

USO E OCUPAÇÃO DAS MATAS CILIARES DO MÉDIO CURSO DO RIACHO BOQUEIRÃO, SOBRAL, CEARÁ, BRASIL

Land use and occupation of riparian forests in the middle course of the Boqueirão stream, Sobral, Ceará, Brazil

Antonio Thiago Alves Farias

Universidade Estadual do Vale do Acaraú

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0605-3384>

bio.thiagof@gmail.com

Elnatan Bezerra de Souza

Universidade Estadual do Vale do Acaraú

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5222-4378>

elnatan_souza@uvanet.br

Isorlanda Caracristi

Universidade Estadual do Vale do Acaraú

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3777-7417>

emaildoautor@ufsj.edu.br

Artigo recebido em dezembro/2026 e aceito em abril/2026

RESUMO

O semiárido brasileiro caracteriza-se pela baixa precipitação, altas temperaturas e elevada evapotranspiração, que, somadas a fatores socioeconômicos e culturais, influenciam de maneira contundente os recursos hídricos. As matas ciliares, por serem formações associadas aos corpos d'água, são fundamentais para a manutenção da biodiversidade e estabilidade do solo, além de serem essenciais no contexto da gestão ambiental. A presente pesquisa analisou o uso e cobertura do solo da sub-bacia do riacho Boqueirão (SBHRB), localizada nos municípios de Alcântaras, Meruoca e Sobral (CE), pertencente à bacia hidrográfica do rio Acaraú. O recorte geográfico focou no médio curso da sub-bacia, com delimitação altimétrica entre 150 e 650 metros, totalizando 46,07 km². Foram utilizados dados do MapBiomias (anos de 2003, 2013 e 2023) e imagens do satélite CBERS 4A (2024) para realizar uma classificação supervisionada com o auxílio da ferramenta Orfeo ToolBox no QGIS. A análise temporal do uso e cobertura do solo da SBHRB revelou aumento de áreas urbanizadas e pastagens, indicando significativa expansão de atividades antrópicas, com fragmentação acentuada da vegetação ripária. A classe de área urbanizada foi a que apresentou maior crescimento, 31,43% ao longo do período, passando de 4,501 km² para 5,916 km². A pesquisa estabeleceu bases para futuras análises geocológicas da SBHRB. Ressalta-se que a integração entre dados multitemporais do MapBiomias e classificação supervisionada pode ampliar a compreensão dos processos ecológicos e funcionais do geossistema, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de conservação e ordenamento territorial.

Palavras-chave: Fragmentação; Semiárido; Vegetação ripária; Uso e ocupação.

ABSTRACT

The Brazilian semi-arid region is characterized by low precipitation, high temperatures, and high evapotranspiration, which, combined with socioeconomic and cultural factors, have a significant

impact on water resources. Riparian forests, as they are ecosystems associated with water bodies, are fundamental for maintaining biodiversity and soil stability, in addition to being essential in the context of environmental management. This study analyzed land use and land cover in the Boqueirão Stream sub-basin (SBHRB), located in the municipalities of Alcântaras, Meruoca, and Sobral, Ceará state, Brazil, within the Acaraú River watershed. The geographic focus was on the middle course of the sub-basin, with an elevation range between 150 and 650 meters, covering a total area of 46.07 km². Data from MapBiomias (years 2003, 2013, and 2023) and images from the CBERS 4A satellite (2024) were used to perform a supervised classification with the aid of the Orfeo ToolBox in QGIS. The temporal analysis of land use and land cover in the SBHRB revealed an increase in urbanized areas and pastures, indicating significant expansion of anthropogenic activities, with marked fragmentation of riparian vegetation. The urbanized area class showed the greatest growth, 31.43% over the period, increasing from 4,501 km² to 5,916 km². The study laid the groundwork for future geoecological analyses of the SBHRB. It should be noted that the integration of multitemporal data from MapBiomias with supervised classification can enhance our understanding of the ecological and functional processes of the geosystem, thereby contributing to the development of more effective conservation and land-use planning strategies.

Keywords: Fragmentation; Semi-arid; Riparian vegetation; Use and occupation.

1. INTRODUÇÃO

A região semiárida brasileira apresenta uma complexa estrutura no que diz respeito aos aspectos fisiográficos, com baixa umidade, elevada evapotranspiração, solos rasos e problemáticos, além da predominância de rios intermitentes e das superfícies aplainadas como relevo (Ab'sáber, 1999; Araújo, 2011; Correa *et al.*, 2011; Costa *et al.*, 2020). Sendo esta região marcada por diversas vulnerabilidades sociais, causadas não apenas pelos fatores naturais deste ambiente, mas também pela exploração econômica e política preponderante (Batista; Moura; Alves, 2020; Nunes; Silva, 2020).

Tendo em seu território grande sinalização advinda da intensificação das desigualdades produzidas pelo uso e ocupação do solo (Crispim *et al.*, 2016). O principal fator, relacionado às dinâmicas físicas destes ambientes e a problemáticas socioeconômicas é a falta de acesso aos recursos hídricos, seja pelas estiagens mais longas ou limitações no acesso ao público (Zanella, 2014; Silva *et al.*, 2019).

Marcada por paisagens com formações decíduas e plantas com adaptações xeromórficas, a vegetação da região é a descrita amplamente como domínio fitogeográfico, morfoclimático ou bioma Caatinga (Fernandes, 1992; Ab'sáber, 2003). Contudo, permeando toda esta região há a formação das Planícies Fluviais, regiões com solos mais férteis e profundos associados aos corpos hídricos (Souza; Lima; Paiva, 1979). É nessas regiões que se desenvolvem fitofisionomias de porte arbóreo mais elevado, as matas ciliares (MC) ou vegetações ripárias (Moro *et al.*, 2015). As matas ciliares são um tipo de vegetação de grande valor ecossistêmico, possuindo funções como corredores ecológicos e atividades de manutenção da biodiversidade local (Kuntschik; Eduarte; Uehara, 2014). Além disso,

há relações claras com a melhoria da qualidade da água, proteção contra os processos de erosão e assoreamentos dos rios e riachos (Almeida *et al.*, 2016; Ferreira *et al.*, 2019; Facundo; Moraes; Pansera, 2020).

No semiárido, a fragmentação das matas ciliares é resultado da intrínseca relação de apropriação do território. A retirada da vegetação ripária para usos urbanos, bem como agropecuários não representa apenas uma mudança na cobertura da terra, mas também uma alteração na conectividade da paisagem e nos fluxos hidrológicos, sedimentares e ecológicos (Goerl *et al.*, 2011; Lima, 2022). Essa condição é especialmente relevante em ambientes semiáridos, onde a irregularidade das chuvas, a intermitência dos canais e a maior vulnerabilidade dos solos ampliam sob os efeitos da supressão vegetal (Mesquita *et al.*, 2016). Estudos realizados na bacia do rio Acaraú indicam que o manejo inadequado do solo e a remoção da vegetação natural favorecem processos erosivos, assoreamento e degradação das planícies fluviais, reforçando a necessidade de análises integradas entre uso do solo, dinâmica da paisagem e conservação das matas ciliares (Diniz; Moreira; Corradini, 2008; Santos; Caracristi, 2022).

Apesar da reconhecida importância das matas ciliares no semiárido, ainda são limitados os estudos que analisam, de forma integrada e em escala de sub-bacia hidrográfica, as relações entre uso e cobertura do solo, dinâmica temporal da paisagem e fragmentação dessas formações, especialmente em áreas sob forte influência de expansão urbana (Farias *et al.*, 2024). No contexto da bacia do rio Acaraú, e mais especificamente na sub-bacia do riacho Boqueirão, essa lacuna é ainda mais evidente, considerando a heterogeneidade ambiental associada à transição entre maciços residuais, depressões sertanejas e planícies fluviais, bem como a influência direta do crescimento urbano do município de Sobral (Maia-Júnior, 2011; Costa *et al.*, 2020).

Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo responder à seguinte questão: como as dinâmicas de uso e ocupação do solo têm influenciado a configuração espacial e o grau de fragmentação das matas ciliares na sub-bacia hidrográfica do riacho Boqueirão (SBHRB)? Além disso, buscou-se compreender em que medida diferentes escalas de análise, a partir de dados do MapBiomas e de imagens de alta resolução, permitem identificar e detalhar essas transformações na paisagem. A escolha da SBHRB justifica-se por sua posição estratégica na bacia do rio Acaraú, abrangendo diferentes unidades geoambientais e apresentando forte gradiente de ocupação antrópica, desde áreas mais preservadas no alto e médio curso até setores intensamente urbanizados no baixo curso. Essa configuração permite analisar, de forma integrada, as interações entre processos físicos, ecológicos e sociais, constituindo um recorte representativo para estudos de uso e ocupação em ambientes semiáridos.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia foi estruturada em três etapas principais (Figura 1): (i) caracterização da área de estudo; (ii) análise multitemporal do uso e cobertura da terra a partir de dados do MapBiomias; e (iii) classificação supervisionada de imagens de satélite de alta resolução, com validação por meio de atividades de campo.

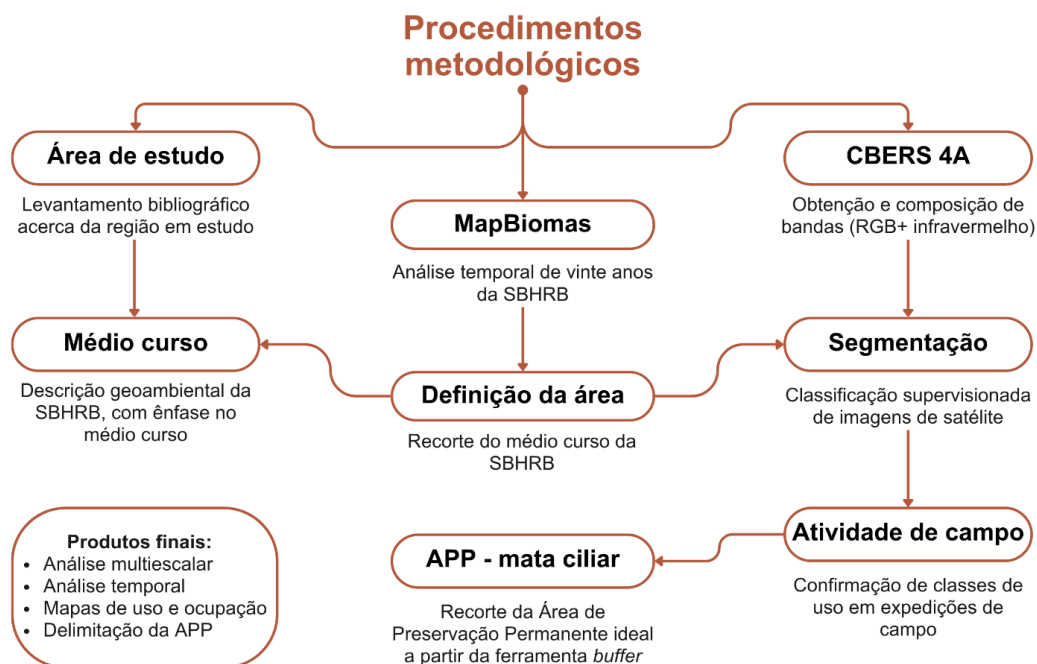


Figura 1 – Fluxo metodológico adotado para análise do uso e cobertura do solo na sub-bacia do riacho Boqueirão, Sobral, Ceará.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

2.1. Área de estudo

O município de Sobral destaca-se por ser um importante polo da Mesorregião Noroeste do Ceará. A área em estudo apresenta um recorte geográfico com caracteres físicos, biológicos e sociais diversos da sub-bacia hidrográfica do riacho Boqueirão (SBHRB), abrangendo setores dos municípios de Sobral, Meruoca e Alcântaras. A SBHRB possui aproximadamente 107,67 km² e apresenta variação altimétrica entre 70 e 950 m, configurando um recorte geográfico marcado pela transição entre diferentes unidades geoambientais. O alto curso está associado ao Maciço Residual da Serra da Meruoca, enquanto os setores de médio e baixo curso se inserem predominantemente na Depressão Sertaneja, também denominada Superfície Aplainada (Maia-Júnior, 2011; Costa *et al.*, 2020).

Do ponto de vista metodológico, foram adotadas duas escalas de análise para esse estudo. A primeira compreendeu toda a SBHRB, abrangendo os três municípios mencionados, com o objetivo

de analisar a dinâmica multitemporal do uso e cobertura da terra a partir dos dados do MapBiomas. A segunda escala correspondeu ao médio curso do riacho Boqueirão (Figura 2), localizado no município de Sobral, com área aproximada de 46,07 km² e altitude entre 150 e 650 m. Esse recorte foi utilizado para a classificação supervisionada da imagem CBERS 4A e para as atividades de campo, por concentrar os trechos prioritários de análise das matas ciliares e permitir maior controle na validação dos dados obtidos por sensoriamento remoto.

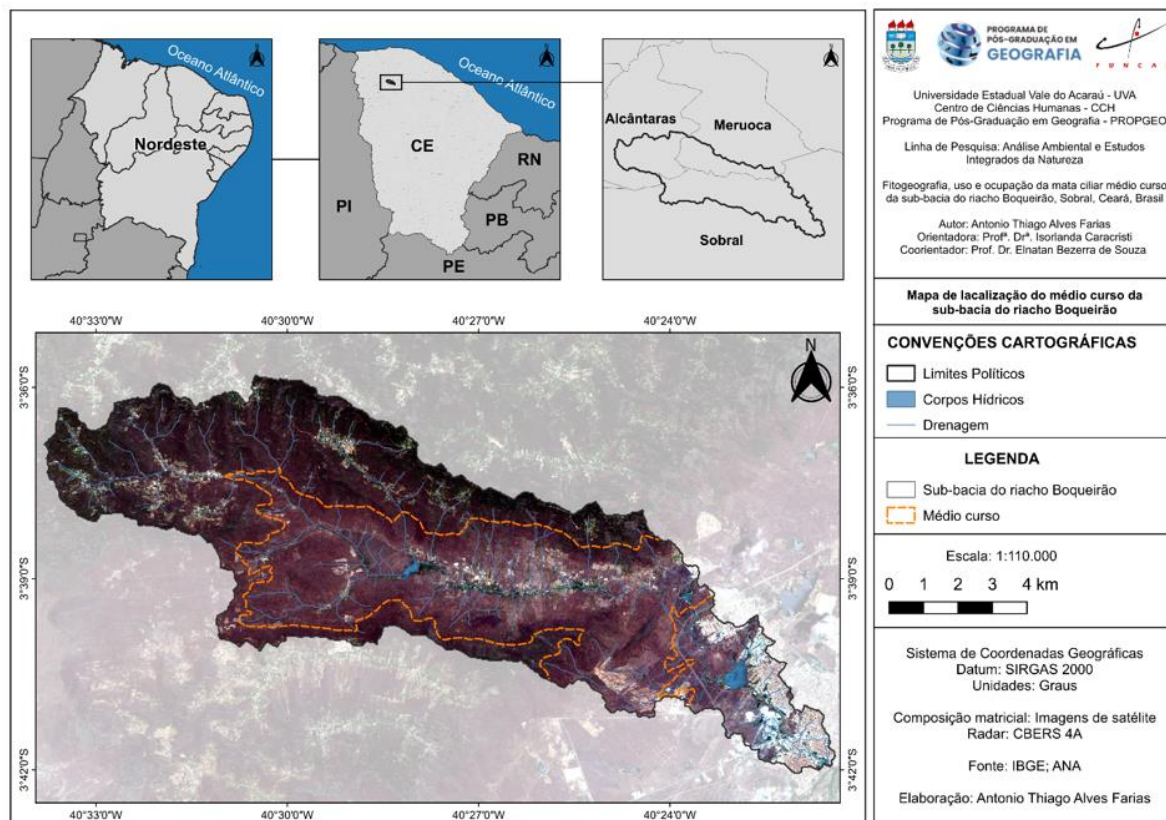


Figura 2 - Mapa de localização do médio curso da sub-bacia do riacho Boqueirão, Sobral, Ceará.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

No setor correspondente ao médio curso, situado em Sobral, a área de estudo apresenta clima Tropical Quente Semiárido, pluviosidade anual de 821,6 mm com chuvas de janeiro a maio, e temperatura média que varia entre 26° a 28°C (Ceará, 2017), destacando-se três feições geomorfológicas, as Planícies Fluviais, Depressão Sertaneja e Maciços Residuais (Maia Júnior, 2011; Costa *et al.*, 2020). O riacho Boqueirão tem sua nascente localizada a oeste da Serra da Meruoca, dividindo essa feição em duas porções (Norte e Sul) (Evangelista; Lima, 2007; Maia Júnior, 2011; Ursulino, 2013). O maciço residual da Serra da Meruoca exerce forte influência climática local, atuando como barreira orográfica que força a ascensão de ventos úmidos, promovendo a condensação do vapor d'água e a ocorrência de chuvas orográficas (Caracristi, 2000).

A vegetação da SBHRB é composta por um complexo composta: i) no baixo curso por áreas de Caatinga do Cristalino, estando o leito principal canalizado; ii) o médio curso é representado por uma grande faixa de Caatinga do Cristalino, seguido de Mata Seca do Cristalino a barlavento e Mata Úmida do Cristalino em trechos próximos ao município de Meruoca; iii) no alto curso, na porção norte, há predomínio de Mata Seca do Cristalino direcionada ao município de Alcântaras e Mata Úmida do Cristalino na proção referente ao município de Meruoca (Maia-Júnior, 2011; Moro *et al.*, 2015).










2.2. Obtenção e processamento de imagens – MapBiomias

Inicialmente, foi realizada a obtenção dos dados sobre a cobertura do solo, etapa realizada por meio da plataforma MapBiomias Coleção 9, onde estão disponibilizadas imagens de 1985 a 2023 (Ribeiro, 2022). Para este estudo, foram utilizados dados anuais de uso e cobertura da terra referentes aos anos de 2003, 2013 e 2023, obtidos na plataforma MapBiomias Coleção 9. A escolha desses três anos de referência teve como objetivo analisar a dinâmica do uso e cobertura da terra em um intervalo total de 20 anos. A seleção de 2023 ocorreu por corresponder ao dado mais recente disponível na coleção utilizada no momento da elaboração da pesquisa. A partir dele, foram definidos os anos de 2013 e 2003, mantendo-se intervalos regulares de dez anos entre as datas analisadas.

Para a seleção da imagem foi realizado o download das imagens disponíveis por meio da plataforma Google Earth Engine, selecionando o território de todo o estado do Ceará. Utilizando-se do software QGIS 3.34.13 ‘Prizren’ (QGIS Development Team, 2024), o raster foi então recortado tendo como base os limites da sub-bacia hidrográfica do riacho Boqueirão obtida com o auxílio do *software* GRASS integrado ao QGIS. Após esse tratamento inicial, o produto foi então convertido para um arquivo em formato shapefile, e posteriormente foi reprojetoado para o Datum SIRGAS 2000 em Universal Transversa de Mercator (UTM), para facilitação do cálculo da área em km². O produto foi então constituído de três mapas representando a escala temporal de 20 anos da SBHRB.

O sistema utilizado pelo MapBiomias é hierárquico e possui uma combinação de classes de uso semelhante com o utilizado nas classificações do IBGE (Ribeiro, 2022). As atuais coleções de mapas anuais de cobertura e uso da terra possuem 29 classes mapeadas, das quais nove foram identificadas na SBH do riacho Boqueirão (Tabela 1).

Tabela 1: Classes de uso e cobertura do solo da sub-bacia do riacho Boqueirão, Sobral, Ceará.

ID	Classe	Cor
3	Formação Florestal	
4	Formação Savânica	
12	Formação Campestre	
15	Pastagem	
21	Mosaico de Usos	
24	Área Urbanizada	
25	Outras Áreas Não Vegetadas	
33	Rio, Lago e Oceano	
41	Outras Lavouras Temporárias	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A opção por analisar inicialmente toda a sub-bacia a partir das bases do MapBiomias decorre da necessidade de contextualizar o processo de ocupação e uso do solo em escala ampliada, evidenciando dinâmicas espaciais que influenciam diretamente o médio curso, área foco deste estudo. A avaliação temporal (2003, 2013 e 2023) permitiu identificar tendências regionais de urbanização e substituição de cobertura natural, essenciais para compreender pressões antrópicas ascendentes na bacia. Essa abordagem integrada possibilitou justificar, de forma técnica, o recorte subsequente apenas do médio curso do riacho Boqueirão para o sensoriamento remoto, assegurando coerência metodológica entre escalas de análise e objetivos específicos da pesquisa.

2.3. Tratamento, classificação supervisionada – CBERS 4^a

A metodologia utilizada seguiu os procedimentos utilizados por Albuquerque, Sousa e Lima (2022) e Farias *et al.* (2024), os quais também realizaram levantamentos em sub-bacias hidrográficas do semiárido cearense, com abordagens semelhantes para o sensoriamento remoto e os trabalhos de campo. Os mapas apresentados nesta etapa também foram elaborados utilizando o software de código aberto QGIS. Foram utilizados arquivos vetoriais em formato “shapefile” produzidos pelo autor, para delimitação da bacia e da drenagem, bem como dados do Catálogo de Metadados da Agência Nacional de Águas (ANA) para a Base Hidrográfica Ottocodificada das Bacias Hidrográficas do Atlântico Nordeste Oriental (ANA, 2013) em conjunto com o complemento GRASS.


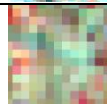
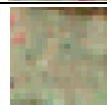
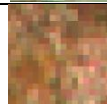
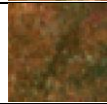

Foram utilizadas imagens do satélite CBERS 4A (China-Brazil Earth Resources Satellite) para a classificação supervisionada, estas estão disponíveis para *download* gratuitamente no site do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As imagens raster, datadas de outubro de 2023, foram reprojetaadas para o Datum SIRGAS 2000, hemisfério sul, zona 24S. O tratamento das imagens incluiu a mesclagem das bandas (RGB e infravermelho), além do recorte para a sub-bacia em estudo, com o objetivo de tornar o manuseio das imagens mais eficiente, assegurando compatibilidade temporal com os dados do MapBiomias. A imagem selecionada buscou uma correspondência que permitisse a integração entre a análise multitemporal em escala regional e o

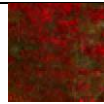


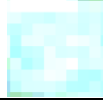
detalhamento em escala local por meio da classificação supervisionada, evitando inconsistências cronológicas e fortalecendo a coerência metodológica do estudo.

Para a classificação supervisionada, foi utilizada a extensão Orfeo ToolBox (OTB). Uma das ferramentas permite que a partir das imagens de satélite seja criado um arquivo com segmentos que apresentem características homogêneas (Grizonnet *et al.*, 2017). Na ferramenta, foi utilizado o algoritmo mean shift, com tamanho mínimo da região de 100 pixels, sendo processado e gerando um arquivo vetorial. Os segmentos gerados foram agrupados em polígonos, classificados com base em amostras de treinamento obtidas por interpretação visual. A definição das classes temáticas foi realizada a partir da integração entre interpretação visual da imagem CBERS 4A, resposta espectral dos alvos, conhecimento prévio da área, literatura fitogeográfica regional e observações de campo.

As classes de uso antrópico foram estabelecidas com base em padrões de forma, textura, tonalidade, localização e associação espacial, considerando áreas urbanizadas, solo exposto, agropecuária, corpos hídricos e vegetação antropizada. Já as classes de cobertura vegetal foram diferenciadas a partir da combinação entre padrões espectrais e critérios geoambientais, como posição no relevo, proximidade com canais de drenagem e composição florística observada em campo (Moro *et al.*, 2015). Ao final do processamento, foram identificadas 10 classes distintas, considerando a composição espectral da imagem utilizada, com a seguinte combinação de bandas: infravermelho, azul e verde (Tabela 2).

Tabela 2 - Pixels homogêneos utilizados na segmentação e identificação de classes de uso, ocupação e vegetação do SBHRB, Sobral, Ceará.

Classe	Pixel
Urbano – Município de Sobral	
Urbano – Localidades	
Agropecuária	
Vegetação Antrópica	
Caatinga	
Mata seca	

Mata Úmida	
Mata Ciliar	
Corpo Hídrico	
Área Desmatada (solo exposto)	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A validação da classificação foi realizada por meio de interpretação visual e verificação em campo, com base em pontos amostrais distribuídos no médio curso da sub-bacia. Assim, foi possível confirmar, corrigir e refinar os agrupamentos obtidos pela segmentação, especialmente nas classes vegetacionais, que apresentaram maior semelhança espectral. Embora não tenha sido elaborada matriz de confusão com cálculo de acurácia global ou índice Kappa, adotou-se a validação qualitativa por verdade terrestre, procedimento utilizado para reduzir inconsistências entre os padrões observados na imagem e a realidade de campo. Sendo essa ausência de métricas estatísticas a principal limitação metodológica do estudo.

Dessa maneira, “as atividades de campo foram realizadas no mesmo ano da imagem, de modo a se estabelecer uma correlação entre o padrão da imagem e a verdade terrestre observada” (IBGE, 2013, p. 137). As expedições foram realizadas abrangendo os períodos de chuva e seca entre maio de 2023 e novembro de 2025. Para isso, foram visitados os pontos de coordenada 3°39'10,22”S 40°24'19,2”W (localidade de Boqueirão I), 3°39'07,9S 40°25'09,08”W, 3°36'55.7”S 40°28'06.8”W (localidade de Boqueirão II), 3°38'56.3”S 40°26'58.9”W (localidade de Boqueirão III), 3°38'56,3”S 40°26'58,9”W (Açude Joaquim Dias da Ponte) e 3°38'12.6”S 40°29'13.3”W (Trilha da Ferradura).

Com o intuito de averiguar a presença de áreas de conflito com a legislação ambiental vigente que delimita as Áreas de Preservação Permanente de mata ciliar, foi elaborado um mapa adicional utilizando a ferramenta buffer do próprio SIG. Neste caso, corpo d’água possui no máximo 10 metros de largura, assim segundo a legislação, sua APP fica definida a 30 metros desde a borda da calha do leito regular, possuindo ainda reservatórios artificiais que tem variação de 30 a 100 metros (Brasil, 2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. MapBiomas – série temporal de 2003, 2013 e 2023

A análise dos dados provenientes do MapBiomas, considerando a série temporal dos anos de 2003, 2013 e 2023, permitiu identificar as variações nas classes de uso e cobertura do solo na Sub-bacia Hidrográfica do Riacho Boqueirão (SBHRB). Os valores referentes a cada classe ao longo desse período estão apresentados na Figura 3 e Tabela 3.

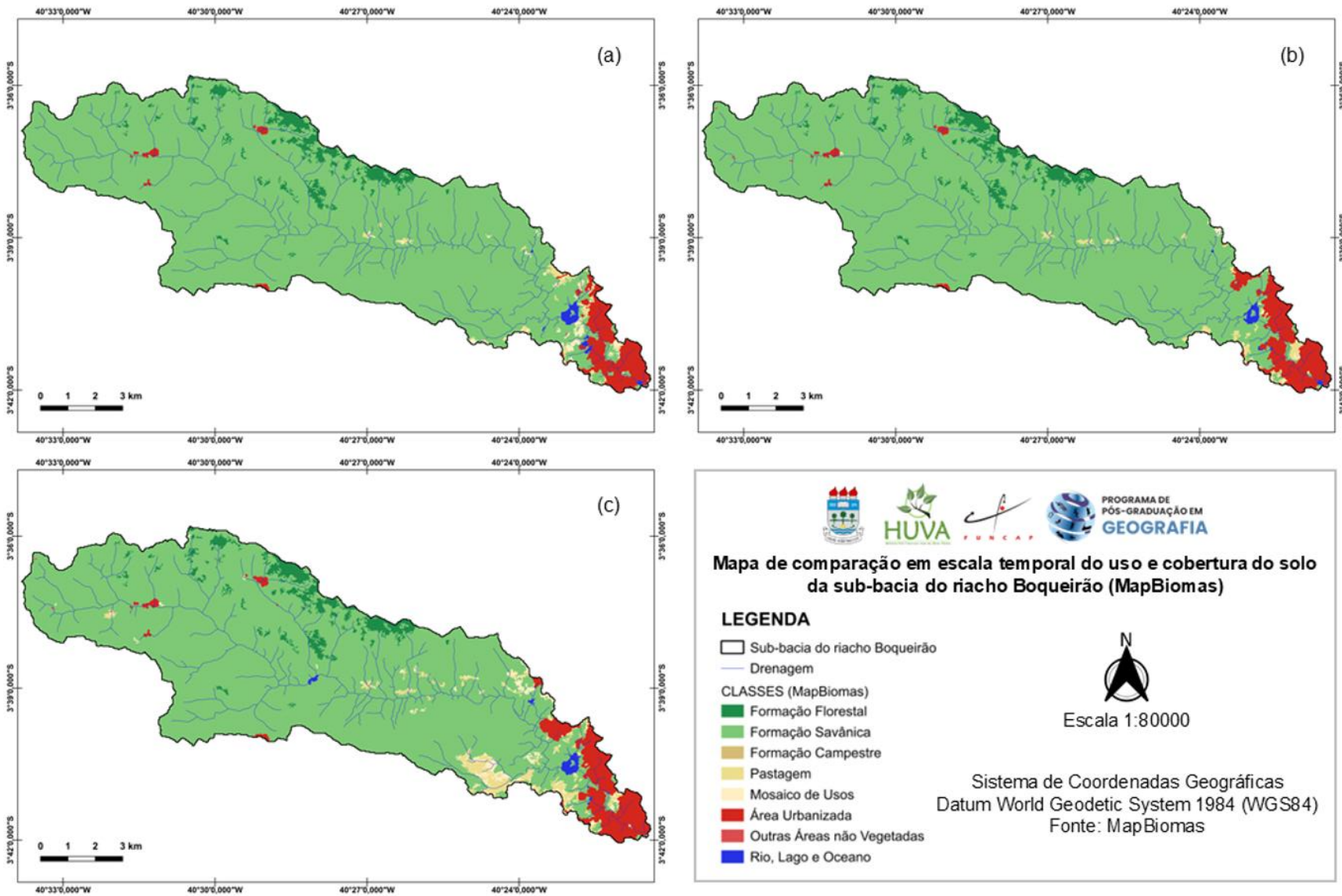


Figura 3 - Mapa de comparação em escala temporal do uso e cobertura do solo da sub-bacia do riacho Boqueirão, Sobral, Ceará (MapBiomias).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Tabela 1: Uso e cobertura de acordo com o MapBiomas na sub-bacia do riacho Boqueirão Sobral, Ceará, em km².

Uso e Cobertura	Área km ²		
	2003	2013	2023
3 - Formação Florestal	4,104	4,090	4,255
4 - Formação Savânica	97,016	96,783	92,958
12 - Formação Campestre	0,005	0,004	-
15 - Pastagem	0,810	1,027	2,699
21 - Mosaico de Usos	0,737	0,141	1,377
24 - Área Urbanizada	4,501	5,277	5,916
25 - Outras Áreas não Vegetadas	0,007	0,023	0,018
33 - Rio, Lago e Oceano	0,490	0,321	0,447
41 - Outras Lavouras Temporárias	-	0,006	0,001
Total	107,671	107,671	107,671

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Os resultados indicam que a Formação Savânica permaneceu como a classe predominante na SBHRB, ocupando 97,016 km² em 2003, 96,783 km² em 2013 e 92,958 km² em 2023. Apesar dessa predominância, houve redução de 4,058 km² ao longo de vinte anos, o que representa diminuição de aproximadamente 90,1% para 86,3% da área total da sub-bacia. O que ocorreu paralelamente ao crescimento de classes associadas a usos antrópicos, como Área Urbanizada, Pastagem e Mosaico de Usos, indicando uma reconfiguração gradual da paisagem.

A diminuição da Formação Savânica deve ser interpretada como um indicador de pressão sobre a cobertura vegetal nativa da sub-bacia (Diniz; Moreira; Corradini, 2008). Em ambientes semiáridos, a substituição da vegetação por usos urbanos e agropecuários tende a reduzir a proteção do solo, favorecer o escoamento superficial e ampliar a suscetibilidade a processos erosivos. Essa interpretação dialoga com Tricart (1977), ao considerar que as intervenções humanas sobre a cobertura vegetal podem modificar o equilíbrio dinâmico dos sistemas ambientais. No contexto do rio Acaraú, observaram que a remoção da caatinga e da vegetação ciliar para implantação de pastagens e agricultura favorece a erosão e o assoreamento da planície fluvial (Mesquita *et al.*, 2016; Lima; Caracristi, 2019; Lima, 2022).

A classe de Área Urbanizada foi a que apresentou maior crescimento, 31,43% ao longo do período de 20 anos (2003–2023), passando de 4,501 km² para 5,916 km². Essa expansão é evidenciada pela intensa ocupação imobiliária, especialmente nos bairros Renato Parente e Nossa Senhora de Fátima (Figura 4), que passaram por um rápido parcelamento do solo (Sousa; Cunha; Holanda, 2012). Tal crescimento está associado às políticas públicas, como a construção do Residencial Nova Caiçara, resultado do programa federal “Minha Casa, Minha Vida”, além de investimentos do setor privado. A expansão urbana também se reflete no aumento da área de solo exposto, principalmente decorrente dos loteamentos e empreendimentos imobiliários, evidenciando a forte pressão antrópica sobre a sub-bacia (Ribeiro; Barros; Lima, 2019).

Esse processo não deve ser compreendido apenas como crescimento físico da cidade, mas como expressão da produção social do espaço urbano. Conforme Corrêa (2023), o espaço urbano é produzido pela ação de diferentes agentes sociais, entre eles o Estado, os proprietários fundiários, os promotores imobiliários e os grupos sociais. No caso da SBHRB, essa produção do espaço ocorre com implicações diretas sobre a drenagem, a cobertura vegetal e as áreas de preservação permanente. Estudos em outras áreas também demonstram que a expansão urbana tende a intensificar a supressão vegetal ocasionando problemas relacionados a degradação, poluição e a ampliação de solo exposto (Farias *et al.*, 2024).

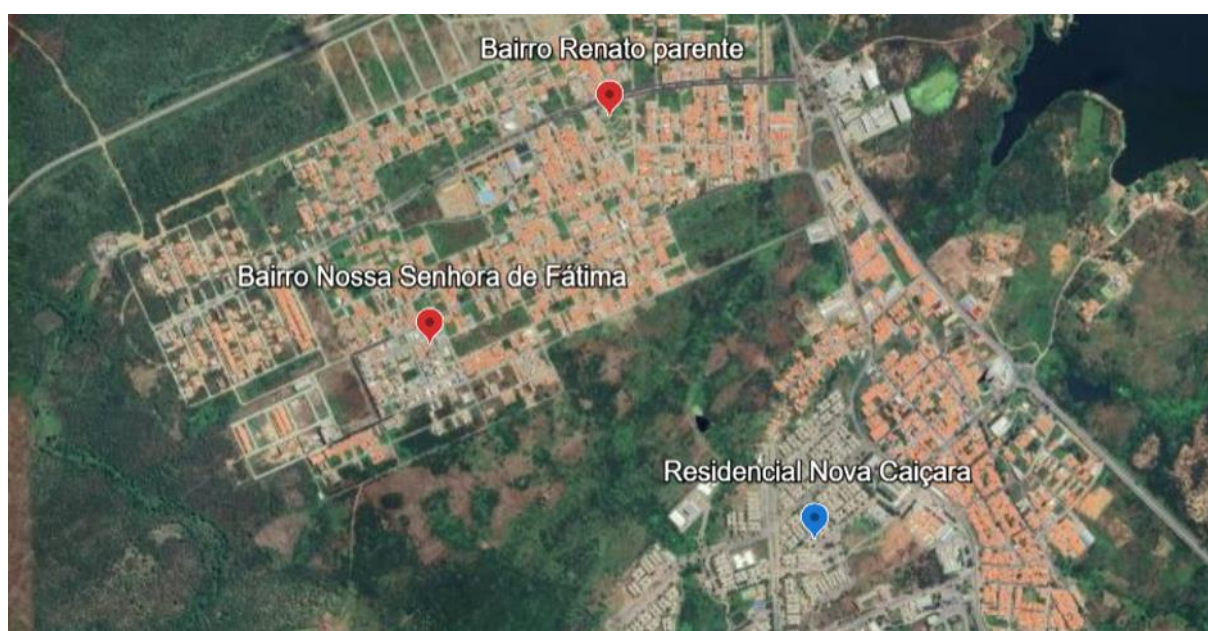


Figura 4 - Localização dos principais polos de avanço de urbanização da sub-bacia hidrográfica do riacho Boqueirão, Sobral, Ceará.
Fonte: Google Earth.

A classe Pastagem apresentou crescimento expressivo, passando de 0,810 km² em 2003 para 2,699 km² em 2023, o que representa acréscimo de 1,889 km². Embora ocupe área menor quando comparada à Formação Savânica, seu crescimento relativo superior a 230% indica intensificação de usos agropecuários na sub-bacia. Essa dinâmica está relacionada à criação de animais no semiárido, principalmente caprinos, ovinos e bovinos, além de práticas agrícolas voltadas tanto à produção de alimento para rebanhos quanto à agricultura familiar (Voltolini *et al.*, 2010).

A agricultura observada na SBHRB pode ser compreendida em dois grupos principais: o cultivo voltado à alimentação animal, geralmente associado a produtores de maior escala, e a agricultura familiar, com espécies como milho (*Zea mays* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai), jerimum (*Cucurbita moschata* Duchesne) e cana-de açúcar (*Saccharum officinarum* L.). Embora a agricultura

familiar tenda a ocorrer em áreas menores e com menor grau de artificialização da paisagem, sua proximidade com canais de drenagem e áreas de mata ciliar exige atenção, especialmente quando há supressão da vegetação ripária ou uso de áreas ambientalmente frágeis. Mesquita *et al.* (2016), ao analisarem o médio curso do rio Acaraú, também associaram o manejo inadequado do solo e a retirada da vegetação nativa à intensificação de processos erosivos e impactos no ecossistema fluvial

A presença crescente de usos antrópicos indica que a paisagem da SBHRB vem assumindo configuração mais fragmentada. Assim, a substituição de formações vegetais por distintos usos do solo produz mosaicos e pode interferir na conectividade da paisagem e na dinâmica hidrológica da bacia. As mudanças observadas na série temporal não representam apenas alterações quantitativas entre classes, mas apontam para uma reorganização funcional da sub-bacia, com potenciais efeitos sobre a conectividade ecológica, a proteção dos solos, os fluxos hidrológicos e a conservação das matas ciliares. Nessa perspectiva, esta paisagem pode ser compreendida como expressão das relações entre sociedade e natureza, uma vez que, ela constitui “reflexo e marca impressa” desta, sendo dinâmica, móvel e historicamente transformada (Bertrand; Bertrand, 2007; Passos, 2021)

Os dados obtidos enfatizam a “incompatibilidade entre o uso e ocupação com as características do ambiente semiárido, na medida em que suas limitações não são respeitadas” (Albuquerque; Sousa; Lima, 2022), uma vez que é possível observar o avanço da modificação de origem antrópica no recorte temporal. Confirmando essa constatação, as expedições de campo revelaram capoeiras com abundância de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.), espécie pioneira-chave comum em áreas degradadas na caatinga, vegetação queimada e compactação do solo devido ao pisoteio do gado bovino (Farias *et al.*, 2024). Essas mudanças reforçam a importância do monitoramento contínuo das alterações no uso do solo, contribuindo para a formulação de políticas públicas mais eficazes e planejamentos territoriais voltados à sustentabilidade ambiental e à organização do espaço urbano (Tavares; Pato; Magalhães, 2012).

A análise em escala confirmou a pertinência metodológica adotada, pois permitiu observar de forma nítida a expansão progressiva da mancha urbana ao longo das últimas duas décadas. Essa tendência revelou que o baixo curso do riacho Boqueirão apresenta praticamente toda a vegetação nativa ciliar suprimida, resultado direto do avanço da ocupação urbana e da intensificação das atividades antrópicas. Assim, a avaliação ampla fornecida pelo MapBiomas não apenas viabilizou a delimitação precisa das áreas mais impactadas, como também subsidiou a compreensão de que o médio curso, embora menos degradado, está inserido em um contexto de transformação acelerada da paisagem.

3.2. Uso, ocupação e vegetação do médio curso da sub-bacia do riacho Boqueirão

A classificação supervisionada da imagem CBERS 4A permitiu detalhar o uso, a ocupação e a cobertura vegetal do médio curso da sub-bacia hidrográfica do riacho Boqueirão, ampliando a diferenciação temática em relação ao mapeamento disponibilizado pelo MapBiomias. O auxílio de mapeamentos anteriores referentes às unidades fitoecológicas e geoambientais foi fundamental para a definição das classes, especialmente no reconhecimento das diferentes formações vegetais presentes na área. Esse detalhamento é representado espacialmente na Figura 5 e apresentado na Tabela 4.

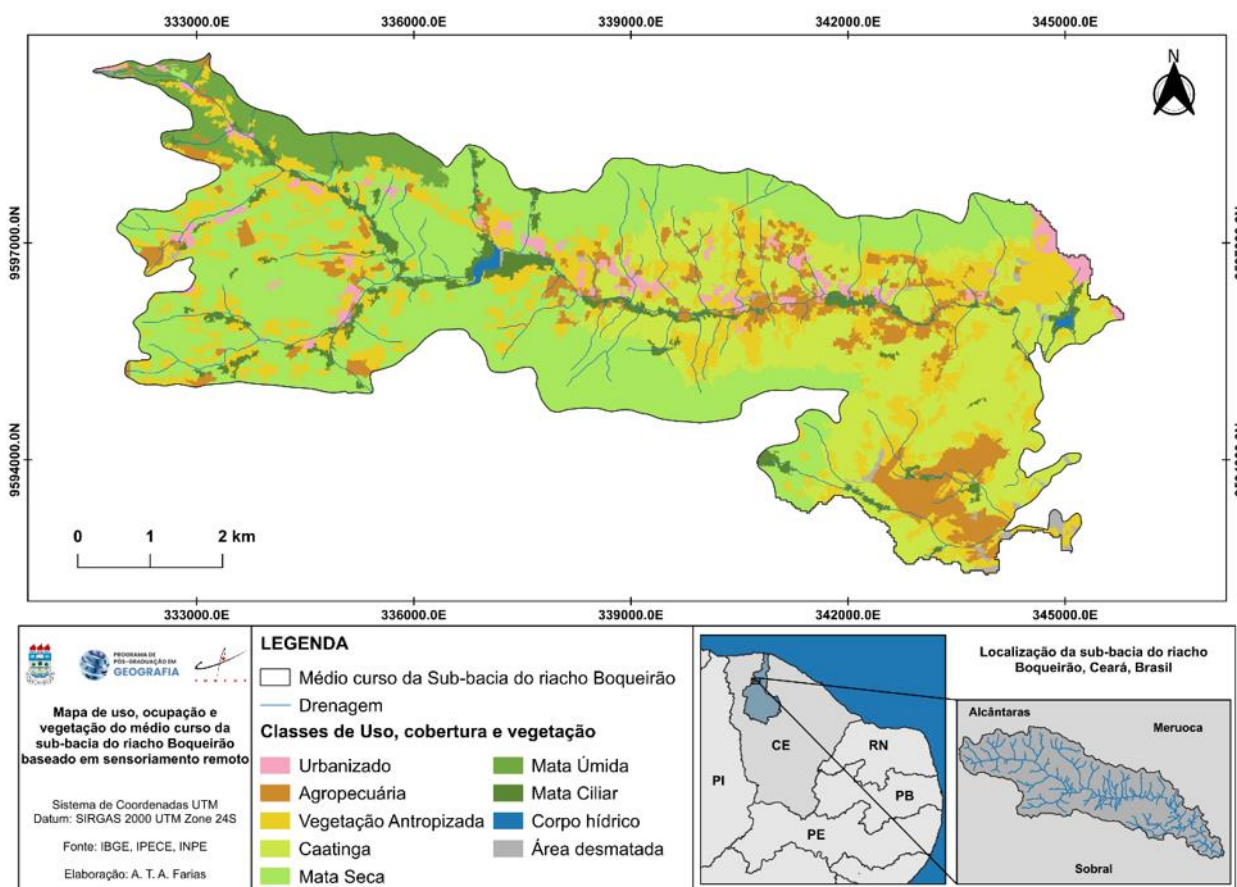


Figura 5 - Mapa de uso, ocupação e vegetação do médio curso da sub-bacia do riacho Boqueirão, Sobral, Ceará, baseado em sensoriamento remoto.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Tabela 2: Uso, cobertura e vegetação do médio curso da sub-bacia do riacho Boqueirão, Sobral, Ceará.

Uso e Cobertura		Área km ²	%
Área urbanizada	Urbano	0,24056	0,52
	Rural	1,10064	2,39
Agropecuária		3,7621	8,17
Vegetação Antropizada		8,8647	19,24
Caatinga		10,00268	21,71
Mata Seca		17,58994	38,18
Mata Úmida		2,16967	4,71

Mata Ciliar	1,89845	4,12
Corpo hídrico	0,12862	0,28
Área desmatada	0,31488	0,68
Total	46,07224	100

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Em consonância com a tendência indicada pela análise multitemporal do MapBiomas, os resultados obtidos por sensoriamento remoto demonstraram que parte expressiva do médio curso ainda apresenta cobertura vegetal relativamente conservada. As classes Mata Seca do Cristalino, Caatinga do Cristalino, Mata Úmida do Cristalino e Mata Ciliar somaram aproximadamente 31,66 km², correspondendo a 68,72% da área analisada. Esse resultado indica que, apesar das pressões antrópicas observadas na sub-bacia, o médio curso ainda desempenha papel importante na manutenção de remanescentes vegetacionais e na conectividade ambiental entre os setores serranos e as áreas mais rebaixadas da Depressão Sertaneja.

A Mata Seca foi a classe predominante, ocupando 17,58 km², equivalente a 38,18% do médio curso. Essa vegetação corresponde à Mata Seca do Cristalino (Moro *et al.*, 2015), formação típica de áreas de transição entre o núcleo semiárido, dominado pela caatinga, e setores mais úmidos. Também pode ser relacionada à Floresta Estacional Decidual Montana (Lima *et al.*, 2007). Sua predominância reforça o caráter transicional do médio curso da SBHRB, marcado pela influência do relevo, da altitude e das condições climáticas associadas ao Maciço Residual da Serra da Meruoca.

A Caatinga ocupou cerca de 10,00 km², correspondendo a 21,71% da área. Essa classe representa uma das principais expressões da cobertura vegetal do semiárido no médio curso, associada a condições de menor umidade, solos mais rasos e maior exposição às irregularidades climáticas (Souza *et al.*, 2022; Moro *et al.*, 2024). Contudo, sua análise deve ser feita em conjunto com a classe de Vegetação Antropizada, pois parte das áreas alteradas podem corresponder a ambientes de caatinga submetidos a perturbações recorrentes, como corte, pastejo, queimadas, abertura de roçados, retirada de lenha e bioinvasão (Silva *et al.*, 2017).

A Vegetação Antropizada ocupou 8,86 km², ou 19,24% da área total, constituindo a segunda maior classe individual depois da Mata Seca. Esse dado é relevante pois indica que uma parcela expressiva da vegetação do médio curso apresenta sinais de alteração por atividades humanas. Essas áreas não representam necessariamente ausência total de cobertura vegetal, mas sim ambientes em diferentes graus de simplificação estrutural e florística. A ocorrência de espécies como jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) e o marmeleiro (*Croton blanchetianus* Baill.) (Sabino; Cunha; Santana, 2016; Farias *et al.*, 2024), podendo indicar processos de antropização ou regeneração secundária.

A presença significativa de vegetação antropizada evidencia que a transformação da paisagem não ocorre apenas pela substituição direta da vegetação por áreas urbanas ou agropecuárias. Em

muitos casos, a degradação manifesta-se de forma gradual, por meio da redução da diversidade florística, intensificação do efeito de borda e diminuição da capacidade da vegetação de proteger o solo e manter funções ecológicas. Esses espaços antropizados na caatinga da SBHRB exemplificam o fato de que o semiárido ainda é marcado por regulares ciclos de desmatamentos (Oliveira; Cruz; Sousa, 2021). Uma vez que são áreas fortemente antropizadas é interessante que houvesse uma articulação do poder público e das comunidades locais, para um melhor uso, manejo e aproveitamento desses ambientes.

A Mata Úmida do Cristalino ocupou 2,16 km², equivalente a 4,71% da área, concentrando-se em setores com condições ambientais mais favoráveis à umidade, associados à maior altitude, influência orográfica e diferenciação climática local (Nascimento *et al.*, 2024; 2025). Ainda que represente pequena proporção do médio curso, essa classe possui importância ecológica por indicar a presença de ambientes mais úmidos inseridos em uma matriz semiárida, o que reforça a heterogeneidade ambiental da SBHRB.

As classes diretamente associadas ao uso antrópico também merecem destaque. A agropecuária ocupou 3,76 km², representando 8,17% do médio curso, enquanto as áreas urbanas e rurais somaram 1,34 km², ou 2,91%. A área desmatada (solo exposto) correspondeu a 0,31 km², equivalente a 0,68%. Embora esses valores sejam inferiores aos das formações vegetais, sua importância está relacionada à localização e ao potencial de pressão sobre áreas sensíveis, especialmente bordas de fragmentos, matas ciliares e setores próximos à rede de drenagem.

Os corpos hídricos também ganham destaque no sensoriamento remoto e na escala temporal, destacando-se o Açude Joaquim Dias da Ponte (Boqueirão). Segundo o Boletim de Sobral (2006), o açude Boqueirão foi inaugurado em 29 de novembro de 2006 e possui capacidade para armazenar 6.160.842 m³, servindo para o abastecimento da comunidade local, usos domésticos e para irrigação.

3.3. Fragmentação da mata ciliar e conflitos em Áreas de Preservação Permanente

No conjunto das classes mapeadas, a Mata Ciliar ocupou 1,89 km², equivalente a 4,12% da área analisada. Embora apresente distribuição naturalmente linear e menor expressão espacial em comparação com outras formações vegetais, sua importância ecológica e hidrológica é significativa. Essa classe exerce papel direto na proteção das margens, na estabilidade dos solos, na manutenção da qualidade da água, na regulação dos fluxos ecológicos e na conectividade entre fragmentos vegetais.

A baixa representatividade espacial da Mata Ciliar, portanto, deve ser interpretada a partir de sua função na paisagem, e não apenas pela área ocupada. Em ambientes semiáridos, essa condição assume maior relevância, pois os cursos d'água dependem fortemente da sazonalidade das chuvas, da conservação das margens e da permanência das faixas ripárias. Nessa perspectiva, Lima (2022)

destaca que a descaracterização dos diques marginais está associada à retirada da vegetação natural, à perda de solos e biodiversidade e à alteração do equilíbrio entre o canal fluvial e a zona ripária.

A distribuição espacial da Mata Ciliar no médio curso da SBHRB revelou um padrão descontínuo, marcado por remanescentes intercalados por áreas de uso antrópico, especialmente vegetação antropizada, agropecuária e ocupações rurais e urbanas. Essa configuração indica fragmentação da vegetação ripária e redução da continuidade dos corredores ecológicos, o que pode comprometer o fluxo gênico, a manutenção da biodiversidade e a estabilidade dos processos hidrológicos e sedimentares (Kuntschik; Eduarte; Uehara, 2014).

A fragmentação observada não deve ser compreendida apenas como separação física entre manchas de vegetação, mas como um processo de perda de qualidade ambiental dos remanescentes. Fragmentos menores e mais isolados tendem a sofrer maior influência da matriz antrópica ao redor, o que pode reduzir sua capacidade de manter espécies mais sensíveis e favorecer a simplificação da estrutura vegetal (Castro; Castro; Souza, 2013; Ribeiro; Barros; Lima, 2019).

Na composição colorida da imagem CBERS 4A, a vegetação ripária destacou-se em tons avermelhados devido ao maior vigor fotossintético mesmo no período seco, correspondente ao mês de captura da imagem, permitindo sua diferenciação em relação às demais classes de cobertura. A Figura 6 evidencia essa distribuição fragmentada da Mata Ciliar e sua relação espacial com o canal principal e as áreas de APP delimitadas.

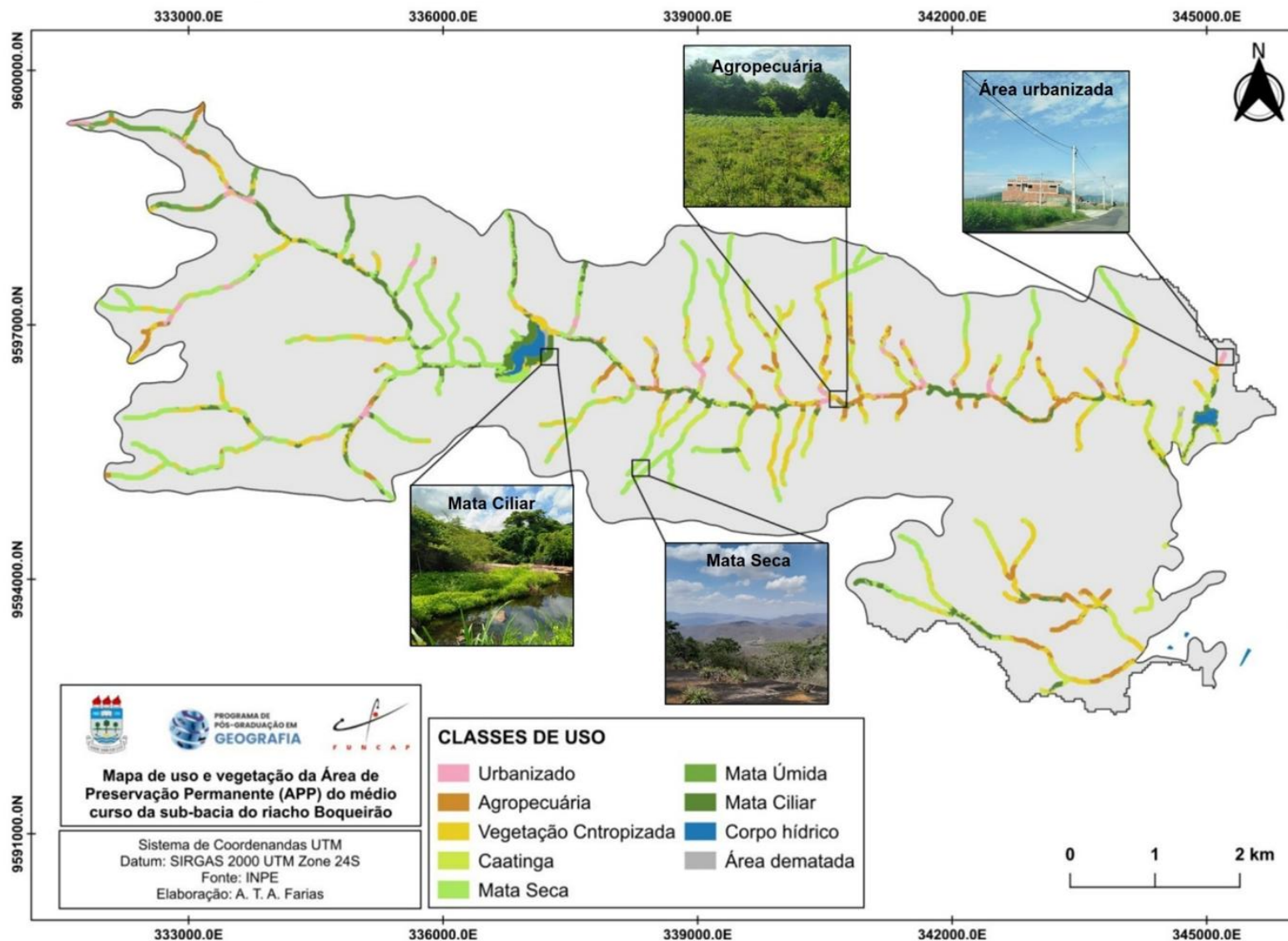


Figura 6 - Uso e vegetação da Área de Preservação Permanente (APP) do médio curso da sub-bacia do riacho Boqueirão, Sobral, Ceará, Brasil.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Esse fator indica a perda de conectividade da paisagem, uma vez que os remanescentes deixam de funcionar como corredores ecológicos contínuos ao longo do curso d'água. Em bacias hidrográficas, a conectividade entre fragmentos vegetais é importante não apenas para o deslocamento da fauna e dispersão de espécies vegetais, mas também para a manutenção dos fluxos ecológicos e hidrológicos. Goerl *et al.* (2011) destacam que a fragmentação representa a ruptura da conectividade entre os elementos da paisagem, podendo alterar a dinâmica hidrológica e ecológica da bacia.

Outro fator com consequências de grande importância para biodiversidade e uso saudável do solo é o “efeito de borda”:

“[...] a faixa de borda do fragmento, a qual está em contato direto com a matriz, se torna sujeita a condições físicas (intensidade de luz e de vento, temperatura, composição do solo, entre outras) distintas daquelas sofridas em seu interior. Com isso, a composição das espécies da borda do fragmento torna-se diferente daquela encontrada em seu interior, criando condições, inclusive, para o estabelecimento das espécies ditas invasoras” (Kuntschik; Eduarte; Uehara, 2014).

A partir da análise por buffer foi avaliado de forma mais específica a relação entre a Mata Ciliar mapeada e as faixas legalmente protegidas. A área potencial de APP delimitada, excluídos os espelhos d'água, correspondeu a aproximadamente 5,34 km². Desse total, apenas 2,5 km² apresentaram cobertura vegetal nativa, o que representa 46,8% da área protegida. Quando considerada exclusivamente a classe Mata Ciliar, o valor encontrado foi ainda menor, correspondendo a 0,74 km², ou 13,89% da APP analisada. Dessa forma, observa-se um déficit de aproximadamente 53,2% de vegetação nativa na APP e de 86,11% quando considerada apenas a classe Mata Ciliar como cobertura ripária efetivamente identificada.

Esse baixo percentual evidencia o desconhecimento e a urgente necessidade de implementar ações eficazes para a proteção dos recursos hídricos e das faixas ripárias. A Lei 12.651 estabelece de maneira pragmática o objetivo das APP em resguardar as paisagens, a biodiversidade, a geologia e o patrimônio genético (Brasil, 2012). Contudo, há problemáticas a serem resolvidas no âmbito do planejamento, gestão e educação ambiental, as quais devem ser enfrentadas para garantir o uso e a ocupação sustentável das áreas adjacentes aos dos recursos hídricos, que são patrimônios inalienáveis (Brasil, 1997; Sousa *et al.*, 2020; Farias *et al.*, 2024).

No âmbito estadual, a Política de Recursos Hídricos do Ceará também reforça a necessidade de compatibilizar o uso da água com sua conservação, proteção e preservação, articulando a gestão dos recursos hídricos ao planejamento ambiental (Ceará, 2010). Assim, a manutenção das faixas ripárias deve ser compreendida não apenas como exigência florestal, mas também como componente da gestão integrada das águas no semiárido cearense.

Os resultados obtidos fornecem subsídios diretos para o planejamento territorial e a formulação de políticas públicas na região, ao evidenciar áreas críticas de fragmentação e desconformidade ambiental. A recomposição desses importantes ambientes devem ser orientados por diagnósticos prévio das condições ambientais, das causas da degradação e do grau de comprometimento dos trechos ripários, priorizando o uso de espécies nativas e adaptadas às condições locais, conforme recomendado para ações de recomposição no semiárido cearense (Oliveira; Alves; França, 2010).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sub-bacia hidrográfica do riacho Boqueirão é um dos importantes afluentes da bacia hidrográfica do rio Acaraú, estando em um posicionamento privilegiado, o que torna um interessante alvo para pesquisas. Localizada entre três municípios (Alcântaras, Meruoca e Sobral), incluindo três unidades geoambientais e geomorfológicas (Maciço Residual, Depressão Sertaneja e Planície Fluvial), a SBHRB apresenta diferentes unidades fitoecológicas (Caatinga, Mata Seca, Mata Úmida e Mata Ciliar). Esta combinação, junto aos fatores socioeconômicos e culturais da região semiárida em que se insere, produz um mosaico que representa a complexa relação entre o ser humano e o meio ambiente.

A abordagem metodológica, baseada na integração entre dados do MapBiomas e classificação supervisionada de imagens de alta resolução, constituiu uma das principais contribuições deste estudo, ao permitir a análise multiescalar da paisagem e o detalhamento das formações vegetais, especialmente da vegetação ripária, frequentemente sub-representada em mapeamentos de menor resolução. Essa integração possibilitou identificar padrões de fragmentação e desconectividade causados principalmente pelo avanço da urbanização e da pecuária no médio curso. Esses aspectos não seriam evidenciados em análises exclusivamente baseadas em dados secundários.

Os resultados demonstraram elevado grau de desconformidade em relação à legislação ambiental vigente, com baixa representatividade de vegetação em APP, evidenciando fragilidades na gestão territorial e na aplicação dos instrumentos normativos. Tal cenário reforça a necessidade de ações prioritárias voltadas à recomposição da vegetação ripária, controle da expansão urbana e promoção de práticas sustentáveis de uso do solo. Do ponto de vista do planejamento territorial, os dados gerados podem subsidiar a formulação de políticas públicas mais eficazes, especialmente no âmbito do ordenamento do uso do solo, da recuperação de áreas degradadas

Do ponto de vista metodológico, destaca-se que a análise foi estruturada a partir da integração entre dados multitemporais do MapBiomas e classificação supervisionada de imagens de alta resolução, o que conferiu consistência à interpretação dos padrões espaciais observados. Ainda assim, como em estudos dessa natureza, há possibilidades de aprimoramento relacionadas à incorporação de

métricas quantitativas mais detalhadas de acurácia e de fragmentação da paisagem, as quais poderiam refinar a análise dos padrões identificados. Além disso, a utilização de recortes temporais específicos mostrou-se adequada para a identificação de tendências de médio prazo, embora séries temporais mais densas possam, em estudos futuros, contribuir para uma compreensão ainda mais detalhada

Espera-se que esta pesquisa contribua para o avanço das análises integradas em ambientes semiáridos ao evidenciar, em escala de sub-bacia hidrográfica, a relação entre uso e ocupação do solo, dinâmica da paisagem e fragmentação de ecossistemas ripários, a partir de uma abordagem multiescalar que articula dados secundários e classificação supervisionada de imagens de alta resolução. Nesse contexto, a pesquisa estabelece bases consistentes para investigações futuras mais aprofundadas, especialmente no que se refere à análises geoecológicas da SBHRB. Tais abordagens podem ampliar a compreensão dos processos ecológicos e funcionais do geossistema, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de conservação e ordenamento territorial.

AGRADECIMENTOS

Ao projeto BPI/FUNCAP BP6-0241-00253.01.00/25 e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos Avançados**, v. 13, n. 36, p. 7–59, 1999.

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 144p.

ALBUQUERQUE, D. S.; SOUSA, M. L. M.; LIMA, E. C. Uso e ocupação das áreas de nascentes do alto curso da sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo, Ceará. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 8, p. 1-26, 2022.

ALMEIDA, J. R. Urbanização em área de risco: diagnóstico dos impactos socioambientais do rio Pirarara no município de Cacoal, Rondônia. **Revista Presença Geográfica**, v. 3, n. 2, p. 25-44, 2016.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Base Hidrográfica Ottocodificada das Bacias Hidrográficas do Atlântico Nordeste Oriental**. 2013.

ARAÚJO, S. M. S. A região semiárida do nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. **Rios Eletrônica: Revista Científicas da FASETE**, v. 5, n. 5, p. 89–98, 2011.

BATISTA, M. L. B.; MOURA, J. E. A.; ALVES, C. L. B. Vulnerabilidade socioeconômica no semiárido cearense. **Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 10, p. 1001-1032, 2020.

BERTRAND, G.; BERTRAND, C **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. 1. ed. Maringá: Oficina De Textos, 2007. 332p.

BOLETIM DE SOBRAL. Prefeitura Municipal de Sobral. **Prefeito Leônidas Cristino inaugura hoje açude do Boqueirão**. 2006. Disponível em: https://www.sobral.ce.gov.br/boletim/2006/b_novembro2006/29.htm. Acesso em: 20 jan. 2025.

BRASIL. **Lei 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, 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 5 ago. 2024.

BRASIL. **Lei 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 1 abr. 2023. Castro; Castro; Souza, 2013.

CARACRISTI, I. Estudo Integrado do Clima da Região do Médio Curso do Rio Acaraú: uma análise geográfica do clima local. **Revista Essentia**, v. 1, n. 1, 2000.

CASTRO, M. N.; CASTRO, R. M.; SOUZA, P. C. A Importância da Mata Ciliar no Contexto da Conservação do Solo. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**, v. 4, p. 230–241, 2013.

CEARÁ. **Lei 14.844 de 28 de dezembro de 2010**. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - SIGERH, e dá outras providências. Fortaleza, 2010. Disponível em: <https://www.srh.ce.gov.br>. Acesso em: 5 ago. 2024.

CEARÁ. **Perfil Básico Municipal de Sobral. Secretaria do Planejamento e Gestão (SEPLAG)**. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), 2017.

CORRÊA, R. L. Sobre agentes sociais, escala e produção do espaço: um texto para discussão. In: CARLOS, A. F. A.; SOUZA, M. L.; SPOSITO, M. E. B. (org.). **A produção do espaço urbano: agentes e processos, escalas e desafios**. São Paulo: Contexto, 2023. Cap. 3. p. 41-51.

CORREIA, R. C.; KILL, L. H. P.; MOURE, M. S. B.; CUNHA, T. J. F.; JESUS JÚNIOR, L. A.; ARAUJO, J. L. P. A Região Semiárida Brasileira. In: VOLTOLINI, T. V. (org.). **Produção de caprinos e ovinos no Semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. p. 21–48.

COSTA, L. R. F.; MAIA, R. P.; BARRETO, L. L.; CLAUDINO-SALES, V. Geomorphology of the Northern Brazilian Northeast: A classification proposal. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 1, p. 185–208, 2020.

CRISPIM, A. B.; SOUZA, M. N.; SILVA, E. V.; QUEIROZ, P. H. B. A questão da seca no semiárido nordestino e a visão reducionista do Estado: a necessidade da desnaturalização dos problemas socioambientais. **Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 39-59, dez. 2016.

- DINIZ, S. F.; MOREIRA, C. A.; CORRADINI, F. A. Susceptibilidade erosiva do baixo curso do rio Acaraú-CE. **Geociências**, v. 27, n. 3, p. 355-367, 2008.
- EVANGELISTA, F. S. M.; LIMA, E. C. Análise geoambiental do vale do riacho Boqueirão-Sobral/CE. **Revista Homem, Espaço e Tempo**, v. 1, n. 1, 2007.
- FACUNDO, A. L.; MORAIS, M. A.; PANSERA, C. Análise Geossistêmica da Degradação de Matas Ciliares do Semiárido Cearense. **Caderno Intersaberes**, v. 9, n. 19, p. 29–38, 2020.
- FARIAS, A. T. A.; FEIJÃO, Y. S.; ABREU, A. S. A.; PORTELA, L. H. X.; NASCIMENTO, J. B. S.; SOUZA, E. B. Vegetação, Uso e Ocupação do Baixo Curso do Riacho Sabonete, Sobral, Ceará, Brasil. **Revista Homem, Espaço e Tempo**, v. 2, n. 17, p. 42–59, 2024.
- FERNANDES, A. Biodiversidade do semi-árido nordestino. **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, n. 1, p. 119-124, 1992.
- FERREIRA, N. C. F.; DUARTE, J. R. M.; OLIVEIRA, L. A. B.; SILVA, E. C.; CARVALHO, I. A. O papel das matas ciliares na conservação do solo e água. **Biodiversidade**, v. 3, p. 171–179, 2019
- GOERL, R. F.; SIEFERT, C. A. C.; SCHULTZ, G. B.; SANTOS, C. S.; SANTOS, I. Elaboração e Aplicação de Índices de Fragmentação e Conectividade da Paisagem para Análise de Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, n. 5, p. 1000-1012, 2011.
- GRIZONNET, M.; MICHEL, J.; POUGHON, V.; INGLADA, J.; SAVINAUD, M.; CRESSON, R. Orfeo ToolBox: open source processing of remote sensing images. **Open Geospatial Data, Software And Standards**, v. 2, n. 1, p. 1-8, 29 jun. 2017.
- KUNTSCHIK, D. P.; EDUARTE, M.; UEHARA, T. H. K. **Matas Ciliares**. 2. ed. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2014. 80p.
- LIMA, J. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N.; ARAÚJO, F. S. Estrutura da floresta estacional decidual montana (mata seca) da RPPN Serra das Almas, Ceará. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 438-440, 2007.
- LIMA, A. C. A.; CARACRISTI, I. Análise dos sistemas ambientais do alto curso da sub-bacia do rio Jaibaras (CE). **Revista Equador**, v. 8, n. 2, p. 332-347, 2019.
- LIMA, E. C. Descaracterização dos diques marginais de rios e riachos em ambientes semiáridos. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. 26, n. 4, p. 1825-1835, 2022.
- MAIA JÚNIOR, L. P. **Estudo dos impactos do desmatamento sobre os microclimas da microbacia do riacho do Boqueirão (Sobral - CE)**. 2011. 128 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.
- MESQUITA, F. N. S. Análise Socioambiental do Médio Curso do rio Acaraú – CE. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 443-451, 2016.
- MORO, M. F.; LUGHADHA, E. N.; FILER, D. L.; ARAÚJO, F. S.; MARTINS, F. R. A catalogue of the vascular plants of the Caatinga Phytogeographical Domain: a synthesis of floristic and phytosociological surveys. **Phytotaxa**, v. 160, n. 1, p. 1, 2015.

- MORO, M. F.; AMORIM, V. O.; QUIROZ, L. P.; COSTA, L. R. F.; MAIA, R. P.; TAYLOR, N. P.; ZAPPI, D. C. Biogeographical Districts of the Caatinga Dominion: a proposal based on geomorphology and endemism. **The Botanical Review**, v. 90, n. 4, p. 376-429, 2024.
- NASCIMENTO, J. B. S.; PORTELA, L. H. X.; FARIAS, A. T. A.; PEIXOTO, A. L.; SOUZA, E. B. Componente arbóreo de um trecho de mata úmida no norte do Planalto da Ibiapaba, Ceará, Brasil. **Revista Territorium Terram**, v. 7, n. 12, p. 316-331, 2024.
- NASCIMENTO, J. B. S.; FARIAS, A. T. A.; LIMA, L. S.; PORTELA, L. H. X.; BRANCO, M. S. D.; MORO, M. F.; PEIXOTO, A. L.; SOUZA, E. B. Riqueza florística de um trecho de mata úmida no Planalto da Ibiapaba, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 18, n. 3, p. 1742-1767, 2 abr. 2025.
- NUNES, M. G. P.; SILVA, C. N. M. Nordeste brasileiro: um olhar sobre o Semiárido e a convivência com a seca. **Revista Geotemas**, Pau dos Ferros, v. 10, n. 3, p. 148-160, 2020.
- OLIVEIRA, J. B.; ALVES, J. J.; FRANÇA, F. M. C. **Recomposição da mata ciliar e reflorestamento no semiárido do Ceará**. Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010. 25p.
- OLIVEIRA, Í. P.; CRUZ, M. L. B.; SOUSA, L. O. F. Riqueza e diversidade da caatinga em área de transição entre sertões semiáridos e brejos de altitude no Ceará. **Revista Geonordeste**, n. 1, p. 27-43, 2021.
- PASSOS, M. M. O GTP bertrandiano transladado para a realidade da Geografia brasileira. **Geosul**, v. 36, n. 80, p. 17-42, 2021.
- PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. Disponível em: <http://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 10 dez. 2024.
- QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System (version 3.34.13)**. Open Source Geospatial Foundation. Disponível em: <https://qgis.org/download/>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- RIBEIRO, F. O. O uso do MapBiomias na análise de perda de vegetação natural e apoio a Legislação Florestal atual em Bragança (Pará). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 10, n. 3, 2022.
- RIBEIRO, J. K.; BARROS, R. O.; LIMA, E. C. Uso e ocupação do solo através de técnicas de geoprocessamento na cidade de Sobral-CE. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 21, n. 2, p. 540-549, 2019.
- SABINO, F. G. S.; CUNHA, M. C. L.; SANTANA, G. M. Estrutura da Vegetação em Dois Fragmentos de Caatinga Antropizada na Paraíba. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 4, p. 487-497, 2016.
- SANTOS, C. M. S.; CARACRISTI, I. Influência do uso e ocupação do solo nas inundações na cidade de Sobral/CE. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 14, p. 235-251, 2022.
- SILVA, J. M. C.; BARBOSA, L. C.; F.; LEAL, I.; TABARELLI, M. The Caatinga: understanding the challenges. In: SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (ed.). **Caatinga: the largest tropical dry forest region in south america**. Cham: Springer Nature, 2017. cap. 1. p. 3-19.

- SILVA, F. E. R.; FALÇÃO SOBRINHO, J. A água e sua importância para o sertanejo no ambiente semiárido cearense. **Revista Equador**, v. 8, n. 2, p. 186-208, 2019.
- SOUSA, M. V. G.; CUNHA, F. S. S.; HOLANDA, V. C. C. Análise espaço-temporal do crescimento imobiliário nos bairros Renato Parente e Nossa Senhora de Fátima, Sobral-CE. **Revista Geonordeste**, n. 1, p. 122-135, 2012.
- SOUSA, M. A.; OLIVEIRA, F. F.; LUCAS, R. S.; LIMA, E. C. Análise geomorfológica uso e ocupação de bacias semiáridas do norte do estado do Ceará: estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Aracati Mirim, Itarema/CE. **Revista Homem, Espaço e Tempo**, v. 13, n. 2, p. 82-96, 2020.
- SOUZA, M. J. N.; LIMA, F. A. M.; PAIVA, J. B. Compartimentação Topográfica do Estado do Ceará. **Ciência Agrônômica**, v. 9, n. 1-2, p. 77-86, 1979.
- SOUZA, E. B.; NEPOMUCENO, F. A. A.; SANTOS, F. D. S.; ARAÚJO, F. F.; NEPOMUCENO, I. V.; PAULA, A. S.; AMORIM, V. O.; BRANCO, M. S. D.; RABELO, S. T.; PINTO, D. M. M.; NASCIMENTO, J. B. S.; MORO, M. F. Flora and physiognomy of Caatinga vegetation over crystalline bedrock in the northern Caatinga domain, Brazil. **Rodriguésia**, v. 73, e. 01252021, 2022.
- TAVARES, A. O.; PATO, R. L.; MAGALHÃES, M. C. Spatial and temporal land use change and occupation over the last half century in a peri-urban area. **Applied Geography**, v. 34, p. 432-444, 2012.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 91p.
- URSULINO, D. M. A. **Estudo Geoquímico de Solos em Áreas Degradadas no Município de Sobral (CE) com Vistas à sua Recuperação**. 2013. 165 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.
- VOLTOLINI, T. V.; NEVES, A. L. A.; GUIMARÃES FILHO, C.; AS, C. O.; NOGUEIRA, D. M.; CAMPECHE, D. F. B.; ARAUJO, G. G. L.; AS, J. L.; MOREIRA, J. N.; VESCHI, J. L. A.; SANTOS, R. D.; MORAES, S. A. Alternativas alimentares e sistemas de produção animal para o Semiárido brasileiro. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. (ed.). **Semiárido Brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. cap. 6. p. 199-242.
- ZANELLA, M. E.; OLÍMPIO, J. L.; COSTA, M. C. L.; DANTAS, E. W. C. Vulnerabilidade socioambiental do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 2, p. 317-332, 2014.