente com o avanço da agropecuária na região com o passar dos anos, no período de 1985 a 2020.

O monitoramento com o uso de tecnologia para o monitoramento das transformações que ocorreram nessa área contribui para tomada de decisões, tais como manejo e gestão dos recursos naturais. Atualmente as geotecnologias são ferramentas fundamentais para a gestão ambiental, uma vez que auxiliam na compreensão e monitoramento do uso dos territórios (NASCIMENTO et al., 2024).

Neste sentido o presente estudo visou analisar, de forma quantitativa e qualitativa, a degradação das pastagens na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim, no estado do Maranhão, ao longo do período de 2000 a 2023. Caracterizando a Pastagem e a degradação da vegetação natural de maneira simultânea a fim de identificar a correlação da degradação por atividades de pastagem bem como suas características, utilizando dados de sensoriamento remoto em escalas multitemporais. Além disso, pretendeu-se elaborar uma base cartográfica, fornecendo subsídios para a formulação de políticas públicas que promovam o manejo sustentável e a recuperação ambiental na região.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar de forma quantitativa as regiões de pastagem e a degradação ambiental na área da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim.

2.2. Objetivos Específicos

- Elaborar base cartográfica;
- Caracterizar a pastagem dentro da área da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim;
- Quantificar a qualidade das pastagens e da cobertura natural na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim;
- Caracterizar os níveis de degradação ocasionados por atividades de pastagem na bacia hidrográfica através de um estudo espaço-temporal no período de 2000 a 2023 utilizando o sensoriamento remoto.

3. REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 Uso e Cobertura da Terra

A conversão da vegetação natural em áreas agrícolas é recorrente em diversas partes do mundo. Atualmente, isso acontece, sobretudo, nos lugares em que a produção de matéria prima é o principal meio de sustentação da balança comercial. No Brasil, esse processo ocorre desde o período colonial. No entanto, no final do século XX e início do século XXI, mesmo com a ampliação das discussões ambientais e a busca pela sustentabilidade, atingiu grandes fronteiras de forma intensiva, desmatando e causando a destruição de biomas, assim como aumento da poluição e do uso desenfreado dos recursos hídricos (FERREIRA et al., 2021).

As atividades humanas têm alterado padrões e processos ecológicos ao longo do tempo. Diversos indicadores buscam mensurar as transformações antrópicas nas paisagens, dentre eles o índice de hemerobia, conceito que define a intensidade das alterações na estrutura e função da paisagem decorrentes das atividades humanas (GUSMÃO e TOURINHO, 2021). A evolução das formas de uso e cobertura da terra é um elemento intrínseco para o entendimento da configuração e organização do espaço (SOUZA et al., 2023).

A mudança na cobertura da terra é o fator dominante que provoca alterações na superfície terrestre e representa um dos impactos humanos mais significativos no meio ambiente (CAPOANE e CARVALHAL, 2024). Para Garofolo e Rodriguez (2022), a alteração no uso e na cobertura da terra é uma das primeiras formas de impacto humano no meio ambiente. Eles explicam que o aumento da população e o desenvolvimento econômico levaram à urbanização, à expansão da agricultura e à exploração de recursos naturais, como madeira e minérios. Essas atividades resultaram em uma pressão crescente sobre os ecossistemas e as paisagens, evidenciando o impacto significativo das ações humanas no ambiente natural.

De acordo com Moreira et al. (2023) as mudanças na cobertura da terra estão se tornando mais rápidas e imprevisíveis. O uso de geotecnologias, como imagens de satélite e SIG, é crucial para monitorar essas alterações. Esse monitoramento ajuda a entender melhor os fenômenos e a aprimorar a gestão ambiental e o planejamento do uso do solo, promovendo um ordenamento territorial mais sustentável.

A intensificação das mudanças do uso e cobertura da terra, principalmente no que tange à conversão de áreas florestais ao processo produtivo, pode acarretar uma série de

impactos ambientais que acabam por modificar a funcionalidade da paisagem. A compreensão da dinâmica do uso e cobertura da terra possibilita traçar políticas de normatização de acordo com as características locais, visando a preservação e conservação dos recursos naturais (DIAS e LIMA, 2021).

3.2 Degradação do Solo

Ao decorrer do tempo, observa-se que a degradação dos solos ocorre em decorrência de usos em discordância com as suas potencialidades em diferentes áreas do planeta, especialmente a partir do manejo inadequado da agricultura, pecuária e setor madeireiro. Por outro lado, o crescimento agropecuário e florestal em países como o Brasil, vem exigindo cada vez mais uso de técnicas que minimizem os impactos ocasionados por essas práticas (JANSEN et al., 2023). Segundo Alves et al. (2023) destacam que, desde a revolução agrícola, o solo se tornou um recurso essencial para a sobrevivência humana, principalmente na produção de alimentos. No entanto, o aumento da população, combinado com a concentração de renda e o uso inadequado da terra, tem levado à degradação dos solos.

Em termos conceituais, a degradação do solo é definida como um conjunto de processos pelos quais são perdidas as qualidades químicas, físicas ou biológicas, cujas causas podem ser naturais ou devido ao seu uso intenso que supera sua resiliência em relação às pressões externas. No caso do Brasil, os problemas da degradação do solo estão associados, principalmente, com a erosão, perda de carbono orgânico e desequilíbrio de nutrientes (ALVES, 2021). O processo de formação dos solos, o qual depende basicamente do material de origem e das condições climáticas, requer de centenas a muitos milhares de anos. No entanto, muitos estudos tem indicado processos de inadequação dos usos da terra frente as potencialidades naturais dos solos (ALVES et al., 2023).

Segundo Moraes e Cavichioli (2022), embora a recuperação de áreas degradadas no Brasil seja uma necessidade antiga, essa prática é relativamente recente. No passado, a recuperação do solo limitava-se principalmente ao plantio de árvores, sem um enfoque mais abrangente. Atualmente, as estratégias de recuperação são mais sofisticadas e diversificadas. Essas novas abordagens visam integrar a biodiversidade dos ecossistemas locais, adaptando os programas de recuperação às características específicas de cada região.

De acordo com Cherubin et al. (2023), o Brasil aumentar a produção de carne de forma sustentável na próxima década, é crucial investir na recuperação e intensificação das pastagens já existentes. Evitando a expansão de novas áreas de pastagem, que frequentemente envolve desmatamento e degradação ambiental. Ao focar na melhoria da produtividade das pastagens atuais, é possível atender à demanda crescente por carne sem comprometer mais áreas naturais.

3.3 Fatores que contribuem para a degradação de pastagens

O Brasil é detentor do maior rebanho bovino comercial do mundo, o que, em conjunto com sua área continental, torna o país um grande produtor de proteína de origem animal. Toda a produção pecuária origina-se na exploração de plantas forrageiras, sendo a sua grande maioria, produzida a pasto. Somada à produção baseada em pastagens, a exploração de capineiras, forma de utilização em que a forragem é colhida e levada aos animais, assume relevante importância na alimentação animal, sobretudo nos sistemas baseados em confinamento, bem como na suplementação dos animais criados a pasto (MELLO et al., 2023).

Estima-se que aproximadamente 80% dos 50 a 60 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Brasil Central encontram-se em algum estado de degradação, ou seja, em processo evolutivo de perda de vigor, sem a possibilidade de recuperação natural e incapaz de sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais, bem como de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas daninhas (CARVALHO et al., 2017). Em torno de 85% dos estabelecimentos rurais destinados à produção de gado no Brasil utilizam o sistema de manejo extensivo de pastagens (DIAS-FILHO, 2014).

A degradação de pastagens pode ocorrer por uma série de fatores, entre eles, a escolha incorreta da espécie forrageira, a má formação inicial, a falta de adubação e de manutenção e o manejo inadequado da pastagem (ALMEIDA et. Al., 2024). Para Sahaar e Niemann, (2020), a falta de cobertura do solo nas pastagens aumenta a evaporação, resultando na perda de umidade e dificultando a regeneração da vegetação. Isso intensifica a erosão, reduzindo a produtividade e podendo levar à desertificação. Além disso, afeta a biodiversidade ao substituir a vegetação nativa.

Segundo Lima et al. (2023), também apontam que a matéria orgânica desempenha um papel crucial na melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, o que impacta diretamente a produtividade na agricultura e na pecuária, enfatizando a importância de

intensificar práticas de manejo. Em estudos realizados por Costa et al. (2015), destacam que a degradação das pastagens é um dos principais problemas da pecuária brasileira, caracterizada pela perda de vigor das forragens. Isso ocorre devido a fatores como baixa fertilidade do solo, escolha inadequada de espécies forrageiras, alta pressão de pragas e doenças, e intenso pastejo, resultando na dominância de plantas daninhas.

A conversão de floresta para pastagem além de reduzir a biodiversidade e fragmentar os ecossistemas, alteram o balanço entre os microrganismos acarretando em um processo de homogeneização das comunidades bacterianas do solo (SOUZA, et al, 2023). O uso intensivo do solo, nomeadamente, em áreas agrícolas e de pecuária, vem resultando no esgotamento das propriedades químicas e físicas que ajudam na estruturação do próprio solo como também no desenvolvimento das plantas (ALVES, 2021).

3.4 Bacia Hidrográfica do Rio Mearim

O Brasil é um país com grandes extensões territoriais e bacias hidrográficas que se distribuem por vários municípios e estados, sendo importante a implantação de políticas para o gerenciamento dos recursos hídricos através de parceiras com as diversas unidades territoriais. Os municípios brasileiros precisam elaborar um inventário com mapas e bases de dados das bacias hidrográficas para favorecer a gestão das águas (FRANCISCO, 2022). O conhecimento das condições naturais da bacia hidrográfica contribui para identificar a suscetibilidade, potencialidade e fragilidade desses espaços, com isso, utilizou-se as representações morfométricas para relacionar a forma da bacia aos fenômenos hidrológicos (MENDES et al., 2024).

Conforme afirmam Dias e Lima (2021), a compreensão da dinâmica do uso e cobertura da terra é fundamental para orientar políticas públicas voltadas para as bacias hidrográficas. Essa compreensão permite estabelecer estratégias de conservação dos recursos naturais, essenciais para garantir o funcionamento eficiente e sustentável desses ecossistemas. Dessa forma, políticas bem elaboradas podem contribuir para a proteção e a gestão adequada das bacias hidrográficas, como a Bacia Hidrográfica do Rio Mearim.

Esta bacia possui 83 municípios, destes, 65 têm suas sedes em seu perímetro, enquanto 50 estão totalmente inseridos na bacia que possui uma população de 1.681.307 habitantes, o que equivalente a (25,6%) da população do estado do Maranhão. Destaca-

se entre os municípios mais populosos: Bacabal, Barra do Corda, Grajaú, Lago da Pedra, Presidente Dutra, Viana e Zé Doca (IBGE, 2010).

Considerada umas das mais importantes regiões hidrográficas do Estado do Maranhão, a Bacia Hidrográfica do Rio Mearim é uma região que durante a estação chuvosa tem picos de inundação, mas, durante o período de seca tem redução acentuada do volume de água das reservas hídricas superficiais, provocando mudanças no padrão de ocorrência desse recurso natural (MELLO; PESSOA e SANTANA, 2020). Ao avaliarem a fragilidade ambiental da região do baixo Mearim, Almeida et al. (2020), destacaram a importância da caracterização ambiental devido à escassez de informações sobre a área, os autores identificaram que a região possui diversidade de ambientes e é vulnerável.

Destaca-se também, nessa região, o desenvolvimento da pecuária extensiva, como a criação bovina e bubalina, que trazem consequências como a degradação dos aquíferos, da vegetação e compactação dos solos, pois essas áreas sofrem com o sobre pastejo animal, denominação dada para relacionar a quantidade de animais com a capacidade de suporte de alimentos (pastagem e forragem) (FREIRE et al., 2014).

3.5 Sensoriamento Remoto e SIGs como ferramentas de monitoramento de áreas de pastagem

As atividades antropogênicas têm alterado, significativamente, os padrões e os processos ecológicos ao longo dos séculos. Essas modificações têm contribuído para a expansão de cidades, lavouras, pastagens e outros usos da terra em detrimento do ambiente natural. Na literatura científica há diversas abordagens teórico-metodológicas destinadas a mensurar as transformações antrópicas nas paisagens (GUSMÃO; TOURINHO, 2021). Segundo Rodrigues, Gomes e Cerqueira (2022), a expansão agrícola nos biomas brasileiros tem gerado consequências significativas, incluindo a supressão da vegetação nativa. Nesse contexto, o monitoramento ambiental é apresentado como uma ferramenta essencial para a identificação de problemas e vulnerabilidades decorrentes dessa expansão.

Atualmente, há técnicas para mapear e analisar os impactos antrópicos por meio de análises observacionais de mapas temporais, além de um maior monitoramento e discussão em torno da legislação vigente no Brasil e no mundo (GAROFOLO e RODRIGUEZ, 2022). As informações de classificação de uso e cobertura do solo podem ser obtidas a partir de imagens de satélite através do processo de interpretação e

classificação de raster multibanda. A classificação de imagens (supervisionadas ou não supervisionadas) destina-se a uma categorização automática dos pixels do raster em classes pré-definidas (ALAM; BHAT; MAHEEN 2020).

O mapeamento dessas mudanças, tem sido comum o uso de imagens de séries temporais de satélites para representar grandes áreas (RODRIGUES; GOMES; CERQUEIRA, 2022). De acordo com Pereira, Nunes e Araújo (2021), a identificação das alterações na cobertura da terra é realizada com o auxílio do Sensoriamento Remoto, complementado por técnicas de Geoprocessamento. É essencial contar com um intérprete que analise as imagens com base em elementos que são fatores fundamentais para uma interpretação precisa das mudanças na cobertura da terra.

No contexto de uso de dados de sensoriamento remoto, a premissa básica é a de que todas as alterações na cobertura terrestre deverão resultar em mudanças nos valores de radiância. Nesse cenário, dados de sensoriamento remoto de alta resolução temporal pode contribuir diretamente no monitoramento de mudanças mais abrupta (MOREIRA et al., 2023). Em razão disso, Freitas et al. (2021), que plataformas em nuvem e softwares livres permitem pesquisas acessíveis e de baixo custo, utilizando séries temporais extensas. Esses recursos são essenciais para analisar o uso e cobertura da terra, orientando decisões sobre recursos hídricos e questões ambientais.

Entre os projetos que monitoram e mapeiam o uso e a cobertura da terra do território brasileiro, destaca-se o MapBiomas. Essa rede interinstitucional dividiu o Brasil em classes de cobertura natural (formação florestal, formação savânica, formação campestre, mangue, formação natural não florestal, água, apicum, praias e dunas, entre outras) e classes de uso antrópico (floresta plantada, agricultura, pastagens, outras áreas não vegetadas, mineração, infraestrutura urbana e outros) conforme as especificidades geográficas (MAPBIOMAS, 2020).

As técnicas de modelagem sobre as mudanças nas classes de cobertura e uso da terra evoluíram de forma positiva ao longo dos anos, proporcionando maior acessibilidade e precisão na detecção. Como exemplo, cita-se o uso da plataforma web Google Earth Engine que tem como função auxiliar no processo de captação de imagens de sensoriamento remoto. Esse mecanismo possibilita a realização de agregações de dados espaciais e temporais de uma coleção de imagens de satélites (SIDHU et al., 2018). Sousa et al. (2023) destacam que a plataforma Google Earth Engine demonstrou um desempenho eficaz no processamento de grandes volumes de dados, permitindo a análise

de informações ambientais e facilitando o mapeamento do uso e cobertura da terra, o que possibilita reconhecer as alterações nessas áreas.

3.6 Manejo de pastagens e técnicas sustentáveis

A rica diversidade das áreas produtivas exige modelos de conservação e manejo que se adapte as realidades edafoclimáticas de cada região, a complexidade de cada sistema produtivo determina o modelo de produção a ser desenvolvido. Sendo que em áreas onde os fatores contribuem para o aumento do processo erosivo há necessidade de envolver a integração de diferentes práticas de manejo (NAVARRO et al., 2021). Martinez et al. (2021) destacam que avaliar a qualidade do solo é essencial para decisões agrícolas e a conservação ambiental, permitindo aumentar a produtividade de forma sustentável e preservar recursos naturais para o futuro.

Compreender e avaliar a qualidade do solo é essencial para garantir uma produção agrícola eficiente e ambientalmente responsável, minimizando os impactos negativos sobre os recursos naturais e maximizando os benefícios para os agricultores e a sociedade como um todo (GOMEZ; LÓPEZ; NIETO, 2019). Considerando o solo como um dos principais fundamentos da sustentabilidade de qualquer sistema de produção, a análise abrangente dos atributos edafobiológicos pode representar uma ferramenta crucial para a avaliação de sua qualidade (AZEVEDO et al., 2024).

A busca por práticas mais sustentáveis é uma das missões para a agricultura e pecuária brasileira, tendo em vista os diversos agroecossistemas em degradação em nosso território. No contexto da pecuária, o pastoreio rotativo é uma prática racional de manejo agropecuário que estabelece uma ruptura com o manejo tradicional e integra em seu método a relação do solo, da planta e do animal (BALIN e MARTINS, 2023).

Para Torquato e Ferreira (2021) algumas técnicas como a transposição do solo, plantio de mudas em ilhas de alta biodiversidade e coleta de sementes são eficazes. Essas abordagens, combinadas com a rotação de pastagens e o manejo integrado, podem restaurar a vegetação, melhorar a qualidade do solo e promover a conservação dos recursos naturais, garantindo a produtividade e a preservação ambiental. É necessário a conscientização dos produtores, principalmente aqueles que ainda adotam o sistema de pecuária extensivo, da importância de realizarem o manejo preventivo de suas pastagens (CAITANO et al., 2023).

Nesse sentido, deve-se conduzir ações para uma real mudança de atitude frente aos recursos ambientais naturais. Isso indica que é fundamental o desenvolvimento de uma cultura de educação ambiental e de promoção adequada ao uso e manejo consciente do solo, visando o potencial de produção, sustentabilidade e impacto ambiental (SANTOS, SANTOS; SANTOS, 2021). Com o pastoreio rotativo é possível integrar os ciclos naturais e maximizar a saúde do ecossistema de pastagens, proporcionando benefícios tanto para o solo quanto para a produtividade do sistema pecuário (BALIN; MARTINS, 2023).

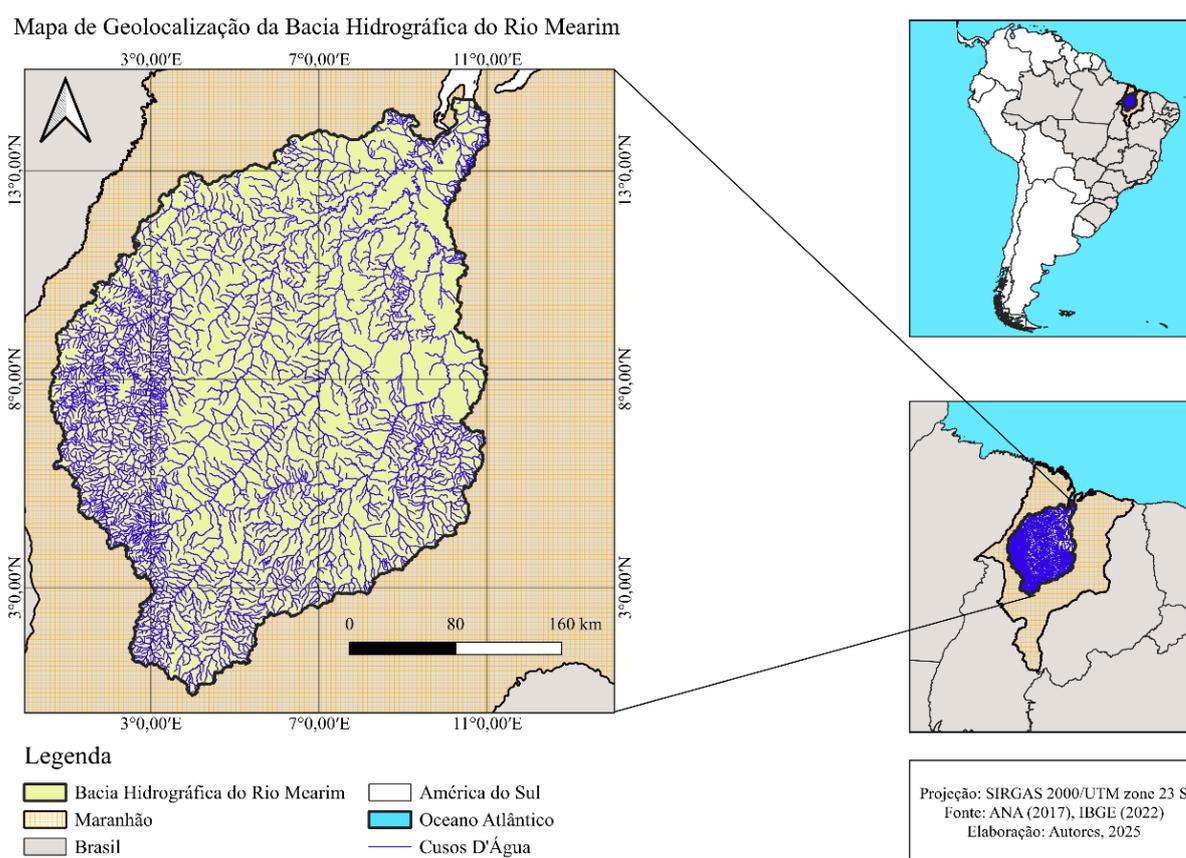
Para que se promova o desenvolvimento de uma agropecuária sustentável é necessário conscientizar o agricultor e o pecuarista sobre a conservação do ambiente, além de a ele oferecer os meios e métodos para alcançar esse desenvolvimento sustentável. Os impactos ambientais decorrentes das atividades agropecuárias são inevitáveis. Contudo, a exploração agrícola se devidamente planejadas e tomadas as providências necessárias para a otimização dos impactos positivos e a minimização dos impactos negativos ter-se-á ganhos efetivos tanto para o meio biofísico como para a dimensão socioeconômica (COSTA et al., 2022).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Mearim (Figura 1) é a maior do Estado do Maranhão com 99.058,68 km² de extensão, equivalente a 29,84% da área total do território maranhense. O principal rio é o Mearim. Todo esse percurso ocorre em cerca de 930 km de extensão. Seus principais afluentes são o rio Pindaré e o rio Grajaú. O rio Pindaré deságua no rio Mearim a cerca de 20 km da sua foz. O rio Grajaú flui para o rio Mearim por meio do canal do Rigô encontrando-o na área do Golfão Maranhense (IBGE, 2010; UEMA/NUGEO, 2016).

Figura 1. Localização da Área de estudo, Bacia Hidrográfica do Rio Mearim Estado do Maranhão, Brasil.



Fonte: ANA (2017); IBGE (2022) Elaborado pela Autora, 2025.

De acordo com a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco CODEVASF, (2014) o Rio Mearim, com 930 quilômetros de extensão, nasce na serra da Menina, entre os municípios de Formosa da Serra Negra, Fortaleza dos Nogueiras e São Pedro dos Crentes – em altitude entre 400 e 500 metros aproximadamente – e deságua na baía de São Marcos, entre a capital São Luís e o município de Alcântara. Na foz do Mearim encontra-se a maior área contínua de mangues do país – uma área de aproximadamente 30 mil hectares, conhecida como ilha dos Caranguejos. Assim como o rio Itapecuru, outro genuinamente maranhense, o Mearim é considerado um dos mais importantes do estado. O rio está dividido em três trechos principais: Alto, Médio e Baixo Mearim. O Alto Mearim, com cerca de 400 quilômetros de extensão, compreende o trecho entre as cabeceiras e a barra do rio das Flores. O Médio Mearim alcança o trecho entre a barra do rio das Flores e o Seco das Almas, com aproximadamente 180 quilômetros de extensão. Já o Baixo Mearim estende-se do trecho entre o Seco das Almas e a foz na baía de São Marcos – em cerca de 170 quilômetros de extensão.

Os principais afluentes do rio Mearim são os rios Pindaré e Grajaú. O primeiro deságua a cerca de 20 quilômetros da foz do Mearim, enquanto o segundo flui por meio do canal do Rigô encontrando o rio Mearim na área do Golfão Maranhense. Dos 83 municípios que integram a bacia do Mearim, 65 possuem sedes localizadas dentro dela, onde 50 municípios estão totalmente inseridos na bacia. De acordo com o IBGE, a população urbana da bacia hidrográfica do rio Mearim é formada por 872.660 pessoas, enquanto a população rural é de 808.647 habitantes, ou seja, 48,1% da população da bacia. Os municípios mais populosos são Bacabal, Barra do Corda, Grajaú, Lago da Pedra, Presidente Dutra, Viana e Zé Doca (CODEVASF, 2014).

4.2 Fonte de Dados

A análise multitemporal da dinâmica da pastagem e da degradação da cobertura natural na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim foi realizada utilizando dados quantitativos e temáticos provenientes de diversas fontes. Foi utilizada a Coleção 9 do MapBiomas, (MAPBIOMAS, 2024), que oferece dados da cobertura do solo e uso da terra no Brasil em intervalos anuais. A Coleção 9 é baseada em uma combinação de imagens de satélite a partir de plataformas de sensoriamento remoto, como o Landsat, acessado através de um *toolkit* pela plataforma *Google Earth Engine*, que fornece dados em resolução espacial adequada para a análise de uso do solo e cobertura da terra.

As imagens usadas nesta pesquisa correspondem aos anos de 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 e 2023. Essas imagens foram processadas para garantir a qualidade e a precisão necessárias para a análise, foram utilizados dados de Classes de Uso do Solo como a pastagem, vegetação primária, vegetação secundária, desmatamento e restauração dessas áreas naturais. Os dados trabalhados em formatos geoespaciais, como GeoTIFF e *Shapefile*, permitiram a integração no sistemas de informação geográfica (SIG).

Foram utilizados dados da bacia hidrográfica para delimitação os quais foram complementados por informações disponíveis na Agência Nacional de Águas ANA (2017). O *shapefile* (SHP) da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim foi utilizado para delimitar a área de estudo, garantindo que a análise fosse focada na região específica de interesse. Assim como também as malhas cartográficas do IBGE (2022). para auxiliar na delimitação dos mapas da região. Essas malhas forneceram informações sobre a divisão territorial, permitindo uma melhor contextualização dos dados analisados.

4.3 Processamento de Dados no QGIS

O *software* QGIS versão 3.38.1 foi utilizado para processar e analisar os dados, cada imagem foi georeferenciada utilizando informações de coordenadas geográficas. As imagens foram recortadas para focar exclusivamente na área da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim, utilizando o *shapefile* da ANA para delimitar a área de interesse. A partir dos resultados da classificação, foram gerados mapas temáticos representando a qualidade da pastagem e o uso do solo para cada um dos anos analisados. Os mapas temáticos foram exportados em formatos de imagem (PNG, JPEG) para facilitar a apresentação dos resultados.

Ao final do processo, a metodologia aplicada permitiu uma análise detalhada da dinâmica da pastagem e da degradação da cobertura natural na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim. Os dados quantitativos e temáticos foram processados de forma no QGIS, possibilitando a geração de mapas que evidenciam as mudanças ao longo do tempo e a relação entre a qualidade da pastagem e a degradação ambiental. Essa abordagem fornece subsídios para a formulação de políticas de manejo sustentável e conservação na região.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

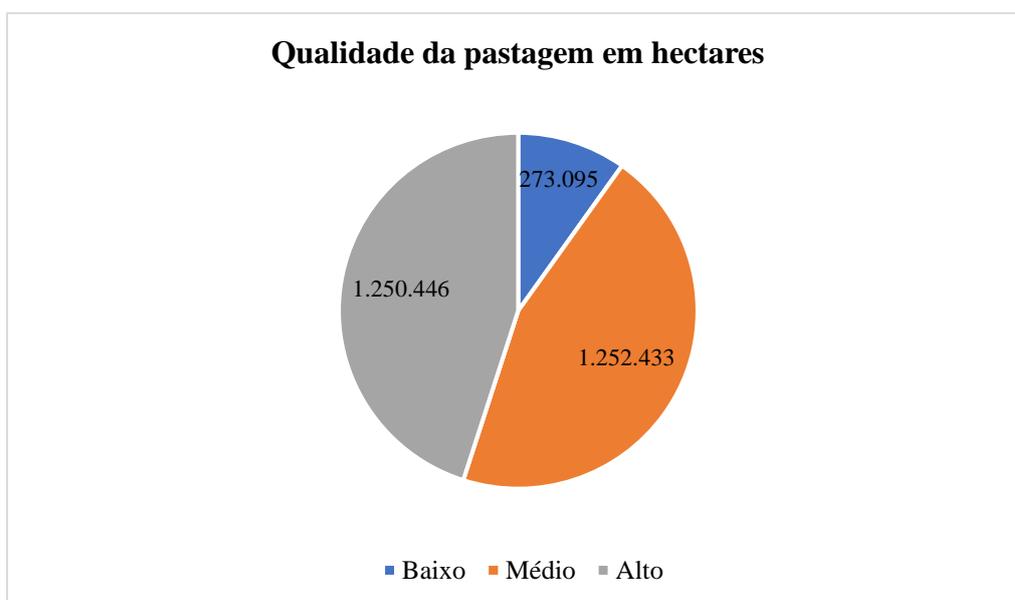
5.1 Qualidade e Produtividade da Pastagem

A avaliação da qualidade da pastagem na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim (Figura 2) demonstrou uma predominância de áreas classificadas como baixo, média a alta qualidade, com 1.250.446 hectares (aproximadamente 45,04%) e a média com 1.252.433 hectares, com 45,12 % registrando condições favoráveis para a pecuária extensiva. Essa situação sugere que, em grande parte da bacia, as condições edáficas e climáticas ainda são propícias para a produção de forragem de qualidade. No entanto, identificou-se uma fração significativa de pastagens de baixa qualidade, totalizando 273.095 hectares, cerca de (aproximadamente 9,83 %) classificados como pastagens de baixa qualidade é um indicador que ressalta a necessidade de práticas de manejo sustentável para reverter a degradação nas áreas de menor qualidade e garantir a sustentabilidade da pecuária na região que pode estar associada a processos avançados de degradação do solo.

Esses processos incluem a compactação, que reduz a porosidade e a infiltração de água; a lixiviação de nutrientes, que compromete a fertilidade do solo; e a erosão laminar, que resulta na perda de camada superficial do solo e pode levar à desertificação.

De acordo com Lahasse e Nascimento (2024) as alterações nas pastagens são influenciadas pelas práticas de manejo de uso, mudanças climáticas e inovações tecnológicas. Destacam ainda a importância das políticas públicas, impactam nas questões sociais e econômicas da região. No entanto, enfatizam que existem desafios que necessitam de uma gestão sustentável e consciente. Para isso, é fundamental adotar tecnologias avançadas, alinhadas a um entendimento das questões técnicas, visando à preservação ambiental e ao desenvolvimento econômico. Essa abordagem é essencial para promover o progresso e fortalecer a região.

Figura 2. Gráfico de qualidade da pastagem na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim.



Fonte: Mapbiomas (2024), elaborado pela Autora, 2025.

5.2 Produtividade da pastagem na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim no ano de 2000 a 2023

A produtividade da pastagem na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim (Figura 3) apresentou forte variabilidade espacial, com áreas registrando produtividades maiores ou iguais a 30 t/ha correspondendo a 433.883 hectares. Os resultados também revelaram valores entre 20 a 30 t/ha, totalizando 2.169.951 hectares, enquanto outras áreas apresentaram valores inferiores a 10 a 20 t/ha, somando 171.420 hectares. Essa distribuição evidenciou um gradiente produtivo significativo: apenas 637 hectares estão na faixa entre 5 e 10 t/ha. Essa variabilidade destaca que a degradação dos solos e o decréscimo de nutrientes desempenharam papéis cruciais na redução da capacidade de suporte da pastagem em determinadas áreas da bacia.

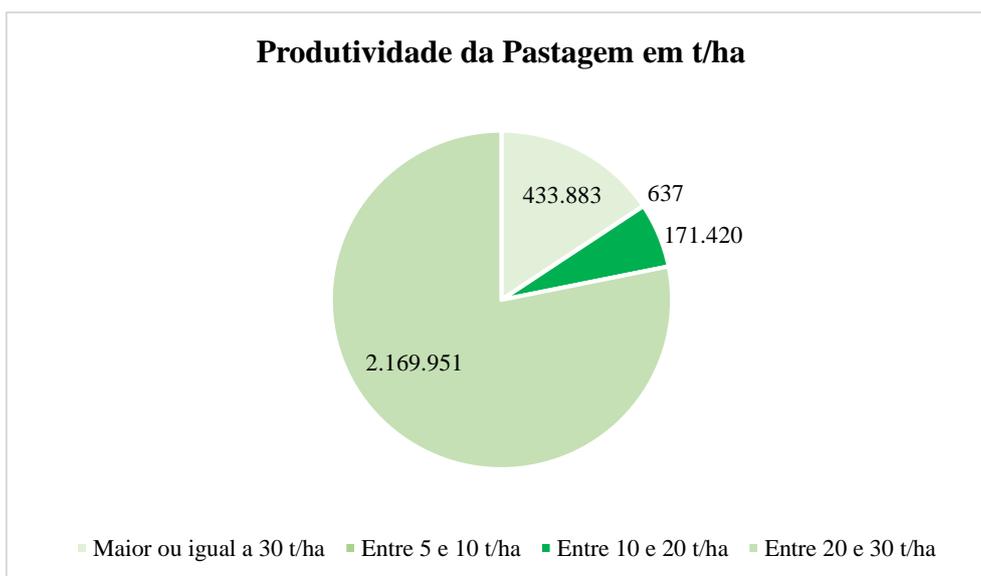
A baixa produtividade nas regiões mais afetadas pode ser atribuída à compactação do solo, que limita a infiltração de água e a aeração das raízes, e à lixiviação de nutrientes essenciais, que compromete a fertilidade. Conforme Carneiro (2023), a qualidade do solo está relacionada à sua capacidade de operar dentro do ecossistema, sustentando a produtividade biológica, preservando a qualidade ambiental e promovendo a saúde da biota. Para avaliar a qualidade do solo, são consideradas suas características físicas, químicas e biológicas.

Conforme apontado por Belotti e Sousa (2022) os parâmetros de qualidade do solo mostram que as áreas com boa capacidade de infiltração e saturação de água, são essenciais para a manutenção dos processos hidrológicos, como infiltração, armazenamento e disponibilidade de água que é crucial para aumentar a retenção e infiltração de água no solo, ajudando na recuperação da vazão e na manutenção dos fluxos hídricos locais.

Além disso, a ausência de práticas conservacionistas, como a rotação de pastagens e a adubação estratégica, pode ter contribuído para o declínio da produtividade. Essas práticas são fundamentais para manter a saúde do solo e a produtividade forrageira, e sua falta em áreas vulneráveis contribui para um ciclo de degradação que pode ser difícil de reverter. Portanto, a implementação de técnicas de manejo sustentável se torna essencial para restaurar a produtividade da pastagem e assegurar a viabilidade da pecuária na bacia.

Sousa et al. (2022) observaram que as áreas degradadas variam anualmente. Em um estudo realizado em Formoso do Araguaia, no sul do Estado do Tocantins em 2020, revelou que a porcentagem dessas áreas voltou aos níveis registrados em 2016 e 2017, sugerindo que a simples substituição das forrageiras pode não ter sido eficaz para reduzir a degradação. Isso indica que manejos ineficientes provavelmente continuaram impactando negativamente a qualidade das pastagens.

Figura 3. Gráfico de Produtividade da pastagem na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim.



Fonte: Mapbiomas (2024), elaborado pela Autora, 2025.

5.3 Idades da pastagem produzida na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim

A distribuição etária da pastagem na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim (Figura 4) revelou um crescimento expressivo das áreas com pastagens mais antigas (≥ 30 anos), que aumentaram de 840.214 hectares em 2015 para 1.545.263 hectares em 2023, esse crescimento reflete a continuidade do uso dessas áreas ao longo dos anos. Em contraste, as pastagens mais jovens (< 5 anos) apresentaram uma diminuição significativa ao longo dos anos, caindo de 741.765 hectares em 2000 para 480.885 hectares em 2023. No entanto, observou-se um ressurgimento dessas áreas em 2023, alcançando 775.677 hectares.

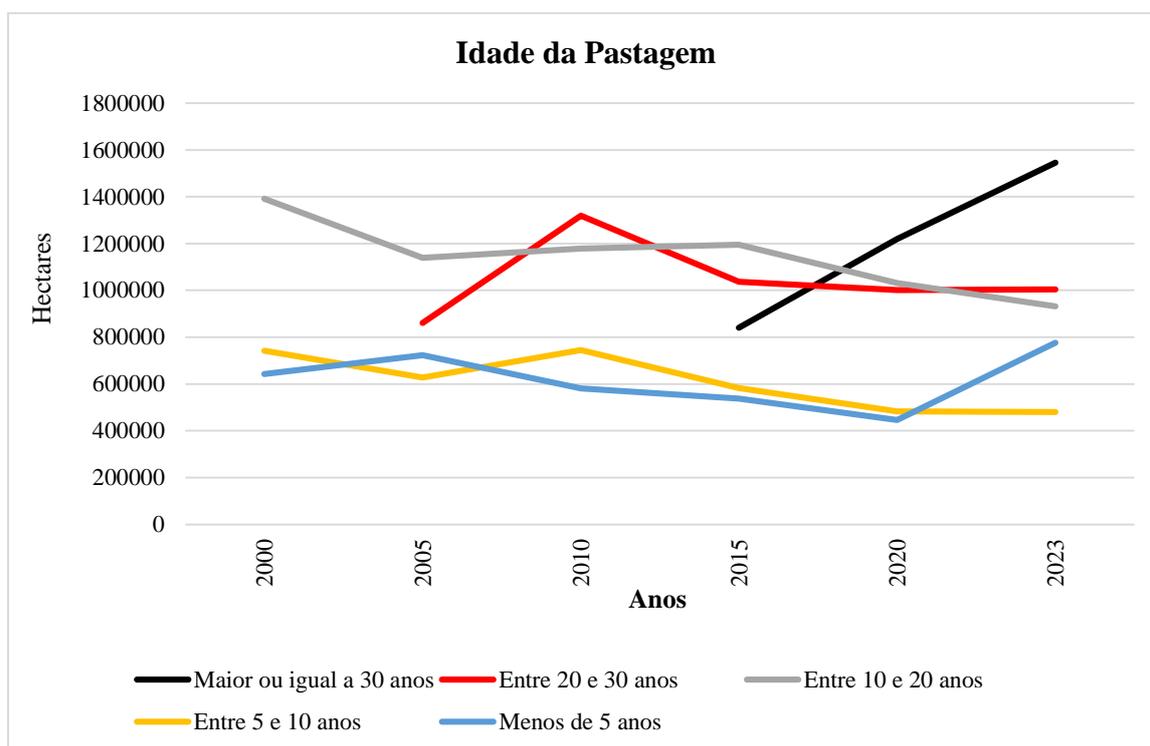
As classes de pastagens entre 20 e 30 anos mostraram um aumento contínuo de 861.237 hectares em 2000 para 1.003.658 hectares em 2023, embora tenha havido uma leve queda em 2015 e 2020. As pastagens entre 10 e 20 anos, por outro lado, apresentaram uma tendência de queda, descendo de 1.391.383 hectares em 2000 para 932.172 hectares em 2023, indicando um possível esgotamento dessas áreas.

As pastagens entre 5 e 10 anos também seguiram um padrão de declínio, de 741.765 hectares em 2000 para 480.885 hectares em 2023. Essa dinâmica sugere um processo de esgotamento das áreas mais antigas, que pode ter levado à conversão de novas áreas naturais em pastagem para manter a viabilidade da pecuária. A recuperação das áreas mais jovens em 2023 pode indicar uma adaptação dos produtores às condições do mercado e à necessidade de diversificação do uso do solo, ressaltando a importância de estratégias de manejo sustentável que permitam a regeneração das pastagens e a preservação do ecossistema local.

O avanço de pastagens senescentes, sem reposição adequada da fertilidade do solo, reforçou a tendência de compactação, redução da capacidade de infiltração hídrica e incremento da erosividade. O declínio da renovação de áreas produtivas também pode estar relacionado ao aumento da degradação química e biológica do solo, afetando a capacidade de resiliência da paisagem.

Para Mouzinho et al. (2022) revitalizar pastagens degradadas é fundamental para modernizar a produção agropecuária. Essa modernização deve se concentrar em aumentar a produtividade sem expandir a área de pastagens. Deste modo, o principal intuito deve ser melhorar a eficiência da produção enquanto assegurando a conservação do meio ambiente. Isso é importante para atender à crescente demanda global por proteína animal, garantindo a segurança alimentar, ao mesmo tempo que se busca reduzir o desmatamento.

Figura 4. Idade da pastagem produzida na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim.



Fonte: Mapbiomas (2024), elaborado pela Autora, 2025.

5.4 Mudanças e alterações na quantidade de classes naturais de cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim

A Figura 5 evidenciou um dos resultados mais críticos do estudo: a supressão contínua da vegetação primária, que diminuiu de 5.904.980 hectares em 2000 para 3.817.681 hectares em 2023, totalizando uma perda superior a 2 milhões de hectares. Esse processo indica um padrão sistemático de conversão da cobertura florestal em áreas agropecuárias, resultado de pressões antrópicas associadas à expansão da fronteira agropecuária e à ausência de políticas efetivas de conservação.

Melo (2022) e Santos et al. (2019) evidenciaram que em relação ao uso e a ocupação do solo a classe de vegetação nativa/primária era a mais extensa no território a décadas atrás e ao longo dos anos vem sendo suprimidas e diminuído em todo o estado, indicando uma perda significativa da vegetação natural ao longo dos anos.

A supressão da vegetação primária apresentou um aumento gradual nas taxas de desmatamento, passando de 105.552 hectares em 2000 para 87.215 hectares em 2023, refletindo a intensificação da degradação. Por outro lado, a vegetação secundária, que

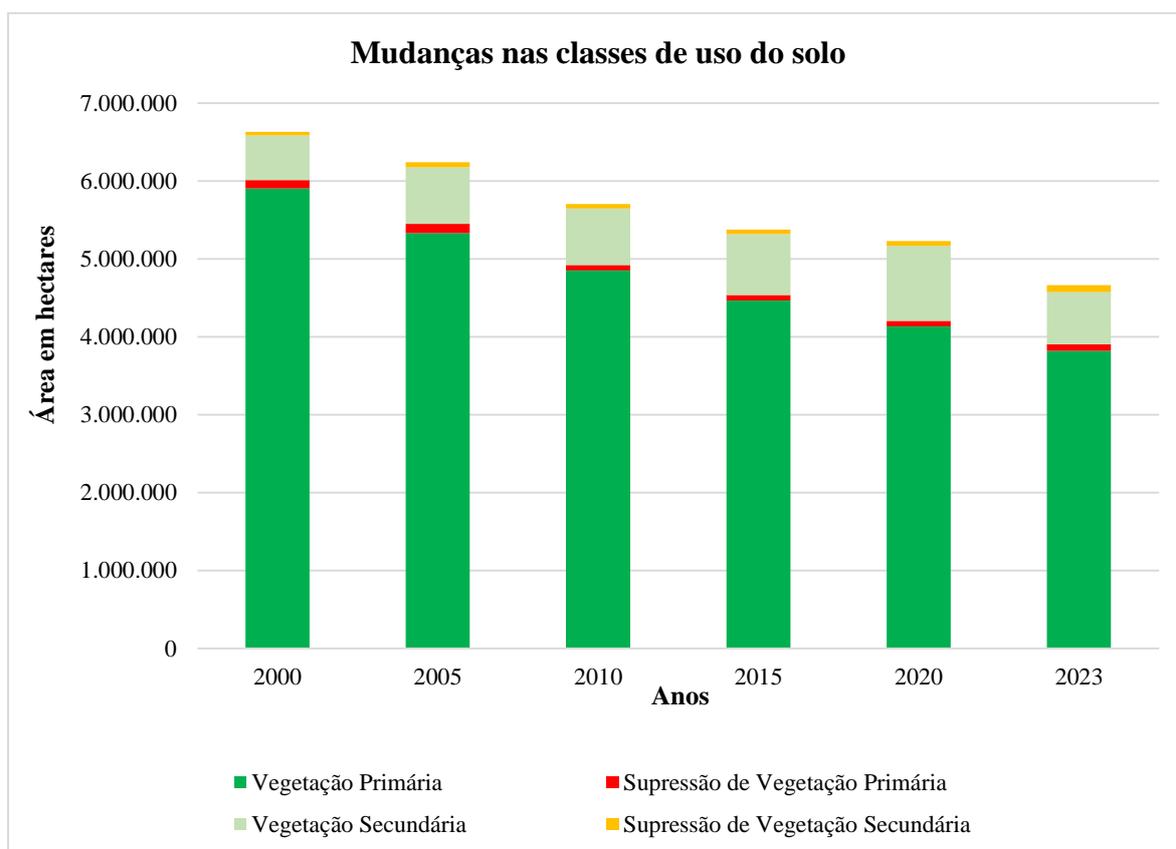
poderia atuar como regeneradora das áreas degradadas, apresentou crescimento contínuo até 2020, alcançando 964.761 hectares. Entretanto, em 2023, houve uma redução abrupta para 669.324 hectares, indicando que áreas anteriormente em regeneração foram novamente convertidas para uso agropecuário, comprometendo o balanço ecológico e a capacidade de recuperação dos ecossistemas.

Santos et al. (2024) salientam que o uso inadequado do solo em bacias hidrográficas é uma das principais causas de degradação ambiental. As mudanças no uso do solo, especialmente a conversão de áreas para cultivos agrícolas, geralmente começam com desmatamentos e queimadas. Essas práticas são muito prejudiciais ao meio ambiente, pois afetam a preservação dos corpos hídricos, resultando em impactos negativos significativos decorrentes da alteração da vegetação ciliar.

Outro fator a ser evidenciado foi o aumento da supressão da vegetação secundária, que passou de 43.209 hectares em 2000 para 89.372 hectares em 2023. Essa intensificação da degradação de áreas que já haviam iniciado o processo de recuperação ambiental pode estar relacionada à falta de políticas de incentivo à regeneração natural e ao uso contínuo de áreas de baixa aptidão agropecuária. A dinâmica observada ressalta a necessidade urgente de implementar estratégias de conservação e manejo sustentável para proteger os ecossistemas e promover a recuperação das áreas degradadas.

Para Sousa et al. (2024) a composição e a estrutura da vegetação em áreas que outrora eram compostas por vegetação primária, e após ações antropicas transicionaram para vegetação secundária, é caracterizada pela presença de espécies pioneiras ou dominantes em áreas que sofreram perturbações. O índice de diversidade baixo é atribuído ao processo de degradação que a área geralmente enfrenta.

Figura 5. Gráfico da Dinâmica do uso do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim.



Fonte: Mapbiomas (2024), elaborado pela Autora, 2025.

5.5 Dinâmica das classes de cobertura natural *versus* pastagem na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim

A Figura 6 apresenta uma análise multitemporal da dinâmica da pastagem e da degradação da cobertura natural na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim, abrangendo os anos de 2000 e 2005. Essa análise evidenciou as transformações significativas no uso do solo e na qualidade da pastagem ao longo desse período.

Em 2000, as áreas de pastagem eram predominantemente classificadas como de qualidade média e alta, refletindo condições favoráveis para a pecuária. A vegetação primária ocupava uma vasta extensão, demonstrando que, naquele momento, grande parte da bacia ainda mantinha sua cobertura florestal natural. No entanto, a partir de 2000, inicia-se um padrão crítico de degradação, evidenciado pelo aumento das áreas de pastagem. Assim como também o crescimento de pastagens de baixa qualidade, sugerindo

que os solos estavam sendo sobrecarregados, possivelmente devido à prática intensiva da pecuária sem o devido manejo sustentável.

Souza e Sousa (2022) afirmam que a redução da cobertura vegetal, impulsionada pela expansão das áreas destinadas à agricultura e à pastagem para criação de gado, é o principal fator ambiental que impacta a biomassa. Eles destacam que essa prática está frequentemente associada ao uso de queimadas, o que agrava ainda mais os efeitos negativos no meio ambiente.

Entre 2000 e 2005, a supressão da vegetação primária tornou-se mais pronunciada, com áreas anteriormente cobertas por florestas sendo convertidas em pastagens ou outros usos agropecuários. O mapa de uso do solo em 2005 revelou uma diminuição drástica da vegetação primária, enquanto a vegetação secundária apresentou aumento. Essa elevação indicou que as áreas poderiam ter se regenerado, comprometendo o ecossistema.

Para Leandro e Rocha (2019), as diversas formas de apropriação da terra geram mudanças significativas e impactos nas paisagens. Nesse sentido, a supressão de vegetação mais robusta e a conversão em formações secundárias estão associadas a modificações antrópicas. Além disso, a maioria das modificações naturais em grande escala refere-se à agropecuária e à produção de grãos.

De acordo com Rocha e Silva (2024) relacionam a atividade agropecuária como fator que tem provocado impactos negativos, contribuindo não apenas para o desmatamento mas, conseqüentemente, para o rebaixamento do nível do lençol freático ao longo dos anos, afetando também as condições hídricas, principalmente em áreas de bacias hidrográficas, evidenciando a necessidade de práticas sustentáveis para mitigar esses efeitos.

Além disso, a análise da qualidade da pastagem nos dois anos mostrou uma correlação direta entre a degradação do solo e a capacidade produtiva das pastagens. A conversão de vegetação nativa em pastagens de baixa qualidade resulta em solos empobrecidos, que não conseguem sustentar adequadamente a produção forrageira. Essa dinâmica não apenas afeta a biodiversidade local, mas também a sustentabilidade da atividade pecuária na região, que se torna cada vez mais dependente de novas áreas para a manutenção de sua viabilidade econômica.

Conforme Castellani et al. (2022) abordam, a crescente demanda por proteína animal e o aumento do rebanho, que exigem técnicas para melhorar a produtividade das pastagens no Brasil, ao mesmo tempo em que é necessário conter o desmatamento. Eles destacam que a degradação das pastagens e do solo está relacionada ao excesso de lotação

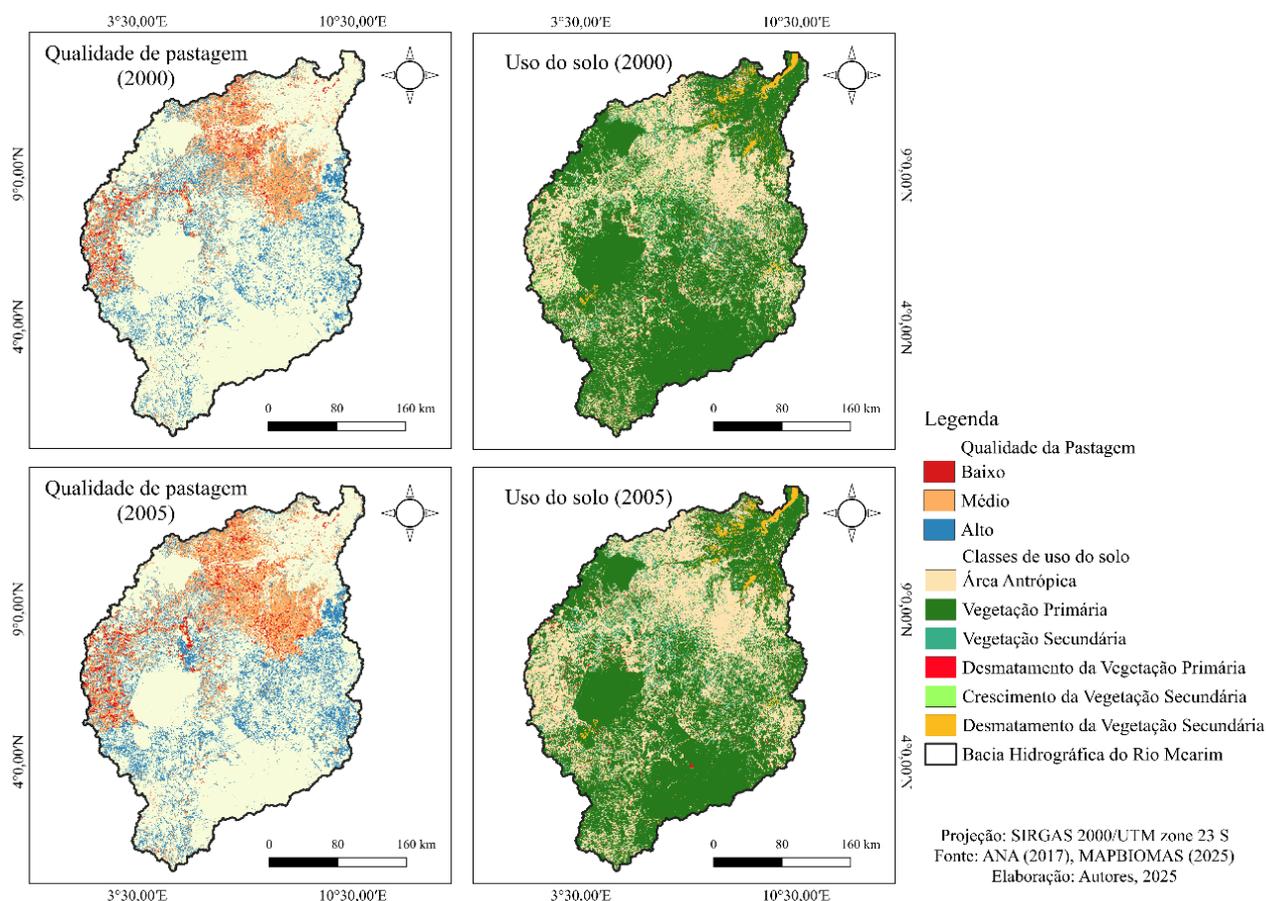
e à insuficiência na reposição de nutrientes. Estima-se que 39% das pastagens brasileiras estejam em um nível intermediário de degradação, enquanto 16% já estejam em estágio avançado de degradação.

Assim como Mendes et al. (2024) afirmam que a recuperação de áreas degradadas pode gerar benefícios multifacetados, englobando as esferas econômica, social e ambiental, como o incremento da área disponível para a atividade agrícola, a geração de emprego e renda, a conservação da biodiversidade, a fixação de carbono no solo, e a melhoria da qualidade do solo, sendo um processo complexo que exige planejamento estratégico e práticas de manejo sustentáveis para garantir a sustentabilidade do investimento.

A comparação entre os dois períodos evidenciou a necessidade urgente de implementação de práticas de manejo sustentável e políticas de conservação. A recuperação das áreas degradadas e a preservação da vegetação primária são essenciais para restaurar o equilíbrio ecológico e garantir a capacidade de suporte das pastagens na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim. A análise espacial demonstrou um cenário de degradação contínua, destacando a importância de intervenções que promovam a recuperação e a sustentabilidade dos recursos naturais.

A degradação das áreas, conforme discutido por diferentes autores, está interligada às práticas agropecuárias e queimadas. Martins et al. (2023) afirmam que áreas degradadas ou em processo de degradação, podem estar associadas a constantes queimadas no cerrado, que resultam na diminuição da fauna, flora e micro-organismos essenciais para os ecossistemas do solo, gerando um maior nível de degradação do solo (GIGANTE et al., 2007; CHAMPOLIN, FEIDEN, GALVANI, 2007). Essa degradação, conforme apontado por MENDES et al. (2024), pode ser contrabalançada por práticas de recuperação, mas requer planejamento e manejo sustentável.

Figura 6. Dinâmica da pastagem e degradação da cobertura natural no solo da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim em 2000 e 2005.



Fonte: ANA (2017) e Mapbiomas (2024), elaborado pela Autora, 2025.

A Figura 7 apresentou uma análise multitemporal da dinâmica da pastagem e da degradação da cobertura natural na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim, concentrando-se nos anos de 2010 e 2015. Essa comparação forneceu *insights* sobre as mudanças na qualidade das pastagens e no uso do solo ao longo desse período.

Em 2010, os mapas de qualidade da pastagem indicaram uma continuidade da degradação observada nos anos anteriores. Essa tendência sugeriu um agravamento das condições de manejo dentro da bacia, indicando que a pressão antrópica e a exploração intensiva dos recursos naturais estavam comprometendo a capacidade de regeneração.

Como Araujo-Pinto (2021) argumenta, a rápida redução de áreas naturais está diretamente relacionada ao aumento das atividades extensivas, especialmente na pecuária e nas monoculturas voltadas para exportação. Ele observa que, embora haja um crescimento quantitativo na economia primária, medido pelo aumento das áreas

plantadas, das colheitas e do efetivo de rebanhos, esse crescimento não é qualitativo nem distributivo entre as diferentes atividades agrícolas.

No que diz respeito ao uso do solo, o mapa de 2010 revelou que a vegetação primária ainda ocupava uma parte significativa da bacia, mas a sua presença apresenta declínio. O desmatamento da vegetação primária por outro lado diminuiu em relação ao ano passado. Essa mudança evidenciou a perda de vegetação nativa que não apenas reduz a biodiversidade, mas também pode ter aumentado a vegetação secundária com essa transição e afetado os recursos naturais area da bacia hidrográfica.

Para Oliveira Junior et al. (2023) as iniciativas de proteção e defesa da Amazônia precisam considerar as áreas secundárias como estratégicas para o monitoramento ambiental. Em 2021, 12,9 milhões de hectares estavam em processo de sucessão ecológica na região, indicando que essas áreas estão se regenerando após a degradação. No entanto, estão sob intensa pressão, com um ritmo de supressão que supera o desmatamento da floresta primária nos últimos anos. Assim, a proteção dessas áreas é crucial para a conservação da biodiversidade e a sustentabilidade do bioma Amazônico.

À medida que a análise avança para 2015, os mapas evidenciam uma continuidade da degradação. As áreas de pastagem se tornam mais proeminentes, enquanto a vegetação primária continua a ser reduzida e a secundária continua a aumentar. O desmatamento, já acentuado em 2010, se considerado o ano anterior, evidenciando um padrão sistemático de conversão de ecossistemas naturais para usos secundários, e agropecuários pois ao comparar a dinamica nota-se o crescimento da classe de pastagem ao mesmo tempo que a vegetação natural vem se modificando a cada ano.

Além disso, a qualidade das pastagens em 2015 mostrou uma clara correlação com a degradação do solo, onde pastagens de baixa qualidade indicam um ciclo de empobrecimento. Essa degradação pode resultar em uma menor resiliência das pastagens, tornando-as menos capazes de se recuperar e suportar a pressão da pecuária.

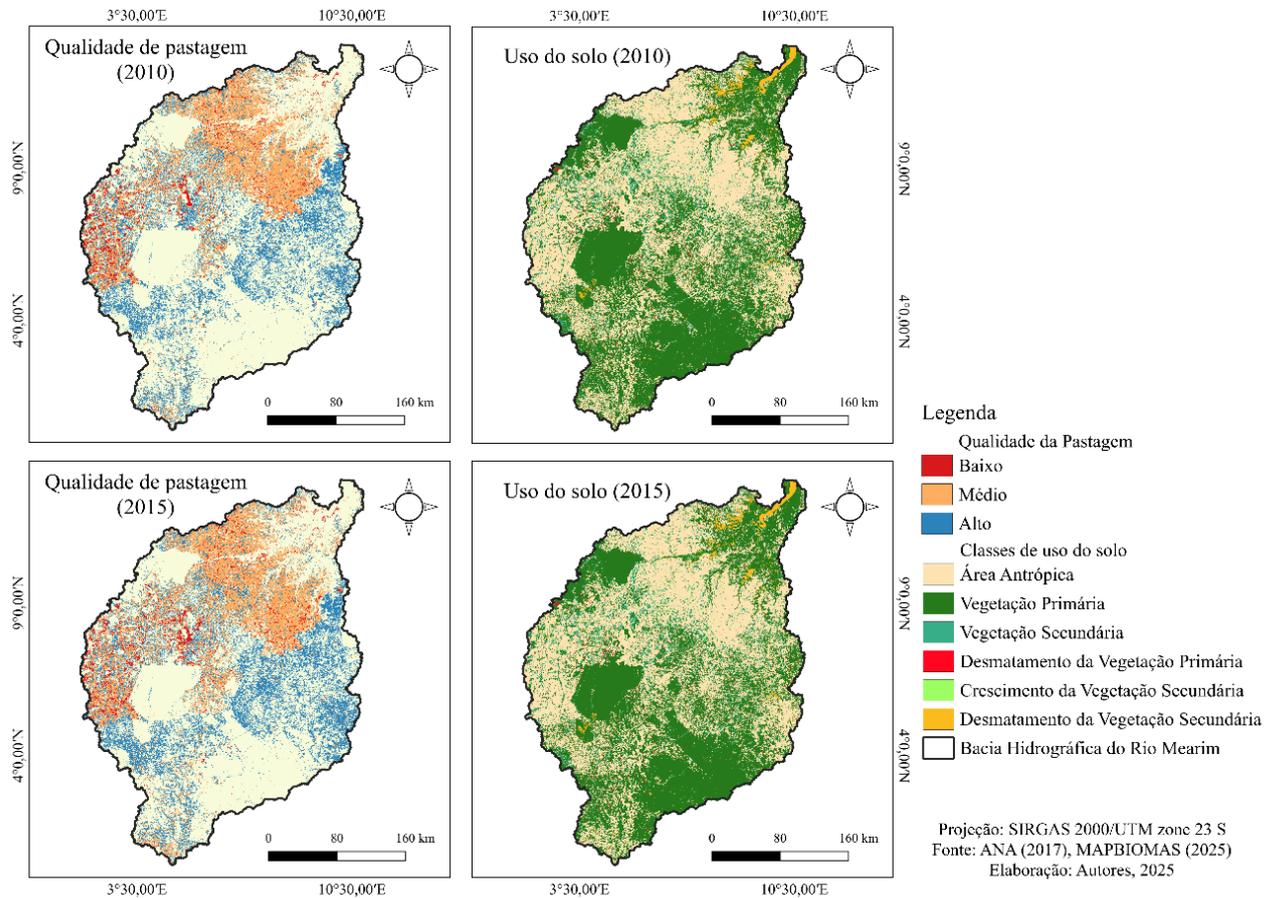
Conforme apontado por Santos et al. (2023) em uma análise realizada para identificar áreas suscetíveis a desertificação no Nordeste do Brasil, verificou que houve uma diminuição na supressão da vegetação primária e um aumento na supressão da vegetação secundária ao longo do tempo. Foi realizada a Análise de Componentes Principais (ACP) revelou associações significativas entre a supressão da vegetação primária e a produção de lenha e carvão, além da presença de mosaicos de pastagem e agricultura, que foi conduzido na microrregião do Seridó Ocidental, no Estado da Paraíba Por outro lado, a supressão da vegetação secundária estava relacionada à abertura

de novas áreas para pastagem. Demonstrando assim resultados semelhantes em relação a identificação da redução de cobertura natural assimilando a suscetibilidade à intensificação do processo de desertificação, sugerindo que as práticas de uso da terra, como a conversão de áreas naturais em pastagens, podem contribuir para a degradação ambiental.

Em síntese, a (Figura 7) ilustrou um cenário crítico de degradação contínua na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim entre 2010 e 2015. A análise destacou que ocorre a necessidade medidas de intervenções que promovam práticas de manejo sustentável e a preservação da vegetação nativa, fundamentais para restaurar o equilíbrio ecológico e garantir a viabilidade das pastagens na região. A continuidade desse padrão de uso do solo pode comprometer não apenas a sustentabilidade da pecuária, mas também a integridade dos ecossistemas locais.

Martins (2023) enfatiza que, diante da crescente necessidade de reduzir os impactos ambientais resultantes da degradação das pastagens e da expansão agrícola em áreas florestais, é crucial compreender as práticas que contribuem para essa degradação. Argumentando que o manejo inadequado das pastagens é um fator significativo, mas não é o único responsável pela degradação. Além disso, a degradação das pastagens pode estar ligada a outros fatores, como a escolha inadequada de espécies forrageiras para a área, o manejo incorreto dos animais, a má formação inicial do pasto, e problemas relacionados a pragas, doenças e plantas invasoras. Portanto, para mitigar essa situação, é fundamental adotar uma abordagem integrada que leve em conta todos esses elementos e promova práticas de manejo mais sustentáveis.

Figura 7. Dinâmica da pastagem e degradação da cobertura natural no solo da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim em 2010 e 2015.



Fonte: ANA (2017) e Mapbiomas (2024), elaborado pela Autora, 2025.

A Figura 8 apresentou uma análise multitemporal da dinâmica da pastagem e da degradação da cobertura natural na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim, enfatizando os anos de 2020 e 2023. Essa comparação ofereceu uma visão abrangente das mudanças na qualidade das pastagens e no uso do solo ao longo desse período recente.

Em 2020, os mapas de qualidade da pastagem ainda refletiam a tendência de degradação observada anteriormente. As áreas de pastagem continuavam a se expandir, fazendo com que as pastagens de qualidade média e alta mostrassem uma evolução significativa.

Para Coelho (2023) a legislação ambiental brasileira foca principalmente na proteção da floresta primária, priorizando a prevenção da sua perda, mas negligencia o potencial da restauração da paisagem e da conectividade florestal. Esses fatores são

cruciais para a conservação da biodiversidade e para a manutenção do ecossistema, conforme destacado por Chazdon et al. (2020). Além disso, enfatizam que a proteção e a expansão das áreas de floresta secundária, juntamente com a preservação dos remanescentes de floresta primária, são estratégias essenciais para mitigar as mudanças climáticas, de acordo com Heinrich et al. (2021). Assim, sugerem que uma abordagem mais abrangente e integrada é necessária para a conservação ambiental no Brasil.

O mapa de uso do solo de 2020 indica que, apesar da presença de vegetação primária, esta continua a ser afetada pela conversão para pastagens e outras atividades agropecuárias. O desmatamento da vegetação primária permanece elevado, evidenciando uma pressão constante sobre os ecossistemas naturais. A vegetação secundária, embora ainda presente, também mostra sinais de redução, o que sugere que áreas que poderiam potencialmente se regenerar estão sendo degradadas ou desmatadas.

Conforme Rodrigues et al. (2021) e Silva et al. (2023) destacam a importância do cerrado como um dos principais biomas do Maranhão, caracterizado por sua rica biodiversidade e potencial para a expansão agrícola. No entanto, eles alertam que a presença de vegetação secundária, que substitui a vegetação primária, é comum nessas áreas.

Ao analisar os dados de 2023, observou-se uma dinâmica contínua da degradação. As áreas de pastagem se tornaram ainda mais predominantes, refletindo um padrão de uso do solo altamente intenso. O desmatamento da vegetação primária alcançou um nível alto em relação aos últimos anos, evidenciando que as áreas florestais estavam sendo constantemente convertidas para outros usos antrópicos. A vegetação secundária, que já apresentava uma tendência de aumento, continua apresentando processo de regeneração.

De acordo com Alves (2023) o Cerrado, o segundo maior bioma do Brasil, está integrado à lógica do agronegócio, onde suas terras são cada vez mais exploradas para o cultivo extensivo e a exportação. Essa exploração intensa leva ao desmatamento da vegetação nativa, que é convertida em pastagens e áreas agrícolas. O autor enfatiza os impactos negativos dessa prática, que ameaçam a biodiversidade e a saúde do bioma.

Além disso, a qualidade das pastagens em 2023 mostrou uma relação direta com a degradação encontrada na área da bacia hidrográfica. O aumento das pastagens indicando que as práticas de manejo inadequadas podem estar sendo levadas a um ciclo de redução da vegetação.

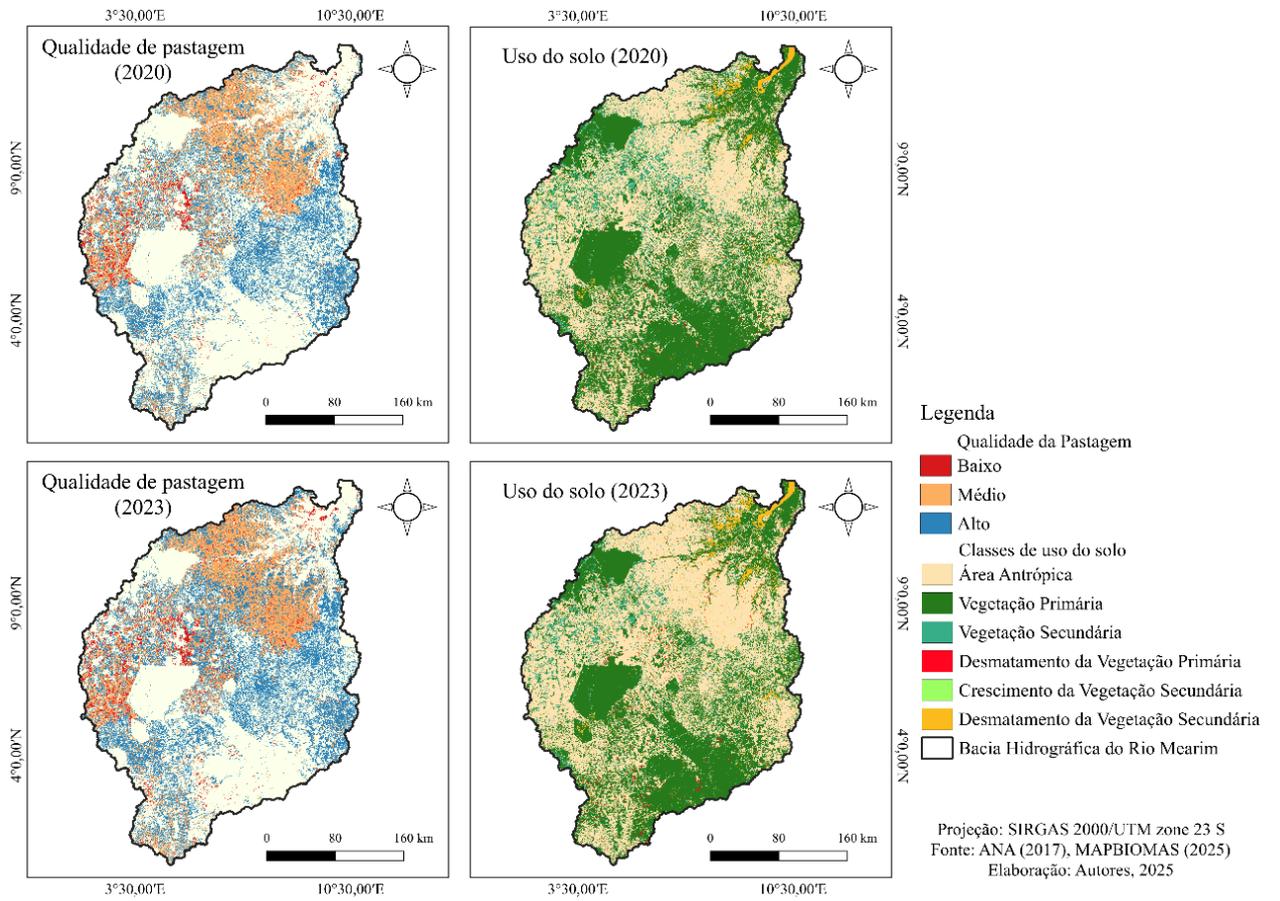
Medeiros e Santos (2023) afirmaram que a ocupação humana no Maranhão impulsionou o aumento de pastagens e lavouras de soja e eucalipto, especialmente no

centro do estado, avançando em direção à Amazônia. Essa expansão gerou pressão sobre os recursos hídricos, resultando em níveis de qualidade da água que estavam abaixo do que era considerado aceitável pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Destacaram os impactos negativos da exploração agrícola, sugerindo ainda medidas como revitalização das matas ciliares, manter terras indígenas, aplicar leis contra desmatamentos e preservar nascentes são ações para proteger os recursos hídricos, restaurar ecossistemas e garantir acesso sustentável à água.

Nesse contexto, a Figura 8 evidencia o comportamento da degradação na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim entre 2020 e 2023. A análise corrobora para a necessidade de implementação de conservação visando a proteção do conjunto de ecossistemas locais e a promoção e recuperação das áreas outrora degradadas. Sem intervenções eficazes, a degradação contínua pode acarretar em consequências severas não apenas para a sustentabilidade da pecuária, mas também para a integridade ambiental da região.

Santos (2022) sugere que é fundamental respeitar as áreas de preservação permanente e as Unidades de Conservação, além de adotar práticas de pastagem intensiva. Essas práticas podem aumentar a produtividade por hectare e melhorar o rendimento da carne durante o processo de engorda dos animais. O manejo rotacionado, que envolve a alternância de pastagens para permitir a recuperação do solo, é recomendado para garantir lucros e promover a sustentabilidade ambiental. Assim, visando equilibrar a produção agrícola com a conservação dos recursos naturais.

Figura 8. Dinâmica da pastagem e degradação da cobertura natural no solo da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim em 2020 e 2023



Fonte: ANA (2017) e Mapbiomas (2024), elaborado pela Autora, 2025.

6. CONCLUSÃO

Os resultados indicaram uma perda significativa de vegetação primária, reduzindo-se de 5.904.980 hectares em 2000 para 3.817.681 hectares em 2023, enquanto a vegetação secundária, que poderia atuar na regeneração, apresentou crescimento até 2020, mas reduziu-se para 669.324 hectares em 2023.

A análise da qualidade da pastagem revelou que 45,04% das áreas possuem qualidade alta, 45,11% são de qualidade média e 9,83% apresentam qualidade baixa representando uma degradação significativa dessa pastagem. A produtividade variou de ≥ 30 t/ha em 433.883 hectares a apenas 5–10 t/ha em 637 hectares, evidenciando possivelmente o impacto da exaustão do solo. Além disso, áreas de pastagem com mais de 30 anos aumentaram para 1.545.263 hectares, enquanto pastagens mais jovens (<5 anos) diminuíram para 480.885 hectares, indicando uma estabilização dessas áreas de pastagem de maneira progressiva na área da bacia.

A metodologia demonstrou-se eficaz na identificação das mudanças no uso do solo e das áreas prioritárias para recuperação. Os dados apontaram a necessidade de práticas conservacionistas, como a rotação de pastagens, adubação estratégica e reflorestamento de áreas degradadas, além de políticas públicas voltadas à sustentabilidade agropecuária. O monitoramento contínuo via sensoriamento remoto é essencial para embasar estratégias de manejo e garantir a preservação ambiental e a produtividade pecuária na região.

Diante desse cenário, recomenda-se a implementação de práticas de manejo sustentável, como rotação de pastagens e recuperação de áreas degradadas, aliadas à preservação das áreas de vegetação nativa. Medidas que promovam a educação ambiental e o envolvimento das comunidades locais são fundamentais para garantir a proteção dos recursos naturais e a viabilidade econômica das atividades agropecuárias.

Assim, a pesquisa contribui para o entendimento da vulnerabilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim e destaca a importância de ações integradas que visem à recuperação e conservação dos ecossistemas, assegurando um futuro sustentável para a região.

REFERÊNCIAS

ALAM, A.; BHAT, M. S.; MAHEEN, M. Using Landsat satellite data for assessing the land use and land cover change in Kashmir valley. **GeoJournal**, v. 85, n. 6, p. 1529–1543, 2020.

ALMEIDA, I. P., FERNANDES, A., PARREIRA, W. D., OLIVEIRA, M. F., GUCKERT, K. S., COELHO, D. K. Identificação de Solo Exposto e Cupinzeiros em Pastagens Utilizando Deep Learning. **Anais do Computer on the Beach**, v. 15, p. 346-348, 2024.

ALMEIDA, J. L.; SILVA, V. A. R.; SANTOS, J. S.; SANTOS, J. R. N.; ARAÚJO, M. L. S. de; PYLES, M. V.; SILVA, F. B. O cenário de fragilidade ambiental do baixo curso do Rio Mearim. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, p. 102-120, 2020.

ALVES, E. A. C., SAMPAIO, P. V., DE SOUZA LEMOS, L., PASSOS, M. M. Degradação dos solos: Impactos ambientais e metodologias de análise. **Revista Territorium Terram**, v. 6, n. 8, 2023.

ALVES, R. E. A relação entre agricultura, degradação do solo e tempestades de areia. **Revista Ayika**, v. 1, n. 1, p. 50-66, 2021.

ALVES, V. F. **Distribuição espacial da vegetação nativa do cerrado no município de Uberlândia: contribuição crítica**. 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

ARAÚJO-PINTO, L. A. Transformação de paisagens e estruturação produtiva primária do Maranhão (1985-2020). **Revista de Economia Regional, Urbana e do Trabalho**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 22–51, 2023. DOI: 10.21680/2316-5235.2023v12n1ID29366. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/rerut/article/view/29366>. Acesso em: 31 jan. 2025.

BALIN, D. L., MARTINS, L. P. Sistematização de Experiência na Pecuária: O Pastoreio Rotativo como Manejo Sustentável no Pampa Sul-Americano. **Geographia Opportuno Tempore**, v. 9, n. 2, p. e48842-e48842, 2023.

BELOTTI, F. M.; SOUSA, T. E. S. Qualidade do solo e implicações nos fluxos hídricos em São Gonçalo do Rio Abaixo (MG). **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.8, p.215-223, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.008.0017>

BOAVENTURA, K. J; CUNHA, E. L; SILVA, S. D. Recuperação de áreas Degradadas no Brasil: conceito, História e perspectivas. **Tecnia**, v.4, n.1, 2019.

CAMPOLIN, A.I.; FEIDEN, A. GALVANI, F. A interação ser humano - Natureza. Corumbá: Embrapa Pantanal. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/ADM121.2007>.

CAPOANE, V., CARVALHAL, H. D. O. D. Mudanças na cobertura e no uso da terra na bacia hidrográfica do córrego Ceroula no período entre 1985 e 2021. **Revista Pantaneira**, v. 23, p. 01-18, 2024.

CARNEIRO, A. M. L. **Bioindicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais, mata nativa e área de pastagem**. 2022. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) -- Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2023.

CHAZDON, R. L.; LINDENMAYER, D.; GUARIGUATA, M. R.; CROUZEILLES, R.; BENAYAS, J. M. R.; CHAVERO, E. L. Corrigendum: Fostering natural forest regeneration on former agricultural land through economic and policy interventions *Environmental Research Letters*, v. 15, 099501, 2020.

CHERUBIN, M. R., MAIA, S. M. F., DAMIAN, J. M., CERRI, C. E. P. Matéria orgânica do solo em áreas de pastagens no Brasil. **Bettiol W, Silva CA, Cerri CEP, Martin-Neto L, Andrade CA (Org) entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. 1ed. Brasília: DF: Embrapa, p. 601-625, 2023.

COELHO, H. A. **Monitoramento da regeneração da vegetação de áreas desmatadas embargadas no bioma Amazônia por meio da análise de imagens multitemporais**. 2023. 84 f. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas e Geodinâmica) — Universidade de Brasília, Brasília, 2023.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA. **Bacia do Mearim é a maior do Maranhão**. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/noticias/2014/bacia-do-mearim-e-a-maior-do-maranhao#:~:text=A%20bacia%20hidrogr%C3%A1fica%20do%20rio,Brasileiro%20de%20Geografia%20e%20Estat%C3%ADstica%20> (. Acesso em: 30 jan. 2025).

CONCEIÇÃO, J. M.; SOUSA, R. S.; CARVALHO, M. F. M. Dinâmica de uso e cobertura da terra do município de Buriti dos Lopes, Piauí, Brasil (1985-2020). **Ciência Geográfica**, ano 27, v. 27, n. 3, 2023.

COSTA, N. D. L., TOWNSEND, C. R., MAGALHÃES, J. A., PAULINO, V. T., RODRIGUES, A. N. A. Produtividade de pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobressemeadas com *Desmodium ovalifolium* CIAT-350. **PUBVET**, v. 9, n. 9, p.400- 404, 2015.

COSTA, T. C., SILVA MARTINS, J. T., DA SILVA, P. D. S. C., LEÃO, J. J. B., DO MORAES GATTI, V. C., SILVA, M. O., SILVA, P. A. Inovações tecnológicas no manejo da pastagem e do pastejo frente às perspectivas de mudanças climáticas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e28211426472-e28211426472, 2022.

DIAS, F. G; LIMA, A. M. M. As mudanças de cobertura da terra em bacia hidrográfica sob pressão dos sistemas de uso e ocupação do território na Amazônia Oriental. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 7, n. 20, p. e202105, 28 Mar 2021.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnósticos das pastagens no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2014. 36 p. (Série Documentos. 402).

FAO, 2020. **Land statistics: global, regional and country trends, 1961-2018**. Disponível em: <http://www.fao.org/economic/ess/environment/data/landuse-and-land-cover/en/>. Acesso em: 16 dez. 2024.

FARIA, T. G. L. **Uso do sensoriamento remoto para determinação dos níveis de degradação de do solo com pastagens.** 2020.

FERREIRA, A. B. R., PEREIRA, G., FONSECA, B. M., SILVA C, F. As mudanças no uso e cobertura da terra na região oeste da Bahia a partir da expansão agrícola. **Formação (Online)**, v. 28, n. 53, 2021.

FRANÇA, E., RODRIGUES, E. L. A., LOPES, T. F.; PEREIRA, E. Crédito rural para melhoria da produtividade na pecuária: estudo de caso para reforma de pastagem no Mato Grosso. In: **CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 60., 2022, Natal. Anais.** Natal: UFRN, 2022. DOI: 10.29327/sober2022.486622. Disponível em: www.even3.com.br/Anais/sober2022/486622-CREDITO-RURAL-PARA-MELHORIA-DA-PRODUTIVIDADE-NA-PECUARIA--ESTUDO-DE-CASO-PARA-REFORMA-DE-PASTAGEM-NO-MATO-GROSSO. Acesso em: 7 jul. 2023.

FRANCISCO, A. B. Mudanças na cobertura da terra e perdas de solo entre 2009 e 2018 na bacia do Ribeirão da Confusão em Rancharia-SP. **Revista Geociências-UNG-Ser**, v. 21, n. 1, p. 26-35, 2022.

FREIRE, A.T.G., MENDES, J.J., BRITO, F.S., SILVA JUNIOR, C.H.L., NETO, R.N.L., 2014. **O ambiente geológico-pedológico das Planícies Inundáveis do Maranhão e sua fragilidade às ações antrópicas.** COPEC, Cubatão. (Proceedings of Safety, Health And Environment World Congress, 14).

FREITAS, M. S.; NETO, J. B. F.; TAVARES, K. S. R. Análise Temporal das Mudanças do Uso e Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica do Córrego Água Limpa em São João Del Rei - MG. In: **Workshop Internacional sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas**, 8, 2021, Goiânia. Anais... Goiânia, 2021.

G. A., SILVA, T. B., VILAR, F. C. R., DE SOUSA JUNIOR, A. D. O., LOBATO, L. M., LOBATO, G. M., SILVA, R. F. Qualidade do solo em sistemas de produção de hortaliças orgânico e convencional no norte Maranhense. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 5, n. 6, p. e565164-e565164, 2024.

GAROFOLLO, L., RODRIGUEZ, D. A. Impacto observado das mudanças no uso e cobertura da terra na hidrologia de bacias com ênfase em regiões tropicais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 42, 2022.

GIGANTE, L.A.; ZAVALA, A.; PEREIRA, B.D; SILVA, G.R.; OYAMADA, G.C. Um estudo da similaridade das queimadas entre municípios no estado de Mato Grosso. In: **Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 45, Anais.** Londrina, Paraná, Brasil. 2007.

GOMEZ, J. A. C.; LÓPEZ, G. M. A.; NIETO, G. M. Soil Quality Assessment in Organic and Conventional Farming: A Review. **Agronomy**, v. 8, n. 8, p. 137, 2019.

GUSMÃO, L. H. A., LOBO, M. A. A., TOURINHO, H. L. Z. Mudança do Uso e da Cobertura da Terra e Hemerobia das Paisagens: o caso da Região Geográfica Imediata de Belém-Pará (1985-2018). **Geografia (Londrina)**, v. 30, n. 2, p. 169-189, 2021.

HEINRICH, V. H. A.; DALAGNOL, R.; CASSOL, H. L. G.; ROSAN, T. M.; ALMEIDA, C. T.; SILVA JÚNIOR, C. H. L.; CAMPANHARO, W. A.; HOUSE, J. I.; SITCH, S.; HALES, T. C.; ADAMI, M.; ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. C. Large carbon sink potential of secondary forests in the Brazilian Amazon to mitigate climate change. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, 1785, 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. **Pesquisa da Pecuária Municipal**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em: 15 dez. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas do Estado do Maranhão**. Censo 2010. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma.html> > Acesso em: 29/12/2024.

JUNIOR, L. A. L. O., SOUZA FILHO, J. S., ALVES, A., FERREIRA, B., SIQUEIRA, J. V., FONSECA, A. V. G., SOUZA, C. Vegetação secundária na Amazônia: Atualização da série histórica em diferentes recortes territoriais. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto 2 a 5 de abril de 2023**. Número de série: 978-65-89159-04-9. INPE - Florianópolis-SC, Brasil.

LAHASSE, L. dos S.; NASCIMENTO, T. A. Evolução das práticas de manejo de pastagens no interior de Rondônia: Uma análise histórica e técnica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 10, n. 11, p. 513–529, 2024. DOI: 10.51891/rease.v10i11.16992. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/16992>. Acesso em: 30 jan. 2025.

LEANDRO, G. R. D. S., ROCHA, P. C. Expansão agropecuária e degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Sepotuba-Alto Paraguai, Mato Grosso-Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 31, p. e45603, 2019.

LIMA, T. P., JESUS FRANÇA, L. C., FERRAZ, F. T., SILVA, J. B. L., FERREIRA, M. E., SILVA, A. R., PAIVA SILVA, D. Correlação entre as transformações da cobertura e uso da terra com variáveis climáticas e ambientais na região do Matopiba, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 43, p. e202077-e202077, 2023.

MACHADO, L.N., LOSS, A., BACIC, I.L.Z., DORTZBACH, D., LALANE, H.C. Avaliação do potencial agrícola e conflitos de uso das terras na microbacia Lajeado Pessegueiro, Santa Catarina. **Revista de Ciências Agroveterinárias** 3, 308-323, 2017.

MAPBIOMAS. **Uso e Cobertura do solo**. 2020. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 20 dez. 2024.

MARTINEZ, C.; SALAM, M. U.; GONZALEZ, L. M.; PRADO, R. Evaluation of soil quality and land use change in Mediterranean agroecosystems. **Land Degradation & Development**, v. 32, n. 5, p. 1880- 1893, 2021.

MARTINS, A. L. L.; LEÃO, E. U.; VIEIRA PACHECO SANT'ANA, E.; REGINA ARCHANGELO, E.; ZANI DA SILVA, R.; SILVA ROCHA, W. Estimativa de degradação de pastagens utilizando o “método da corda” em Torno de Palmas – TO. **AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES**, v. 9, n. 2, p. 7, 20 out. 2023.

MARTINS, M. L. G. **A adoção de sistemas integrados na recuperação de pastagens degradadas e a promoção de uma pecuária sustentável.** 2023. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde. 32 f.

MEDEIROS, R. B.; SANTOS, L. C. A. Water quality, land use and land cover: subsidies for water resources management in the Pindaré river watershed, Maranhão - Brazil. **Água y Territorio / Water and Landscape**, [S. l.], n. 24, p. e7864, 2024. DOI: 10.17561/at.24.7864. Disponível em: <https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/atma/article/view/7864>. Acesso em: 1 feb. 2025.

MELLO, A. C. L., ANGULO, A. M. H., SILVA, P. H. F., VOLTOLINI, T. V. **Manejo de pastagens e capineiras.** 2023.

MELLO, F. W. P. J.; PESSOA, F. C. L.; SANTANA, L. R. Regionalização de vazões mínimas da bacia hidrográfica do Rio Mearim no estado do Maranhão. **Research, Society and Development**, v.9, n.6, e114962651-e114962651, (2020).

MELO, K. F. **Análise da dinâmica do desmatamento e regeneração da vegetação natural na bacia hidrográfica do rio Itapecuru, Maranhão.** 2022. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Maranhão, Coordenação de Engenharia Agrícola, Chapadinha, 2022.

MENDES, B. R.; MEIRELLES, M. S. P.; BENITES, V. de M.; COSTA, R. O. O potencial da recuperação de pastagens degradadas no Cerrado do MATOPIBA. **Caderno Pedagógico**, [S. l.], v. 21, n. 12, p. e11171, 2024. DOI: 10.54033/cadpedv21n12-226. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/11171>. Acesso em: 31 jan. 2025.

MENDES, D. V., ROCHA, F. R. T., RAMOS, J. G., VIANA, M. M., FERREIRA, M. A. S., DE SOUZA, V.G, SILVA, R. M. Tecnologias e práticas intensivas rumo a uma produção eficiente e sustentável. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 22, n. 5, p. e4534-e4534, 2024.

MORAES, J. A. T., & CAVICHIOLLI, F. A. Recuperação de solo com o Sistema Agrofloresta. **Revista Interface Tecnológica**, v. 19, n. 2, p. 597-607, 2022.

MOREIRA, N. A. P., CASTEJON, E. F., REIS, M. S., DUTRA, L. V., KÖRTING, T. S. **Sistema de detecção de mudanças na cobertura da terra utilizando generalização de amostras e mapeamento subpixel.** 2023.

MOUZINHO, J. S. N; GIOCONDO, J. F. S.; AGUIAR, T. S. N. S. Recuperação de pastagens degradadas na Amazônia no sistema agrosilvilpastoril. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 8, n. 10, p. 4698–4710, 2022. DOI: 10.51891/rease.v8i10.7779. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/7779>. Acesso em: 30 jan. 2025.

NASCIMENTO, W., SANTIAGO, S. M., SCHULER, L. F. D. S. O., SACRAMENTA, D. M. O., PORTO, L. A. S. Análise socioambiental do uso e cobertura da terra no município de Itamarati-AM. **Revista Presença Geográfica**, v. 11, n. 2, p. 65-84, 2024.

NAVARRO, R., MARTELÓCIO, A. C., SEVILHA, R., BIDO, G., MANNIGEL, A. Manejo do solo para o sistema de cultivo do café no Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 38, 2021.

PEREIRA, P. B., NUNES, H. K., ARAÚJO, F. D. A. Análise multitemporal de uso, ocupação e cobertura da terra na zona Leste da cidade de Caxias/Maranhão/Brasil. **Rev Bras Geogr Física**, v. 14, p. 1415-28, 2021.

ROCHA, M. B.; SILVA, S. M. P. MAPEAMENTO E ANÁLISE DE CONFLITOS NO USO DA TERRA, SEUS IMPACTOS E A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUAJIRU (RN). **GEOFRONTER**, [S. l.], v. 10, p. e8621, 2024. DOI: 10.61389/geofronter.v10.8621. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/GEOF/article/view/8621>. Acesso em: 31 jan. 2025.

RODRIGUES, S. L., GOMES, J. M. A., CERQUEIRA, E. B. Dinâmica do uso e cobertura da terra nos municípios produtores da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) no Maranhão. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 60, 2022.

SAHAAR, S.A.; NIEMANN, J.D. Impact of regional characteristics on the estimation of root-zone soil moisture from the evaporative index or evaporative fraction. **Agricultural Water Management** 238: 1-17. 2020.

SANTOS CAITANO, T. B., HOMMA, A. K. O., DOS SANTOS, M. A. S., BRASIL, E. C., BELTRÃO, N. E. S. Perfil tecnológico da pecuária bovina paraense e os desafios da sustentabilidade das pastagens. **COLOQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 20, n. 4, out./dez., p. 253-277, 2023.

SANTOS, G. G.; OLINDA, D. R.; ARAÚJO, G. B.; NERIS, J. P. F.; CARMO, G. R. M. do; SILVA, A. E.; ARAÚJO, B. M. N.; SILVA, J. C. P.; SILVA, W. L. G.; ALVES, R. E. A. Análise multitemporal do uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Itá, Nordeste Paraense. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, [S. l.], v. 22, n. 10, p. e7422, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n10-225. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/7422>. Acesso em: 30 jan. 2025.

SANTOS, J. P. O.; ABREU, K. G.; ARAÚJO, J. R. E. S.; SOUSA, V. F. O.; MACÊDO, M. L. A.; TORRES, E. N. Pressões antrópicas em Floresta Tropical Sazonalmente Seca em área suscetível a desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 1-14, 2023. DOI: 10.17765/2176-9168.2023v16n3e10535. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/10535>. Acesso em: 31 jan. 2025.

SANTOS, M. M. M. **Vulnerabilidade socioambiental na evolução temporal do uso do solo da bacia hidrográfica do rio Pindaré-MA**. 2023. 110 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Jaboticabal, 2023.

SANTOS, M. M. M.; MENDONCA, G. C.; OLIVEIRA, L. C. M.; PISSARRA, T. C. T. Uso e ocupação do solo no estado do Maranhão nos anos 2000 e 2016. In: **Iv Cointer Pdvagro**, 2019, Recife. IV COINTER, 2019.

SANTOS, P. S., DOS SANTOS, M. E. D. G., SANTOS, R. Uso e ocupação do solo: Reflexão sobre impacto ambiental. **Agri-environmental sciences**, v. 7, n. 1, p. 10-10, 2021.

SIDHU, N.; PEBESMA, E.; CÂMARA, G. Using google earth engine to detect land cover change: Singapore as a use case. *European Journal Of Remote Sensing*, 51(1), 486-500, 2018.

SILVA JANSEN, L. N., FARIAS FILHO, M. S., CAMPOS, M. C. C. Potencial Agrícola e Usos dos Solos na Microrregião de Caxias-Maranhão–Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 04, p. 2069-2082, 2023.

SILVA, A. R.; BERTOLINO, M. E. P.; ZANINI, A. F.; MOURÃO, A. C. de A. Análise da qualidade ambiental e uso e cobertura da terra em escala espaço-temporal em sub-bacias hidrográficas do Rio Tocantins, Maranhão. **XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos** (ISSN 2318-0358) 2023.

SOUSA, J. H. S., DO NASCIMENTO RIBEIRO, G., FRANCISCO, P. R. M., DO NASCIMENTO, A. A., ALVES, J. I. P., CAVALCANTI, M. Classificação e mapeamento do uso e cobertura das terras da bacia hidrográfica do rio Taperoá-PB utilizando o Google Earth Engine. **Revista Geama**, v. 9, n. 2, p. 44-52, 2023.

SOUSA, M. F. F.; MOREIRA, A. N. H.; CIAPPINA, A. L. Avaliação de degradação de pastagens com o uso de sensoriamento remoto e índices de vegetação. **ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, v. 19, n. 39, 2022.

SOUZA JR, C. M., OLIVEIRA, L. A., DE SOUZA FILHO, J. S., FERREIRA, B. G., FONSECA, A. V., SIQUEIRA, J. V. Landsat sub-pixel land cover dynamics in the Brazilian Amazon. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 6, p. 1294552, 2023.

SOUZA, F. C.; CARVALHO, U. S.; SANTOS JÚNIOR, S. M. S.; CAMPOS, J. R. P.; ALMEIDA JR., E. B. Caracterização estrutural da vegetação lenhosa em um fragmento urbano na ilha do maranhão. **38º Reunião Nordestina de Botânica**, 2024.

SOUZA, J. D. C. B. D., MELO, S., SOUSA, M., ALVARADO, S. T. Mudança de uso e cobertura da terra na região de planejamento do Baixo Munim (Maranhão) entre os anos de 1985 e 2019. **Caderno de Geografia**, v. 33, n. 72, p. 2318-2962.2023, 2023.

SOUZA, S. D. G.; SOUSA, M. L. M. Efeitos ambientais da modernização agrícola no Brasil: o avanço da agricultura e pastagem nos biomas brasileiros. **Revista Geografias**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 63–76, 2022. DOI: 10.35699/2237-549X.2022.38549. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/38549>. Acesso em: 31 jan. 2025.

TORQUATO, B; FERREIRA, M. **4 técnicas de recuperação da degradação do meio ambiente**. T&D Sustentável, 2021.