



ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARATAOAN, PIAUÍ, BRASIL, NOS ANOS DE 1985, 2024 e 2023

Spatiotemporal analysis of land use and land cover in the Marataoan river basin, Piauí, Brazil, in the years 1985, 2024, and 2023

Análisis espacio-temporal del uso del suelo y la cobertura del suelo en la cuenca del río Marataoan, Piauí, Brasil, en los años 1985, 2024 y 2023

 <https://doi.org/10.35701/rcgs.v27.1133>

Wallyson de Sousa Alvarenga¹

Cláudia Maria Sabóia de Aquino²

Histórico do Artigo:

Recebido em 13 de maio de 2025

Aceito em 23 de dezembro de 2025


Publicado em 29 de dezembro de 2025

RESUMO

O avanço da agropecuária e a expansão do espaço urbano têm provocado grandes transformações na paisagem, resultando em significativas mudanças ambientais. Essas alterações são mais perceptíveis ao observar a cobertura vegetal. Com o crescimento das atividades agropecuárias, vastas áreas de vegetação nativa têm sido substituídas por pastagens e cultivos agrícolas. Dessa forma, o presente trabalho buscou reconhecer a dinâmica da relação sociedade/natureza expressa na paisagem por meio do mosaico de uso e cobertura da terra. Tem como objetivo analisar a dinâmica de uso e cobertura da terra da bacia do rio Marataoan entre os anos de 1985 e 2023. A metodologia adotada possui natureza mista, combinando levantamento bibliográfico, técnicas de geoprocessamento e trabalho de campo. Os dados foram obtidos por meio do projeto MapBiomias, sendo posteriormente trabalhados em ambiente SIG, além da aplicação de técnicas matemáticas para análise geoestatística. Os resultados das análises apontaram para a ocorrência de significativas modificações no uso e cobertura da bacia do Marataoan, indicando grande supressão da área de formação savânica, com redução de 37,4%, e um aumento considerável das áreas de pastagem, expandindo 515,4% em relação ao ano de 1985. Isso aponta para uma forte correlação entre a expansão de pastagem e a perda da cobertura da savana. Conclui-se que os dados do MapBiomias são bastante confiáveis; associados à validação em campo, permitiram a verificação de profundas modificações no uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Marataoan.

Palavras- chave: Uso e cobertura da terra. Bacia hidrográfica. Formação Savânica.

¹ Mestrado em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Email: wallyson.sa@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-0473-5592>

² Professora Associada IV da graduação e Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Email: cmsaboia@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3350-7452>

ABSTRACT

The advance of agriculture and the expansion of urban space have caused major transformations in the landscape, resulting in significant environmental changes. These changes are more noticeable when observing the vegetation cover. With the growth of agricultural activities, vast areas of native vegetation have been replaced by pastures and agricultural crops. Thus, the present work sought to recognize the dynamics of the society/nature relationship expressed in the landscape through the mosaic of land use and land cover. It aims to analyze the dynamics of land use and land cover in the Marataoan River basin between the years 1985 and 2023. The methodology adopted has a mixed nature, combining bibliographic survey, geoprocessing techniques and fieldwork. The data were obtained through the MapBiomias project, and were later worked on in a GIS environment, in addition to the application of mathematical techniques for geostatistical analysis. The results of the analyses pointed to the occurrence of significant changes in the use and cover of the Marataoan basin, indicating a great suppression of the savanna formation area, with a reduction of 37.4%, and a considerable increase in pasture areas, expanding 515.4% in relation to 1985. This points to a strong correlation between pasture expansion and the loss of savannah cover. It is concluded that the MapBiomias data are quite reliable; associated with field validation, allowed the verification of profound changes in land use and land cover in the Marataoan River basin.

Keywords: Land use and cover. Watershed. Savannah Formation.

RESUMEN

El avance de la agricultura y la expansión del espacio urbano han provocado grandes transformaciones en el paisaje, dando lugar a importantes cambios ambientales. Estos cambios son más notorios al observar la cobertura vegetal. Con el crecimiento de las actividades agrícolas, vastas áreas de vegetación nativa han sido reemplazadas por pastizales y cultivos agrícolas. Así, el presente trabajo buscó reconocer la dinámica de la relación sociedad/naturaleza expresada en el paisaje a través del mosaico de uso del suelo y cobertura del suelo. Tiene como objetivo analizar la dinámica del uso del suelo y la cobertura del suelo en la cuenca del río Marataoan entre los años 1985 y 2023. La metodología adoptada tiene un carácter mixto, combinando técnicas de relevamiento bibliográfico, geoprocetamiento y trabajo de campo. Los datos se obtuvieron a través del proyecto MapBiomias, y posteriormente se trabajaron en un entorno SIG, además de la aplicación de técnicas matemáticas para el análisis geostatístico. Los resultados de los análisis apuntaron a la ocurrencia de cambios significativos en el uso y cobertura de la cuenca del Marataoan, indicando una gran supresión del área de formación de sabana, con una reducción del 37,4%, y un aumento considerable de las áreas de pastizales, expandiéndose un 515,4% en relación a 1985. Esto apunta a una fuerte correlación entre la expansión de los pastizales y la pérdida de cobertura de sabana. Se concluye que los datos de MapBiomias son bastante confiables; asociados a la validación de campo, permitieron constatar cambios profundos en el uso del suelo y la cobertura del suelo en la cuenca del río Marataoan.

Palabras clave: Uso del suelo y cobertura del suelo; Cuenca hidrográfica; Formación savannah.

INTRODUÇÃO

O levantamento do uso e cobertura da terra é um importante indicativo do grau de antropização do meio ambiente, aparecendo como estratégia de reconhecimento das principais atividades desenvolvidas e modo como afetam a paisagem de um território. Os dados de uso e cobertura se apresentam como uma ferramenta de monitoramento, subsidiando planejamento e ações de preservação de recursos vegetais e hídricos.

Dessa maneira, e entendendo que o uso e cobertura da terra são uma expressão que permite inferir sobre a dinâmica envolvendo sociedade e natureza, o presente trabalho realizou uma análise espaço-temporal das principais atividades econômicas desenvolvidas e a maneira como estas

afetaram a vegetação, entre os anos de 1985 e 2023, tendo como recorte espacial a bacia hidrográfica do Rio Marataoan, localizada no Centro-Norte piauiense.

As paisagens são, em sua maioria, amplamente remodeladas pela exploração antrópica, e a vegetação é o elemento da natureza que melhor expõe a atuação da sociedade e seu nível de interferência no sistema natural, aparecendo como uma síntese do meio ambiente (Bertrand, 2004).

A escolha do recorte espacial, delimitado pelos limites de uma bacia hidrográfica, é sustentada pelo entendimento de que essa unidade territorial permite analisar, de maneira sistêmica, fatores e relações ambientais, econômicas e sociais (Carvalho, 2020). Para isso, considera-se o conceito de bacia hidrográfica apresentado por Garcez (1999), que afirma serem esses locais representados por uma área topograficamente fechada de forma que toda a vazão seja direcionada para um único ponto. Assim, permite inferir que transformações dos elementos naturais que a compõe podem desencadear consequências por todo seu território e, por esse motivo, deve ser vista como uma unidade básica para o planejamento e gestão ambiental (BRASIL, 1997; CONAMA, 1986).

O reconhecimento do uso e cobertura da terra contribui para o levantamento de impacto ambiental, contabilizando o patrimônio natural remanescente e permitindo monitorar as mudanças, tanto positivas como negativas, especialmente ligadas à perda de biodiversidade associadas às ações antrópicas, resultantes do aumento do índice de urbanização e transformações rurais (IBGE, 2013). Com uma visão similar, Vibrans *et al.* (2021), bem como Galina, Ilha e Pagotto (2022), apontam que o mapeamento da cobertura natural e das formas de uso de um território oferece informações importantes para a gestão territorial, podendo contribuir para o desenvolvimento econômico e social, planejamento e proteção dos recursos naturais.

Martins e Galvani (2020), em seu estudo sobre bacia hidrográfica, consideram que o uso e cobertura da terra é regulador do ciclo hidrológico e no processo de evapotranspiração, estando suas mudanças diretamente relacionadas às modificações no saldo de radiação, influenciando também processo de infiltração, escoamento e armazenamento da água no solo.

Vargas *et al.* (2022) utilizaram dados de uso e cobertura da terra como critério para a análise da vulnerabilidade intrínseca das águas subterrâneas de bacia hidrográfica, buscando indicar áreas mais ou menos propícias para ocupação, visando resguardar as reservas subterrâneas de água do comprometimento gerados por intervenções antrópicas.

O estudo do uso e cobertura da terra está relacionada à distribuição geográfica dos tipos de uso e padrões homogêneos da cobertura da terra; requerendo pesquisas de gabinete, campo e cruzamento e interpretações dos dados levantados, resultando na classificação e espacialização de sua dinâmica (IBGE, 2013).

A importância do estudo e monitoramento das mudanças espaciais do uso e cobertura se dá pelo papel desempenhado pela cobertura natural e por permitir acompanhar os impactos de sua retirada. Nobre e Garcia (2010) argumentam que uso/cobertura são elementos determinantes na configuração da ecodinâmica, direcionando à instabilidade ou estabilidade de uma região. Nesse sentido, pode-se afirmar que a maneira como o homem ocupa o espaço pode ter como resultado a determinação social da morfogênese (Girão; Rabelo; Zanella, 2018). Os mesmos autores afirmam que a ocorrência do uso e ocupação inadequada provoca a intensificação da fragilidade físico-natural, tomando como exemplo áreas de elevação que, quando ocupadas de maneira imprópria, geram riscos geomorfológicos.

Segundo Miranda *et al.* (2018), o uso da terra associado ao manejo inadequado do solo e dos recursos florestais tem grande responsabilidade na degradação ambiental e, por esse motivo, estudos que busquem compreender as características da vegetação e a dinâmica do uso da terra são de grande relevância para a compreensão do ritmo das transformações e das consequências para determinadas áreas.

Ampliando a discussão, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013) aponta que o uso e cobertura abrem espaço para pensar as questões ambientais e sociais emergentes, conectando-se ao conceito de justiça ambiental. Representa também valioso instrumento na construção de indicadores para avaliação da capacidade de suporte do ambiente, colaborando para a busca de alternativas de desenvolvimento ambientalmente mais sustentáveis e, motivado por isso, Crepani *et al.* (2001) e Ross (1993) adicionam as características da cobertura da terra como critério para a avaliação das condições de fragilidade/vulnerabilidade de um ambiente.

Para Crepani *et al.* (2001), a densidade da cobertura da terras, representada pela vegetação, representa a proteção das unidades de paisagem contra processos morfogenéticos que se apresentam através da erosão. Entender a dinâmica de uso e cobertura da terra na bacia do rio Marataoan é essencial para desenvolver estratégias de manejo sustentável e mitigação de impactos ambientais, além de contribuir para a compreensão da organização espacial da tipologia da vegetação contida nesse território e as principais formas de intervenções realizadas pela sociedade sobre esses recursos.

Esse trabalho foi impulsionado pela necessidade de estudos que discutam os tipos e distribuição geográfica da vegetação na área em estudo, além da necessidade da compreensão das atividades econômicas que condicionam o uso e cobertura da terra e sua evolução ao longo dos anos. E, para preencher essas lacunas, foi traçado com objetivo principal analisar o uso e cobertura da terra da bacia do rio Marataoan entre os anos de 1985 e 2023; tendo como objetivos específicos: I- levantar as principais classes de uso e cobertura da terra e sua dinâmica dentro do recorte temporal apresentado;

II- mensurar as transformações nas classes de uso e cobertura da terra da bacia do rio Marataoan e III- analisar a correlação da dinâmica das classes naturais frente às classes de uso.

MATERIAIS E MÉTODOS

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

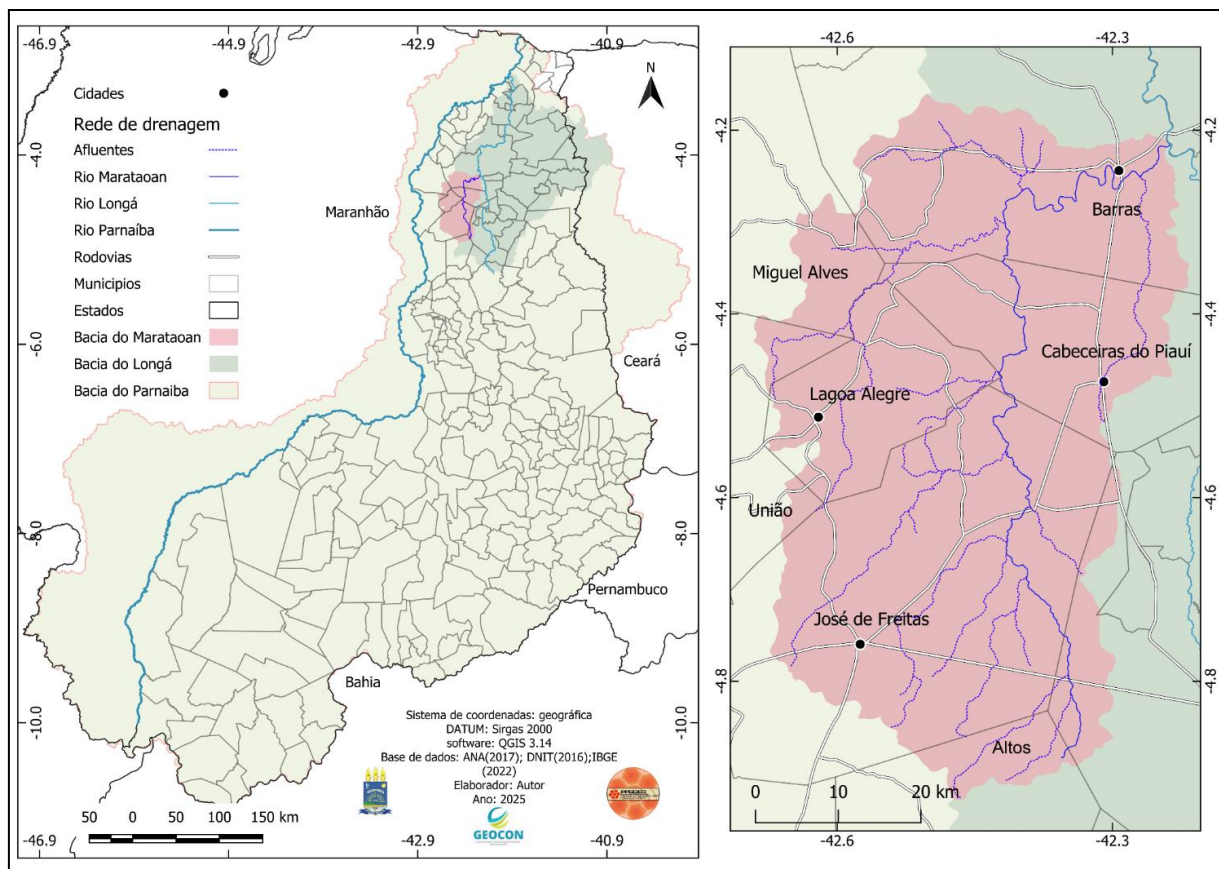
A área de estudo abarca o território de uma bacia hidrográfica localizada ao norte do estado do Piauí, abrange uma área de aproximadamente 3.084 km², englobando parcialmente territórios dos municípios de Miguel Alves, União, Campo Maior, Altos, Barras, Cabeceiras do Piauí, José de Freitas e Lagoa Alegre. Destes, os quatro últimos possuem sedes municipais dentro da área de estudo e têm como principal curso d'água o Rio Marataoan, que dá nome à bacia (figura 1).

No contexto regional, a Bacia Hidrográfica do Rio Marataoan (BHRM) está situada em território drenado pela bacia do Parnaíba; e localmente, compõe parte do território da bacia do rio Longá. Apesar de regionalmente ocupar a posição hierárquica de uma microbacia, para o presente estudo será tomada isoladamente como uma bacia hidrográfica.

Tomando como referência a classificação climática para o estado do Piauí realizada por Medeiros, Cavalcanti e Duarte, (2020), estão presentes na bacia do Marataoan dois tipos de clima: tropical chuvoso (As) (Cabeceiras Piauí, Campo Maior e Barras) e o clima tropical com estação seca de inverno (Aw) (União, Miguel Alves, Lagoa Alegre, José de Freitas, Altos).

No que diz respeito à vegetação, há o predomínio da formação Savânica, apresentando-se como Savana Arborizada sem floresta-de-galeria, Savana Parque sem floresta-de-galeria, Savana-Estépica Arborizada com palmeiras e Floresta Estacional Semidecidual Submotana (IBGE, 2023).

Figura 1: Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Marataoan (BHRM).



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Sobre os componentes físico-naturais, a área de estudo está localizada na bacia sedimentar do Parnaíba, com estruturas que remetem ao paleozoico, com ocorrência predominante de rochas areníticas (Caputo; Iannuzzi; Fonseca, 2005). O relevo apresenta formas majoritariamente planas (Leal; Oliveira; Aquino, 2023), com pequenas elevações a montante da bacia, com forte presença dos solos do tipo plintossolo argilúvico e latossolo amarelo (IBGE, 2023).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para atender às propostas do trabalho, fez-se necessário o levantamento bibliográfico relacionado ao tema trabalhado, buscando, em artigos, livros, teses e dissertações, a sustentação para a presente pesquisa. Uma outra fonte de grande relevância diz respeito à base de dados cartográficos que permitiram uma análise espacial do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Marataoan, tendo como principais fontes a Agência Nacional de Recursos Hídricos (ANA), útil no estabelecimento do limite da bacia e o MapBiomas, fornecedor dos dados da dinâmica de uso e cobertura da área analisada.

Para analisar a dinâmica temporal do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Marataoan, utilizou-se o recorte máximo de dados disponibilizados pela plataforma MapBiomias, abrangendo o período de 1985 a 2023, equivalente a 38 anos. Dentro desse intervalo, foram definidos três marcos temporais estratégicos: 1985, representando o início da série histórica; 2004, como ponto intermediário; e 2023, correspondente ao levantamento mais recente. Essa seleção permite observar e comparar as mudanças ocorridas ao longo do tempo, desde a base inicial até a situação atual.

Os dados de uso e cobertura da terra da BHRM foram adquiridas e pré-processadas através da plataforma do *Google Earth Engine*, procedendo com a reprojeção para UTM Sirgas 2000/23S e recorte da coleção 09 do MapBiomias para área de interesse; finalizando com a fusão de todas as bandas em único *raster*. Tem-se a seguir o quadro com as linhas de código aplicadas:

Figura 2: Quadro com as linhas de códigos para extração das classes de uso e coberturas no Google Earth Engine.

<pre> var bacia= table var ano= 2023 var Palettes = require('users/mapbiomas/modules:Palettes.js'); var palette = Palettes.get('classification9'); var vis = {'min': 0, 'max': 69, 'palette': palette, 'format': 'png'}; var imageVisParam2 = {'opacity':1, 'min':103, 'max':733, 'gamma':1}; // Mapbiomas uso e cobertura var colecao = ee.Image('projects/mapbiomas- public/assets/brazil/lulc/collection9/mapbiomas_ collection90_integration_v1'); //recorte para área de interesse var recorte= colecao.clip(bacia); //reprojeção var utmProjection = 'EPSG:31983'; </pre>	<pre> var reprojectedImage = recorte.reproject({ crs: utmProjection, scale: 30 }); // Visualização da imagem gerada Map.addLayer(recorte.select('classification_'+ano), vis, 'MapBiomias col 9 - '+ ano, true); //Export.image.toDrive({ image:recorte, description: 'uso_85_23', crs: 'EPSG:31983', scale: 30, region: bacia, maxPixels: 1e13, }); </pre>
---	---

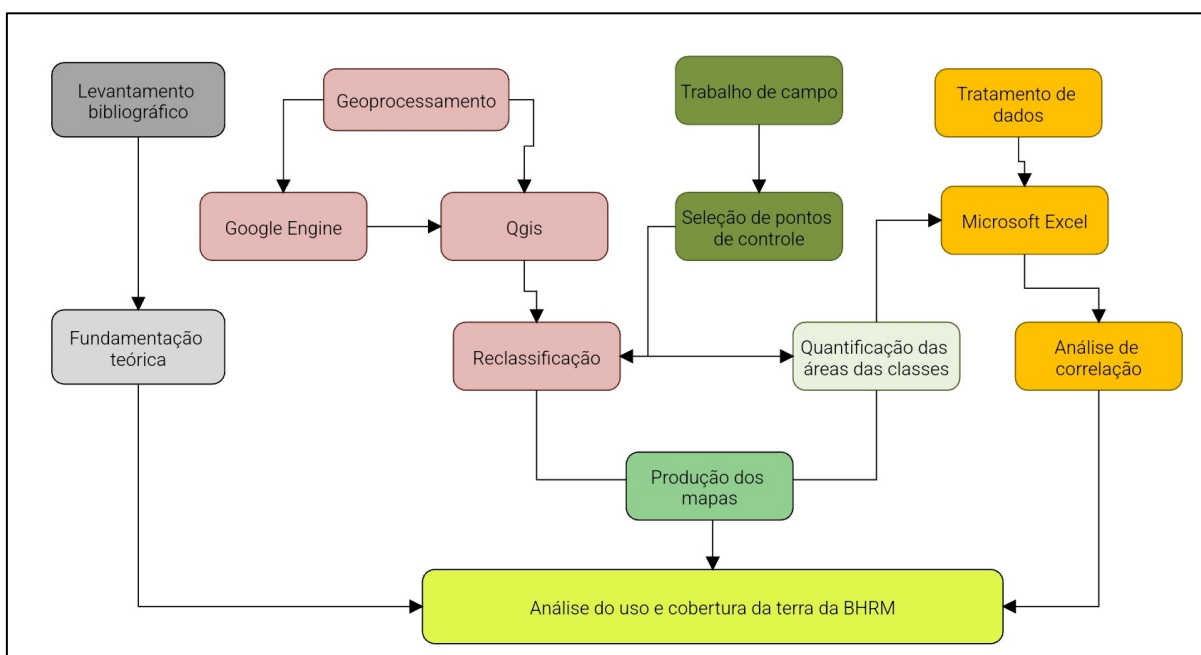
Fonte: MapBiomias (2024), adaptado pelos autores (2024).

Na sequência, os dados foram processados no Qgis, versão 3.34.8, onde foi aplicada a paleta de cores indicada para cada classe de uso, em conformidade com a tabela do Mapbiomas, seguido pela exclusão das componentes de classes não presentes na área analisada.

Posteriormente foi realizado o levantamento da área ocupada por cada classe presente na bacia. Esse procedimento foi executado através da ferramenta nativa do Qgis “reporta camada raster de valor único”, retornando à área de cada classe em m². O procedimento seguinte contou com a exportação e organização dos valores de área obtidos para uma tabela do Excel. Posteriormente, foi executada a manipulação dos dados para a conversão dos valores de m² para km² e obtenção do percentual de áreas para cada classe, essencial para melhor compreensão das alterações no uso e cobertura ao longo do tempo.

Para a representação espacial da dinâmica de uso e cobertura da terra, foi elaborado um produto cartográfico representando as classes existentes para os anos de 1985, 2004 e 2023. A justificativa para aplicação desse recorte temporal se dá por representar os dados mais antigos, os intermediários e os mais recentes, permitindo visualizar as condições de apropriação do espaço representados pela cobertura da terra desde o início do projeto até as condições mais recentes. Os procedimentos adotados podem ser vistos na figura a seguir:

Figura 3: Fluxograma da metodologia aplicada.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

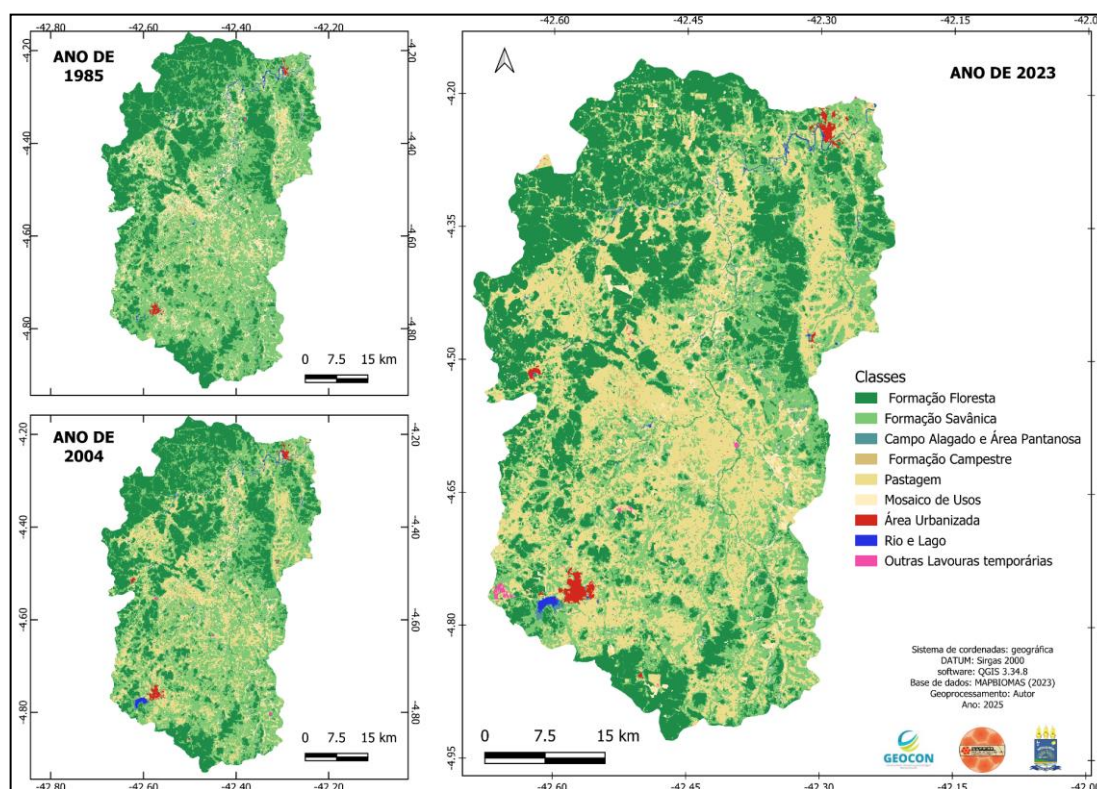
Para validar os dados das classes cartografadas, foram realizados levantamentos de campo em dezembro de 2024 e fevereiro de 2025. O objetivo foi verificar a compatibilidade entre a classificação produzida e o uso e cobertura da terra da bacia, comparando registros fotográficos de pontos de controle previamente definidos com as classes mapeadas. Os dados coletados em campo indicaram a necessidade de reclassificar a classe “Soja”, pois essa cultura não foi encontrada na área estudada. Assim, ela passou a integrar a classe “Outras lavouras temporárias”. O fluxograma da figura 3 sintetiza a metodologia empregada na construção do presente trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise espacial e tratamento dos dados levantados, obteve-se um conjunto de classes compostas pela formação florestal, formação savânica, campos alagados e área pantanosas, formação

campestre, pastagem, mosaico de usos, área urbanizada, rio e lago e outras lavouras temporárias presentes na área da bacia do rio Marataoan, que podem ser visualizadas no mapa a seguir (figura 4):

Figura 4: Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Marataoan (BHRM).



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Através da interpretação visual do mapa, pode-se constatar, para o ano de 1985, a forte presença da formação florestal e savânica e pequenas manchas da classe “mosaico de uso”, além das manchas urbanas dos municípios de Barras (ao norte) e José de Freitas (ao sul), indicando pouca representatividade das classes resultantes de atividades antrópicas.

Figura 5: Foto aérea da cidade de José de Freitas-PI, ao fundo o açude do Bezerro, em 11 de fev. de 2025.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Figura 6: Foto aérea da cidade de Barras- PI, com destaque para o rio Marataoan, em 03 de fev. de 2025.



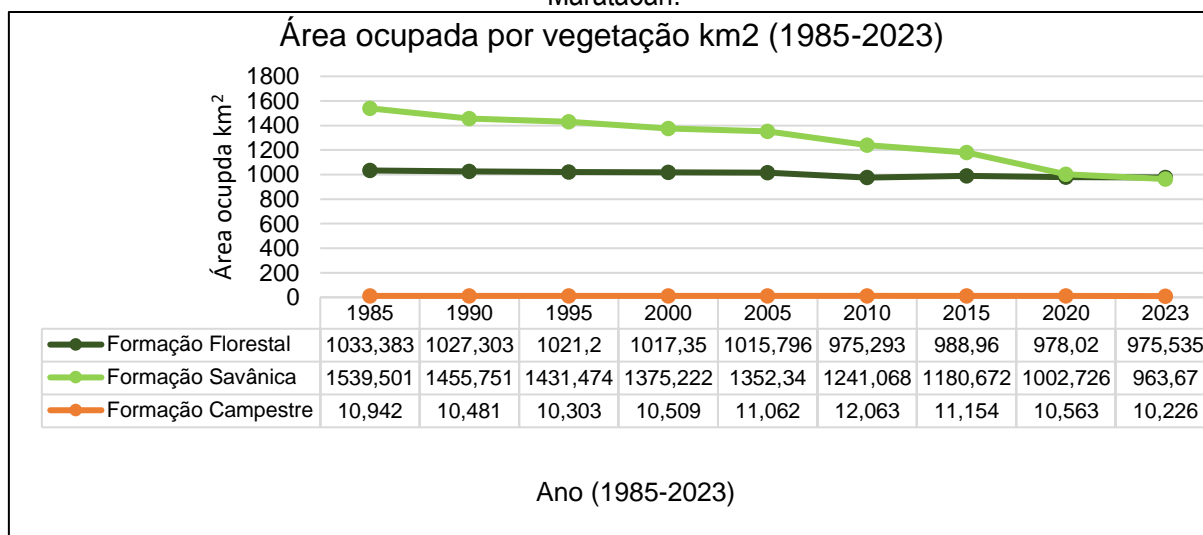
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Na representação para o ano de 2004, é perceptível a ascensão da classe de “pastagem”, apresentando um aumento de 13,05%, em comparação ao ano de 1985, que pode ser interpretada como resultado da ocorrência da supressão de áreas naturais e expansão da agropecuária nessa bacia. Essa afirmação pode ser validada quando é observada a redução da classe de “Formação Savânica” em relação ao ano de 1985, especialmente na área central do território analisado. Nota-se também o aparecimento da lâmina d’água do açude do Bezerro (ao sul) e o surgimento da mancha urbana de Lagoa Alegre (ao oeste). Miranda *et al.* (2018), estudando o fenômeno das queimadas no Pantanal Mato-grossense, e Lima *et al.* (2020), avaliando as mudanças da vegetação na região do MATOPIBA, concluíram que a expansão da pecuária é responsável por grandes mudanças no uso e cobertura da terra, sobretudo na formação de Savana Gramínea-lenhosa.

No mapa de uso e cobertura do ano 2023, fica em destaque a progressão da área de pastagem, tendência já percebida em 2004, apresentando um aumento de 16,5%, com significativa expansão na porção sul da bacia. É percebido também uma expansão da fronteira da pastagem em sentido norte da bacia, ocupando áreas de menor altitude, suprimindo regiões antes cobertas pela savana e pela formação florestal. A classe “Formação Florestal”, mesmo perdendo área para a pastagem e outras classes, não sofreu alterações tão significativas se comparada com a classe da “Formação Savânica”.

No gráfico 1, a seguir, é apresentado o comportamento das classes de cobertura vegetal, exibindo os valores de cada classe da vegetação para o intervalo de 1985 a 2023:

Figura 7: Gráfico da dinâmica temporal das áreas ocupadas por cobertura florestal na bacia do Marataoan.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Analisando o gráfico, pode-se constatar os fatos já observados nos mapas. Nota-se o comportamento descendente da linha que representa a formação savânica, que em 1985 ocupava 1.539,5 km², apresentando uma redução progressiva até atingir as medidas de 963,6 km², no ano de 2023, que representa uma perda de 37,4% dessa cobertura. Essa redução apresenta uma linearidade, demonstrando que a redução da cobertura savânica é um fenômeno ocorrido em todos os anos analisados. Já a cobertura florestal experimentou um processo mais lento, exibindo uma linha quase horizontal, ocupando em 1985 uma área de 1033,3 km², reduzindo para 975,5 km² em 2023. Enquanto a formação campestre manteve-se estável durante todo o período dos 38 anos, ocupando valores pouco maiores que 10 km².

As mudanças no uso e cobertura, constatadas na bacia do Marataoan, foram resumidas quantitativamente e apresentadas na tabela 1, a seguir:

Tabela 1: Mudanças sofridas pelas classes de uso e cobertura na bacia do rio Marataoan (1985-2023).

CLASSES	1985		2004		2023		Variação 1985-2023		↓
	Km ²	(%)	Km ²	(%)	Km ²	(%)	Km ²	(%)	
Formação Florestal	1.033,383	33,41	1.019,16	32,95	975,535	31,54	-57,85	-5,60	↓
Formação Savânica	1.539,501	49,77	1.354,29	43,79	963,67	31,16	-575,83	-37,40	↓
Campo Alagado e Área Pantanosa	46,174	1,49	33,08	1,07	36,391	1,17	-9,78	-21,19	↓
Formação Campestre	10,942	0,353	10,79	0,35	10,226	0,330	-0,72	-6,54	↓
Pastagem	165,291	5,34	568,61	18,39	1.017,31	32,89	852,02	515,47	↑
Mosaico de Usos	279,818	9,05	82,75	2,68	61,24	1,98	-218,58	-78,11	↓
Área Urbanizada	7,213	0,23	12,33	0,40	17,443	0,56	10,23	141,83	↑
Rio e Lago	9,873	0,32	10,17	0,33	6,704	0,22	-3,17	-32,10	↓
Outras Lavouras Temporárias	0,447	0,01	1,47	0,05	4,124	0,13	3,68	822,60	↑
Totais	3.092,6	100%	3.092,6	100%	3.092,6	100%			

Fonte: Mapbiomas (2023), organizado pelos autores (2025).

As informações dos gráficos permitem ter uma perspectiva mais acurada das transformações ocorridas no espaço da bacia, indicando as perdas e ganhos para cada classe. Entre os anos de 1985 e 2023, as classes que sofreram maior perda de cobertura foram a “Formação Florestal”, com redução de 57,85 Km², “Mosaico de Uso”, com perdas bastante expressiva, quantificada em 218,58 km² para essa classe. Dentre as coberturas, a que sofreu maior perda foi a “formação savânica”, com redução que chegou aos 575,83 km² de sua área.

Em uma análise de correlação, pode-se constatar matematicamente a relação entre as classes que tiveram maiores ganhos e as que sofreram considerável redução. Entende-se correlação como uma técnica aplicada para avaliar a relação de causa e efeito entre duas variáveis (Larson; Farber, 2010).

As equações a seguir mostram a lógica dos cálculos aplicados:

Coefficiente de determinação R²:

$$R^2 = 1 - \frac{\Sigma(y - y^{\wedge})^2}{\Sigma(y - \bar{y})^2} \quad (1)$$

Onde:

y = valores observados

y^{\wedge} = valores previstos

\bar{y} = valores observados

Σ = soma sobre todos os pontos de dados

Coefficiente de correção de Pearson:

$$r = \frac{n((\Sigma x)y) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{[n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2][n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}} \quad (2)$$

Onde:

R = coeficiente de correlação

n é o número de pares de dados

x e y = duas variáveis sendo comparadas

Σxy = soma do produto de x e y

Σx = soma dos valores de x

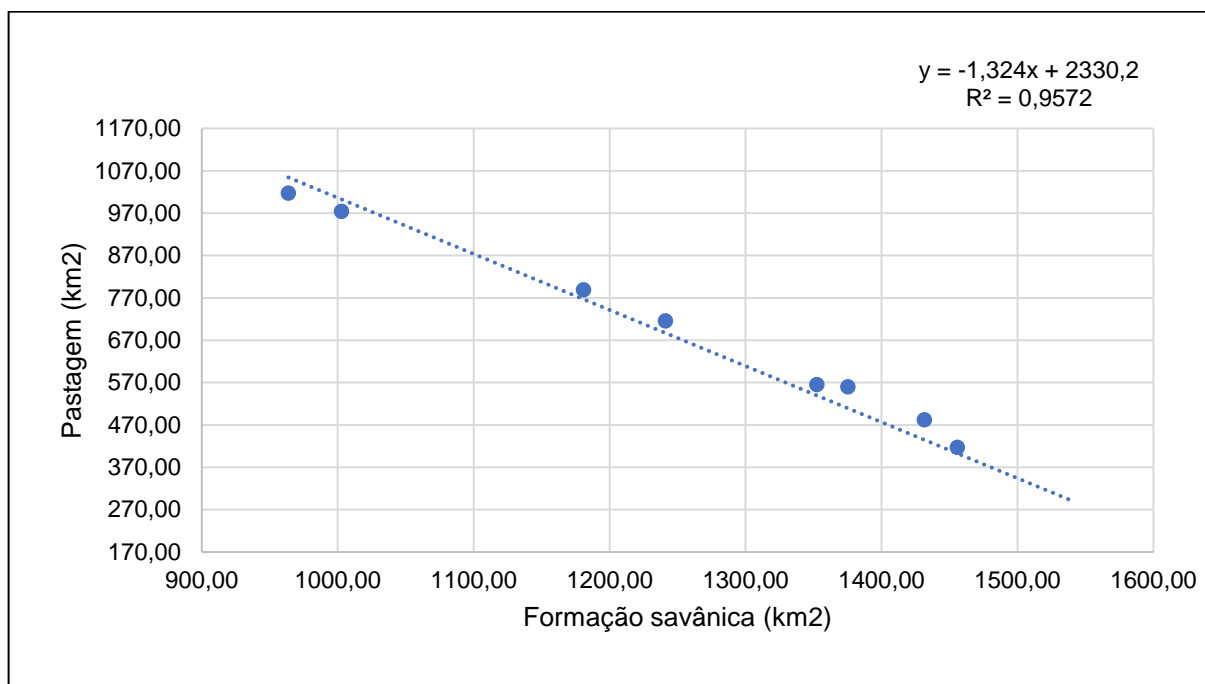
Σy = soma dos valores de y

Σx^2 = soma dos quadrados dos valores de x

Σy^2 = soma dos quadrados dos valores de y

O gráfico a seguir exhibe o resultado da análise da correlação entre o aumento de áreas de pastagem e a diminuição da cobertura savânica. Nota-se uma relação inversamente proporcional entre as classes verificadas, onde o aumento da área ocupada por uma implicou na diminuição da outra, estabelecendo uma correlação negativa no comportamento entre expansão das áreas de pastagem e formação savânica. Em números, o coeficiente de correlação linear apresentou índice de -0,97, indicando uma forte correlação negativa entre as classes consideradas.

Figura 8: Gráfico do coeficiente de correlação linear entre as áreas de pastagem e formação savânica.

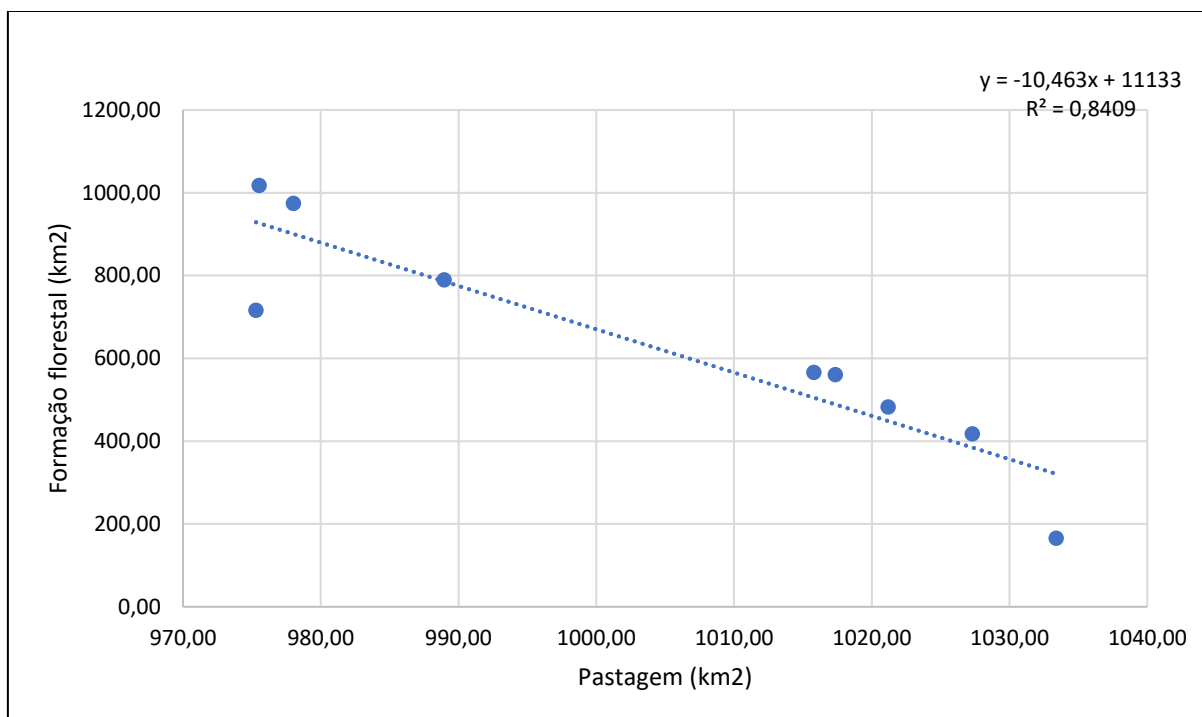


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O coeficiente de determinação (R^2) indicou forte correlação temporal entre a perda da formação savânica e o aumento da área de pastagem no interior da bacia, com $R^2 = 0,957$, o que significa que 95,7% da variância da série temporal da perda de savana covariou com a variância da série temporal da área de pastagem ao longo do período analisado. A relação entre essas duas séries temporais é apresentada por meio do diagrama de dispersão na Figura 2.

O gráfico seguinte é resultado do estudo dos dados relativos às classes de formação florestal e pastagem. Ele exhibe o resultado do comportamento de correlação entre essas duas classes.

Figura 9: Gráfico do coeficiente de correlação linear entre as áreas de pastagem e formação florestal.

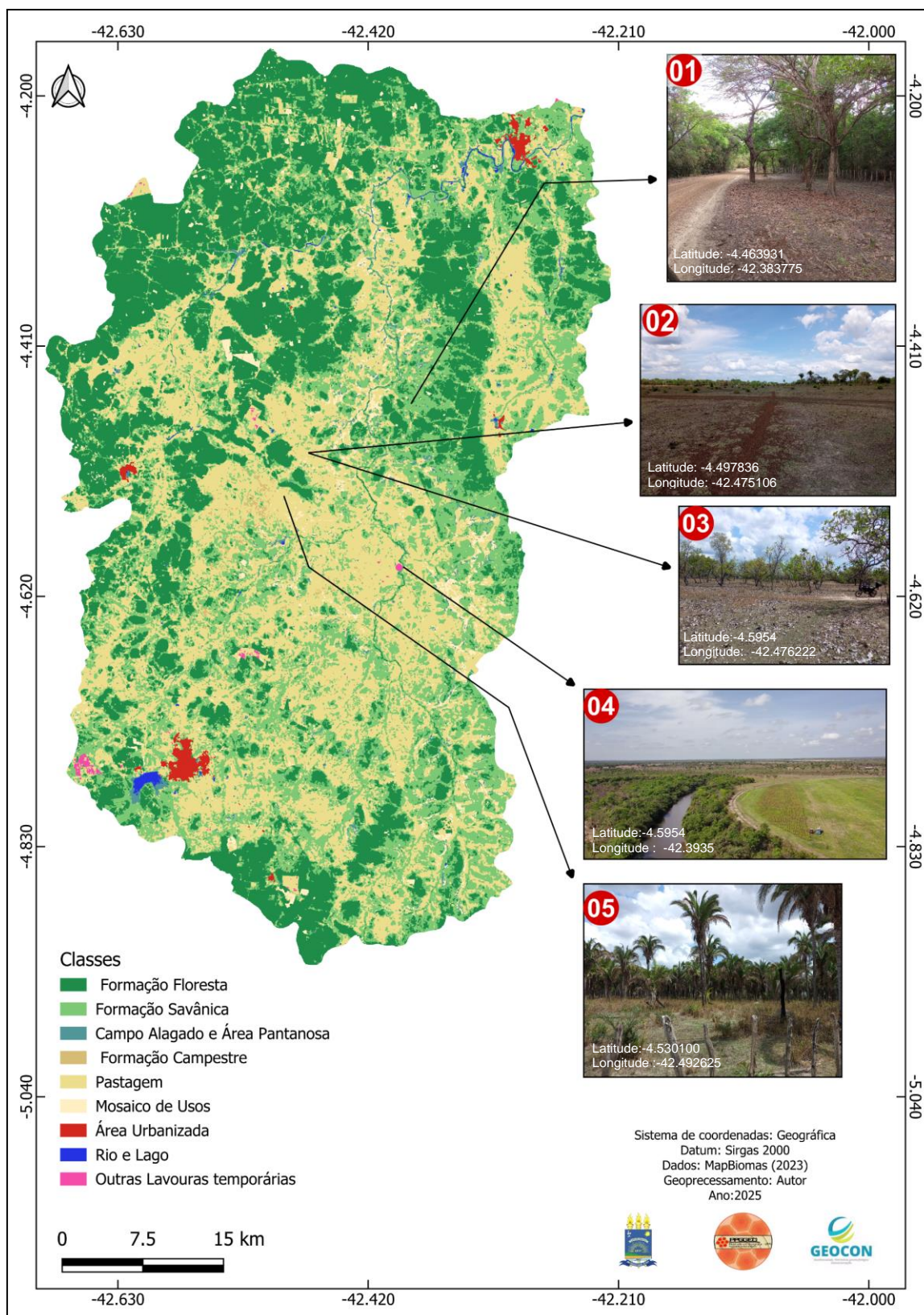


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A leitura das informações exibidas pelo gráfico indica que a perda da cobertura florestal apresentou forte correlação temporal negativa com o avanço da pastagem, com coeficiente de correlação linear $r = -0,91$ e coeficiente de determinação $R^2 = 0,84$. Esse resultado indica que 84% da variância da série temporal da perda florestal covariou com a variância da série temporal do aumento da área de pastagem ao longo do período analisado, evidenciando uma associação estatística significativa entre essas classes.

Esse mesmo método não foi aplicado à formação campestre por essa classe ter se mantido estável durante todo o recorte temporal levantado, ocupando o espaço de 10 km², como pode ser visto no gráfico 01. Logo abaixo, tem-se os registros fotográficos georreferenciados, possibilitando o cruzamento entre o mapa de classificação, estatísticos e os dados obtidos em campo, conforme descrição abaixo:

Figura 10: Mapa de uso e cobertura e registro de classes da bacia do rio Marataoan.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os registros fotográficos realizados durante o trabalho de campo no dia 09 de dezembro de 2024, presentes no mapa da figura 5, mostram a paisagem de alguns pontos de controle. No registro 01, há a formação arbórea associada à classe de “Formação florestal”; os registros 2 e 3 mostram paisagens da área de pecuária extensiva associada à classe “Pastagem”, enquanto a imagem 4 apresenta um cultivo de milho às margens do rio Marataoan classificadas como “outras lavouras temporárias”, no último ponto de controle há o registro da supressão da vegetação nativa para a produção de pastagem.

Pode-se notar as marcas provocadas pela atuação humana na área de estudo, especialmente, como já indicado pelos dados, pela conversão de áreas naturais em áreas destinadas às atividades agropecuárias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu a compreensão da evolução da paisagem da bacia do rio Marataoan a partir da dinâmica do uso e cobertura da terra, apontando para as modificações ocorridas ao longo dos anos de 1985, 2004 e 2023. Pode-se constatar uma regressão significativa da cobertura da vegetação natural, destacando-se a perda de área da classe de savana associada ao aumento das áreas de pastagem, como pode ser observado na figura 4. Já os espaços ocupados por florestas sofreram modificações menos significativas.

Os resultados apresentados devem servir como subsídio para estudos fisiográficos mais amplos, abrindo espaço, em posteriores trabalhos, para o levantamento dos efeitos das transformações da cobertura do solo na temperatura superficial e no balanço de umidade.

No aspecto metodológico, a qualidade dos dados do MapBiomas se mostrou bastante precisa, diferenciando com eficiência as classes de uso da bacia estudada, requerendo pequenos ajustes na detecção de lavouras temporárias.

REFERÊNCIAS

BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global. **RRAEGA**, Curitiba, v. 8, p. 141–152, 2004. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/download/3389/2718>. Acesso em: 12 de nov. de 2023.

BRASIL. **Lei no 9.433 de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1o da Lei no 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei no 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF: 1997. Disponível em: <http://200.145.6.156/index.php/cpg/article/view/6953>. Acesso em 05 de nov. de 2024.

CAPUTO, Mário Vicente; IANNUZZI, Roberto; FONSECA, Vera Maria Medina da. Bacias sedimentares brasileiras: Bacia do Parnaíba. **Fundação Paleontológica Phoenix**, Aracaju, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317551866_Bacia_do_Parnaiba. Acesso em: 04 de fev. de 2024.

CARVALHO, Andreza Tacyana Felix. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Precidente Prudente, p. 140–161, 2020. Disponível em: <http://200.145.6.156/index.php/cpg/article/view/6953>. Acesso: 14 de set. de 2024.

CONAMA. **Resolução No 001, de 23 de janeiro de 1986**. Considerando a necessidade de se estabelecerem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Brasília, DF: 1986. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF>. Acesso em 04 de dez. de 2024.

CREPANI, Edison et al. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico- econômico e ao ordenamento territorial. **INPE**, São José dos Campos, 2001. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/sap/artigos/CrepaneEtAl.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2024.

GALINA, A. B.; ILHA, D. B.; PAGOTTO, M. A. Dinâmica multitemporal da cobertura e uso do solo do estado de Sergipe. **Scientia Plena**, [s. l.], v. 18, p. 1–12, 2022. Disponível em: <https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/6550/2488>. acesso em: 20 de jan. de 2025.

GARCEZ, I.N. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1999.

GIRÃO, Ítalo Renan Ferreira; RABELO, Davi Rodrigues; ZANELLA, Maria Elisa. Análise teórica dos conceitos: Riscos Socioambientais, Vulnerabilidade e Suscetibilidade. **REGNE**, [s. l.], v. 4, p. 71–83, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/13273/9468>. Acesso em 04 de jan. de 2025.

IBGE. **Downloads | Geociências**. [S. l.], 2023. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/vetores/escala_250_mil/versao_2023/. Acesso em: 24 de jan. de 2025. .

IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2013.

LARSON, Ron; FARBER, Betsy. **Estatística aplicada**. 4. ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2010.

LEAL, Janaira Marques; OLIVEIRA, Ivanilton José de; AQUINO, Cláudia Maria Sabóia de. Delimitação de variáveis do relevo a partir da utilização de imagens TOPODATA da bacia hidrográfica do rio Marataoan. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 14, p. 87–103, 2023.

LIMA, emístocles Pacheco et al. Dinâmica Espaço Temporal da Cobertura da Terra em uma Bacia Hidrográfica da Região do MATOPIBA, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, Rio de Janeiro, p. 162–170, 2020. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/42647/1/ARTIGO_Din%C3%A2mica%20Espa%C3%A7o%20Temporal%20da%20Cobertura%20da%20Terra%20em%20uma%20Bacia%20Hidrogr%C3%A1fica%20da%20Regi%C3%A3o%20do%20MATOPIBA%2C%20Brasil.pdf. Acesso em: 12 de fev. de 2025

MARTINS, Alécio Perini; GALVANI, Emerson. Relação entre uso e cobertura da terra e parâmetros biofísicos no Cerrado Brasileiro. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 40, p. 148–162, 2020. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/167739>. Acesso em: 18 de jan. de 2025.

MEDEIROS, Raimundo Mainar de; CAVALCANTI, Enilson Palmeira; DUARTE, Jaqueline Fernandes de Medeiros. Classificação climática de Köppen para o estado do Piauí - Brasil. **Revista Equador (UFPI)**, [s. l.], v. 9, p. 82–99, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/9845>. Acesso em 20 de nov. de 2024.

MIRANDA, Miriam Raquel da Silva et al. Distribuição de queimadas e mudanças na cobertura vegetal e uso da terra no bioma Pantanal, Cáceres-Brasil. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 19, p. 91–108, 2018. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/37587>. Acesso em: 19 de jan. 2025.

NOBRE, Mayra Fernandes; GARCIA, Gilberto Jose. Avaliação de três diferentes métodos de análise para a determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Corumbataí (SP). **Revista Brasileira de Cartografia**, [s. l.], p. 169–179, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267849257_AVALIACAO_DE_TRES_DIFERENTES_METODOS_DE_ANALISE_PARA_A_DETERMINACAO_DA_VULNERABILIDADE_AMBIENTAL_DA_BACIA_HIDROGRAFICA_DO_RIO_CORUMBATAI_SP. Acesso em: 03 de jan. de 2025.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. São Paulo, 1993. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327/51063>. Acesso em 15 de jan. de 2025.

VARGAS, Tiago De et al. Vulnerabilidade intrínseca da água subterrânea como alicerce na gestão do uso do solo em bacias de captação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 15, p. 710–720, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/252195/40806>. Acesso em: 18 de jan. 2025.

VIBRANS, Alexander Christian et al. MonitoraSC: um novo mapa de cobertura florestal e uso da terra do estado de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 34, 2021. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/1086/1129>. Acesso em: 18 de jan. de 2025.