

## CAPÍTULO 8

# ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA EM SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO TOCANTINS, MARANHÃO

*Data de aceite: 01/09/2023*

**Maria Eduarda Pinheiro Bertolino**

Universidade Estadual da Região  
Tocantina do Maranhão  
Imperatriz – Maranhão  
<https://orcid.org/0000-0002-8287-0602>

**Alana Franco Zanini**

Universidade Estadual da Região  
Tocantina do Maranhão  
Imperatriz – Maranhão  
<https://orcid.org/0009-0008-8920-1381>

**Ana Carolina de Araújo Mourão**

Universidade Estadual da Região  
Tocantina do Maranhão  
Imperatriz – Maranhão  
<https://orcid.org/0009-0001-3856-8609>

**Marcelo Francisco da Silva**

Universidade Estadual da Região  
Tocantina do Maranhão  
Imperatriz – Maranhão  
<https://orcid.org/0000-0002-9148-6725>

**Allison Bezerra Oliveira**

Universidade Estadual da Região  
Tocantina do Maranhão UEMASUL  
Imperatriz – Maranhão  
<http://orcid.org/0000-0003-0320-5661>

**Wilson Araújo da Silva**

Universidade Estadual da Região  
Tocantina do Maranhão, Centro de

Ciências Agrárias

Imperatriz – Maranhão

<https://orcid.org/0000-0003-4549-6815>

**Aichely Rodrigues da Silva**

Universidade Estadual da Região

Tocantina do Maranhão

Imperatriz – Maranhão

<https://orcid.org/0000-0001-9447-2380>

**RESUMO:** O uso e a ocupação da terra promovem deterioração nas bacias hidrográficas urbanas que modificam as características físico-químicas e ambientais. Esta pesquisa objetivou analisar a qualidade ambiental na escala espaço-temporal das mudanças do uso da terra em sub-bacias hidrográficas do Rio Tocantins, no município de Imperatriz-MA, entre os anos de 1990 e 2020. A pesquisa delimita o recorte espacial de três sub-bacias do rio Tocantins, a saber: Bacuri, Cacau e Capivara, que drenam o perímetro urbano de Imperatriz. Para isso, foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG), como o QGIS, e a métrica de análise da paisagem pelo *Landscape Ecology Statistics* (LecoS). No período amostral dessa pesquisa, as sub-bacias demonstraram em todos os

cenários redução da formação florestal e da formação savânica. Enquanto na sub-bacia do Cacau houve o aumento de 29,2% dos mosaicos de agricultura e pastagem. As sub-bacias do Bacuri e Capivara apresentaram de 70% a 80% do território ocupado pela urbanização desordenada. Os dados fornecem informações sobre a qualidade ambiental das sub-bacias e podem ter importância para pesquisas futuras e na gestão desses corpos d'água.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade ambiental. Uso e cobertura da terra. *Landscape Ecology Statistics* (LecoS).

## SPACE-TEMPORAL ANALYSIS OF LAND USE AND COVER IN TOCANTINS RIVER SUB-BASINS, MARANHÃO

**ABSTRACT:** Land use and occupation promote deterioration in urban watersheds that modify physical-chemical and environmental characteristics. This research aimed to analyze the environmental quality in the spatio-temporal scale of changes in land use in watersheds of the Tocantins River, in the municipality of Imperatriz-MA, between the years 1990 and 2020. The research delimits the spatial cut of three sub-basins of the Tocantins River, namely: Bacuri, Cacau and Capivara, which drain Imperatriz's urban perimeter. For this, the Geographic Information System (GIS) was used, such as QGIS, and the landscape analysis metric by Landscape Ecology Statistics (LecoS). In the sample period of this research, the sub-basins showed in all scenarios a reduction in forest formation and savanna formation. While in the Cacau sub-basin there was an increase of 29.2% in the mosaics of agriculture and pasture. The Bacuri and Capivara sub-basins showed 70% to 80% of the territory occupied by disorderly urbanization. The data provide information about the environmental quality of the sub-basins and may be important for future research and management of these water bodies.

**KEYWORDS:** Environmental quality. Land use and land cover. Landscape Ecology Statistics (LecoS).

## INTRODUÇÃO

O uso e a ocupação da terra promovem deterioração da qualidade ambiental nas bacias hidrográficas urbanas que modificam as características físico-químicas não só dos corpos d'água, mas também do seu entorno. O crescimento urbano do município de Imperatriz-MA e da região tocantina maranhense, tal qual acontece em diversas cidades brasileiras, tem produzido inúmeros problemas socioambientais, tais como: deslizamentos, alagamentos, inundações, poluição das águas, dentre outros. Esses fatores contribuem para um ambiente degradado, que nas condições atuais da cidade tendem a piorar. Esse processo não está sendo contido, mas ampliado à proporção que o limite da mancha urbana aumenta.

Nas sub-bacias hidrográficas do rio Tocantins, no município de Imperatriz-MA, o que se pode observar na atualidade é a acentuada modificação antrópica. As sub-bacias hidrográficas analisadas neste estudo se constituíram, no passado, em fontes disponíveis de água, porém o crescimento urbano as degrada. As principais formas de agressão das águas superficiais das sub-bacias do rio Tocantins, no município de Imperatriz, se dão

através de despejos de esgotos *in natura* e de resíduos sólidos (Sousa, 2016).

Para a compreensão dos impactos socioambientais sofridos pelas sub-bacias, foi realizada a análise da paisagem. Para Bertrand (2004), em relação às unidades de paisagem, no caso da análise da bacia hidrográfica, pode-se considerar a paisagem como uma porção do espaço que resulta na combinação dinâmica e instável entre os elementos físicos, biológicos e resultantes da ação do homem. As análises ambientais e a integração de características físicas, econômicas e sociais permitem assinalar categorias de identificação e avaliação de impactos ambientais. Com isso, a utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG), como o QGIS, e a métrica de análise da paisagem, pelo *Landscape Ecology Statistics* (LecoS), contribuem na análise das modificações das paisagens em escala espaço-temporal.

A presente pesquisa teve como objetivo utilizar as geotecnologias para análise espaço-temporal das mudanças do uso e da cobertura da terra em sub-bacias hidrográficas do rio Tocantins, no município de Imperatriz-MA. Ademais, a pesquisa buscou determinar as unidades de paisagem e comparar as mudanças ocorridas ao longo de trinta anos (de 1990 a 2020). Pretende-se que esta pesquisa contribua para a gestão dos recursos hídricos, além de incentivar ações para a melhoria das condições ambientais das áreas analisadas. Considerando tudo isso, a pesquisa buscou refletir sobre os cursos d'água que temos e os que queremos, além dos impactos socioambientais gerados e suas consequências para o bem-estar da população.

## **METODOLOGIA**

As sub-bacias hidrográficas do rio Tocantins analisadas foram as dos riachos Bacuri, Cacau e Capivara. Para a pesquisa foram necessárias as seguintes metodologias: revisão bibliográfica, estudo de caso, utilização de técnicas de geoprocessamento e métrica de paisagem.

## **Área de estudo**

A pesquisa delimita o recorte espacial de três sub-bacias do rio Tocantins, que drenam o perímetro urbano de Imperatriz-MA (Figura 1). A região analisada pertence à grande bacia hidrográfica do Araguaia-Tocantins, que possui a rede de drenagem de 991,095 km e área total de 1.368,988 km<sup>2</sup>, além de densidade demográfica de 180,8 hab./km<sup>2</sup>. Todas as sub-bacias se encontram no perímetro urbano de Imperatriz-MA, exceto a sub-bacia do Cacau, que se distribui nos municípios de Imperatriz, Buritirana, Davinópolis, Governador Edson Lobão e Senador La Roque, no Maranhão. Os municípios se localizam na Região Geográfica Intermediária de Imperatriz, Maranhão, e fazem parte da bacia hidrográfica do rio Tocantins.

A geomorfologia corresponde a uma área de depressão do médio vale do rio

Tocantins, de relevo de superfície aplainada e de rede de drenagem de baixa densidade. Seu tipo de solo predominante é o latossolo, caracterizado pelo seu avançado estágio de intemperização, além do argissolo. A economia se destaca no setor de serviços, seguido do setor agrícola e industrial (IMESC-MA, 2021).

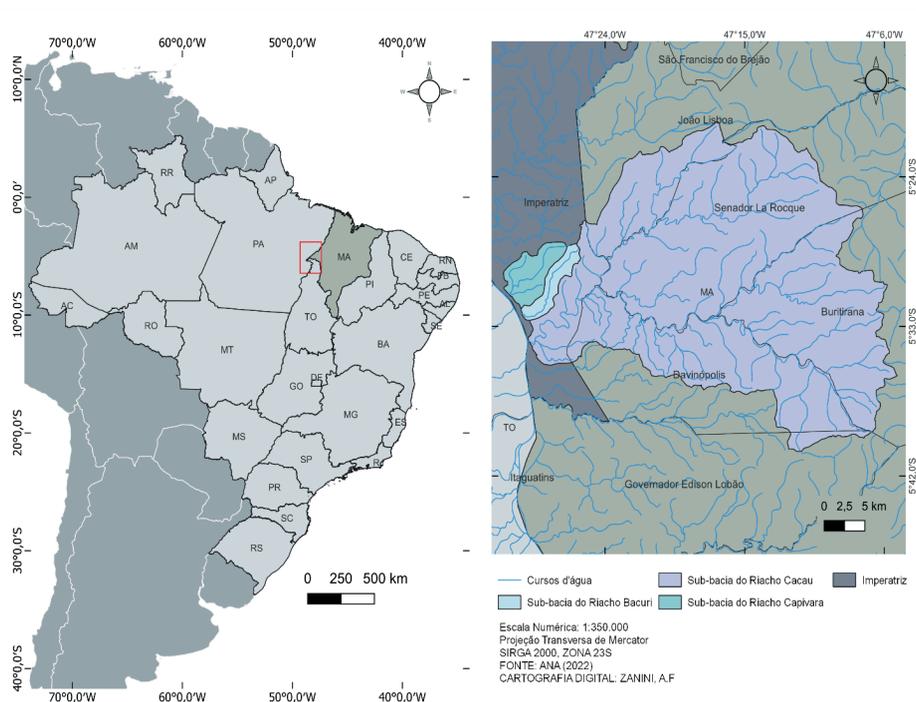


Figura 1. Localização das áreas de estudos das sub-bacias hidrográficas dos riachos Bacuri, Cacau e Capivara, Maranhão.

Fonte: Autores (2023).

A sub-bacia do riacho Bacuri localiza-se na cidade de Imperatriz e possui área de cerca de 17,8 km<sup>2</sup>, percorrendo o município por dezessete bairros. A sub-bacia do Riacho Cacau abrange, além de Imperatriz, outros municípios no estado do Maranhão, a saber: Buritirana, Davinópolis, Governador Edson Lobão e Senador La Roque, com área de cerca de 938,7 km<sup>2</sup>. Para Silva, Silva e Santos (2014), a sub-bacia do Rio Cacau sofre com o avanço da mancha urbana, atrelado à falta de saneamento básico, além das enchentes constantes que causam à população a perda de bens materiais. Já a sub-bacia do Riacho Capivara está situada no perímetro urbano, drenando dez bairros. Essa bacia possui 29 km<sup>2</sup>, e o rio principal possui cerca de 9,8 km.

O Mapbiomas é um projeto interinstitucional que efetua o mapeamento de uso e cobertura da terra do território brasileiro. Nesta pesquisa, utilizaram-se as imagens dos

anos 1990 e 2020. Vale destacar que esse período escolhido representa o marco histórico e econômico do desenvolvimento de Imperatriz, que se iniciou em 1950, passando pelo ciclo do arroz, ciclo da madeira e ciclo do ouro. Contudo, na década de 1990 houve um aumento do comércio de mercadorias e de serviços. Já nos anos 2000 ocorreu a vinda das indústrias. Imperatriz se destaca como o segundo maior centro econômico e populacional do estado do Maranhão nos setores de pecuária, agricultura, extrativismo vegetal, comércio, indústria e serviços.

A identificação das unidades de paisagem para a análise da mudança temporal utilizou o *plugin Landscape Ecology Statistics (LecoS)*, no *software QGIS 3.14 Pi π*. O *LecoS* é capaz de calcular, de forma automatizada, as métricas básicas e avançadas de paisagem com dados de sensoriamento remoto (JUNG, 2016). As classes identificadas nas sub-bacias foram: formação florestal, formação savânica, mosaico de agricultura e pastagem, área não vegetada (solo exposto) e área urbanizada. Foi ainda calculado o índice de diversidade Shannon das espécies vegetais analisadas basearam-se em a fórmula, conforme Kaufmann e Pinheiro (2009):

$$H' = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i \quad \text{Eq.1}$$

Em que:  $p_i = n_i / N$ ,  $n_i$  - número de indivíduos de cada espécie;  $N$  - número total de indivíduos da amostra. O resultado foi expresso em  $\text{bit} \cdot \text{ind}^{-1}$ , considerando-se os seguintes critérios:  $\geq 3,0 \text{ bits} \cdot \text{ind}^{-1}$  representa uma alta diversidade;  $< 3,0$  a  $\geq 2,0 \text{ bits} \cdot \text{ind}^{-1}$  representa uma média diversidade;  $< 2,0$  a  $\geq 1,0 \text{ bits} \cdot \text{ind}^{-1}$  representa uma baixa diversidade e  $< 1,0 \text{ bits} \cdot \text{ind}^{-1}$  representa uma diversidade muito baixa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta pesquisa, o período amostral de 1990 e 2020 retratou que as sub-bacias hidrográficas têm suas classes predominantes e que, no decorrer dos anos, o tamanho das áreas de ocupação dessas classes sofreu mudanças, sendo que algumas expandiram e outras retraíram (Tabela 1).

	Unidade de Paisagem	1990		2020		Diferença (1990 – 2020)
		Área (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)	Percentual (%)
Sub-bacia do Riacho Bacuri	Formação Florestal	1,33	7,2	0,5	2,6	- 4,6%
	Formação Savânica	0,3	1,5	0,2	0,9	- 0,6%
	<i>Índice Shannon</i>	0,9		0,6		
	Mosaico de Agricultura e Pastagem	6,0	32,6	2,2	12,0	-20,6%
	Área não vegetada (solo exposto)	0,03 0,2		0,02	1,3	1,1%
	Área Urbanizada	10,8	58,4	15,3	83,1	24,7%
Sub-bacia do Riacho Cacau	Formação Florestal	667,8	71,6	380,3	40,3	-31,3%
	Formação Savânica	22,3	2,3	25,2	2,7	0,4%
	<i>Índice Shannon</i>	1,2		0,6		
	Mosaico de Agricultura e Pastagem	223,9	23,6	498,9	52,8	29,2%
	Área não vegetada (solo exposto)	4,4	0,5	6,0	0,6	0,1%
	Área Urbanizada	17,8	1,9	32,9	3,5	1,6%
Sub-bacia do Riacho Capivara	Formação Florestal	3,7	12,9	2,0	7,0	5,9
	Formação Savânica	0,4	1,5	0,5	1,8	0,3%
	<i>Índice Shannon</i>	1,0		0,8		
	Mosaico de Agricultura e Pastagem	6,5	22,4	4,7	16,2	-6,2%
	Área não vegetada (solo exposto)	0,1	0,4	0,3	1,2	0,8%
	Área Urbanizada	18,2	62,8	21,3	73,6	10,8%

Tabela 1. Evolução do uso, ocupação e cobertura da terra e percentual de paisagem nas sub-bacias hidrográficas dos riachos Bacuri, Cacau e Capivara, no Maranhão.

Fonte: Autores (2023).

A sub-bacia do riacho Cacau, na Tabela 1, em 1990, foi a que apresentou a maior área de formação florestal, o que representou 71,6% (677,8 km<sup>2</sup>). Por outro lado, em 2020 passou para 40,3% (380,3 km<sup>2</sup>), isto é, uma redução de 31,3% nessa unidade de paisagem no período de 30 anos (Figura 2). O índice de diversidade de *Shannon* na sub-bacia do Cacau foi de 1,2 bits.ind<sup>-1</sup> (em 1990) baixa diversidade para 0,6 bits.ind<sup>-1</sup> (em 2020) muito baixa. Com o menor percentual de formação florestal temos a sub-bacia do Bacuri que, em 1990, foi de 7,2%, e em 2020 passou para 2,6%. O índice *Shannon* para essa bacia representou muito baixa diversidade em 1990 e 2020, sendo 0,9 e 0,6 bits.ind<sup>-1</sup>. Essa área está localizada a montante da sub-bacia, próximo ao município de João Lisboa. Na sub-bacia do Cacau está localizada a Reserva Extrativista da Mata Grande (RESEX da Mata Grande). Essa RESEX foi criada para assegurar a preservação dos babaçuais e o acesso sustentável a este e aos demais recursos naturais presentes na UC. Na pesquisa

de Masullo, Gurgel e Laques (2016), na RESEX Mata Grande entre os anos de 1990 e 2016 ocorreu a redução de cerca de 25% de floresta (babaçual e mata de galeria) e o aumento dos mosaicos de pastagens.

As sub-bacias do Bacuri e Cacau se encontram em perímetros urbanos perderam a área vegetada para a construção de obras residenciais como consequência da expansão da urbanização. Esse cenário demonstra que a sub-bacia do Riacho Bacuri sofre com o processo de urbanização ao longo do tempo. Além disso, nas sub-bacias analisadas constatou-se uma redução na área florestal devido ao avanço da fronteira agrícola na Amazônia Legal, o que provocou a mercantilização da natureza pela expropriação de recursos naturais direcionados para a produção de *commodities* agrícolas para o mercado externo, implicando pouco dinamismo regional-local (Oliveira, 2019).

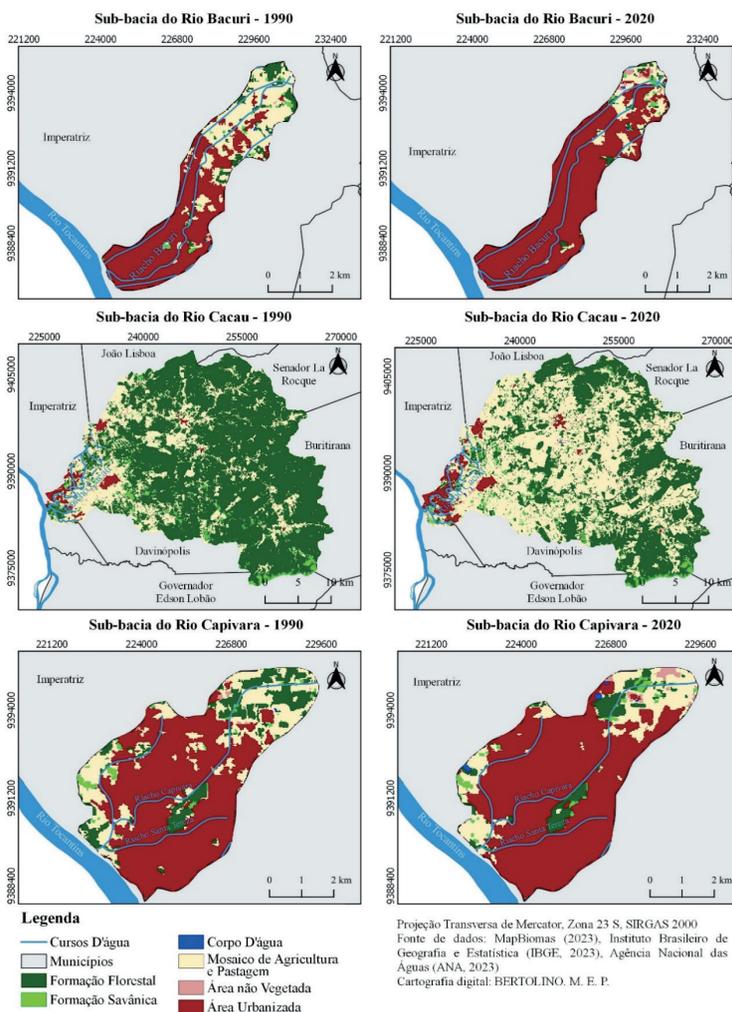


Figura 2. Uso e da cobertura da terra, nos anos de 1990 e 2020, nas sub-bacias hidrográficas dos riachos Bacuri, Cacau e Capivara, no Maranhão.

Fonte: Autores (2023).

A formação savânica foi encontrada em pequeno percentual nas sub-bacias (Tabela 1) pertencentes à área de transição com o domínio dos cerrados, caracterizados pelas suas duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca. No período da pesquisa, a sub-bacia do Cacau apresentou 2,3% (22,3 km<sup>2</sup>) dessa vegetação, enquanto as bacias do Bacuri e Capivara apresentaram 1,5% em 1990. Conforme Silva e Santos (2015), na sub-bacia do Cacau, a vegetação de cerrado encontra-se a 300 m de altitude e está localizada nas proximidades das nascentes. O cerrado é um dos principais biomas maranhenses, sendo um ambiente de grande biodiversidade e favorável para a expansão da fronteira agrícola na região. Contudo, nessas localidades pode ser encontrada a vegetação secundária (vegetação que substituem a vegetação primária).

O mosaico de agricultura e pastagem é caracterizado por pastagem antrópica e/ou natural, somado às áreas de vegetação secundária de baixo porte e árvores esparsas. Nas sub-bacias, a maior redução ocorreu na sub-bacia do Bacuri, que em 1990 apresentou 32,6% (6 km<sup>2</sup>) de sua área; e em 2020, cerca de 12% (2,2 km<sup>2</sup>), configurando a urbanização dessa sub-bacia (Figura 2). Por outro lado, na sub-bacia do Cacau é crescente o avanço dos mosaicos de agricultura e pastagem: em 1990, foi de 23,6% (223,9 km<sup>2</sup>), e em 2020 representou 52,8% (498,9 km<sup>2</sup>), ou seja, um aumento de 29,2% da pastagem de caráter extensivo em trinta anos (Figura 2). Conforme o Censo Agropecuário de 2017, o número de cabeças de gado nos municípios analisados na sub-bacia do Riacho Cacau foi de 267.234, a saber: Buritirana (54.176 cabeças), Davinópolis (13.407 cabeças), Imperatriz (67.583 cabeças), João Lisboa (82.702 cabeças) e Senador La Rocque (49.366 cabeças).

Vale destacar que a pecuária causa o aumento do desmatamento e dos conflitos socioespaciais no município de Imperatriz e região. Nesse sentido, as áreas não vegetadas ou de solo exposto, nesta pesquisa, apresentaram menor percentual do uso da terra, com aumento, no período amostral, de 1,1%, 0,8% e 0,1% nas sub-bacia do Bacuri, Capivara e Cacau, nessa ordem (Tabela 1). Essas áreas das sub-bacias foram desmatadas para as práticas da pecuária e depois apresentaram-se como potenciais áreas de loteamento e de expansão das manchas urbanas. As sub-bacias que fazem limite com o município de Imperatriz se encontram em localidades com forte processo de urbanização e intenso nível de impermeabilização (Guimarães *et al.*, 2019).

As áreas urbanizadas nas sub-bacias foram mais expressivas ainda em 1990 na sub-bacia do Capivara, com 62,8% (18,2 km<sup>2</sup>) da área dessa sub-bacia, e em 2020 com 73,6% (21,3 km<sup>2</sup>). Esse mesmo cenário foi encontrado na sub-bacia do Bacuri, que em 1990 comportava apenas 58,4% (10,8 km<sup>2</sup>) de área urbanizada, e em 2020 passou a comportar 83,1% (15,3 km<sup>2</sup>). Já a sub-bacia do Cacau presenciou o menor crescimento dessa unidade de paisagem: de 1,9% (17,8 km<sup>2</sup>) em 1990 para 3,5% (32,9 km<sup>2</sup>) em 2020. Para Schueler, Fraley-Mcneal e Capiella (2009), as bacias hidrográficas com urbanização acima de 10% são consideradas impactadas. Nessa lógica, apenas a sub-bacia do Cacau não seria considerada impactada.

Também é preciso considerar que o município de Imperatriz-MA passou por um processo de ocupação irregular durante a primeira metade do século XX: a população passou de 7.889 para 14.064 habitantes. Porém, a partir da década de 1950 até os anos 2000 a população desse município ultrapassou para 230.000 habitantes (Santos; Nunes; Santos, 2020). Esse aumento, na segunda metade do século XX, demonstrou como o crescimento populacional ocorreu de forma exponencial, implicando na ocupação desordenada. O aumento desordenado da área de mancha urbana nas sub-bacias hidrográficas analisadas pode causar alteração no ciclo hidrológico pelo aumento da impermeabilização do solo, pela redução na infiltração, pelo aumento do escoamento superficial contaminado por poluentes devido ao uso do solo, tráfego na região e lançamento de efluentes domésticos nos cursos d'água. Para Pacífico Filho *et al.* (2020) as cidades médias amazônicas como Imperatriz apresentam efeitos promissores das políticas de desenvolvimento para a Amazônia; contudo os dados de saneamento básico e homicídios demonstram que os aspectos econômicos não se reverteram em bem-estar-social.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No período amostral dessa pesquisa, 1990 e 2020, as sub-bacias analisadas em todos os cenários demonstraram redução da formação florestal (áreas com predomínio do estrato arbóreo e com formação de dossel). Esse fato é corroborado pelo desmatamento, para a instauração da cultura da agropecuária representada pela classe de mosaico de agricultura e pastagem. Além da perda da vegetação nativa (floresta e savânica) e a introdução de pastagem e lavouras temporárias, também se constatou a expansão da área urbana (mancha urbana), acompanhada pelos investimentos econômicos na região.

Neste estudo, constatou-se que as sub-bacias do Bacuri e Capivara apresentam de 70% a 80% do território ocupado pela urbanização desordenada. Esse cenário pode dificultar a restauração desses cursos d'água, além de provocar impactos socioambientais como inundações, perdas econômicas e proliferação de doenças pela falta de saneamento ambiental inadequado.

Por meio da utilização da ferramenta *LecoS* foi possível determinar as unidades de paisagem e a métrica do uso e da cobertura da terra ao longo de trinta anos. Os dados fornecem informações sobre a qualidade ambiental das sub-bacias e podem ter importância para pesquisas futuras e na gestão desses corpos d'água.

## AGRADECIMENTOS

Os pesquisadores agradecem ao financiamento das bolsas de Iniciação Científica, à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) e à Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL).

## REFERÊNCIAS

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. **Revista RA´E GA**, v.8, p. 141-152, 2004.

Censo Agropecuário. 2017. Disponível em: [https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/pecuaria.html?localidade=21&tema=75652](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pecuaria.html?localidade=21&tema=75652) . Acesso em: 23 maio 2023.

GUIMARÃES, B. R. M. L.; ARAÚJO, D. S.; L. C.; DOS SANTOS, B. R. (2019). Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Riacho Capivara na Cidade de Imperatriz-Maranhão. **Revista FSA**, v. 16, n. 6, p. 1- 10, 2019.

INSTITUTO Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC-MA. **Enciclopédia dos Municípios Maranhenses**: Região de Desenvolvimento do Tocantins maranhense. São Luís, v.7, 2021. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/IMESC-MA.pdf> . Acesso em: 05 maio 2023.

JUNG, M. LecoS — A python plugin for automated landscape ecology analysis. **Ecological Informatics**, v. 31, pp. 18–21, 2016.

MAPBIOMAS. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 05 maio 2023.

MASULLO, Y. A. G.; GURGEL, H. da C.; LAQUES, A.-E. Análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra das Reservas Extrativista da Mata Grande e Ciriaco, Maranhão. **Anais...XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. INPE Santos-SP, 2017.

OLIVEIRA, A. B. Indústria de celulose e o avanço da silvicultura do eucalipto na fronteira agrícola da Amazônia maranhense. **Geosul**, ed. esp. Dossiê Agronegócios no Brasil, v. 34, n. 71, p. 301-327, 2019.

PACÍFICO FILHO, M.; PONTES, T. B.; PEREIRA, L. T. M.; CARDOSO, A. C. Cidades Médias na Amazônia Legal: Araguaína/TO, Imperatriz/MA e Marabá/PA – indutoras de desenvolvimento e desigualdades. **Redes - Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 25, p. 1477-1503, 2020.

RODRIGUES, J. A. M.; VIOLA, M. R.; MELLO, C. R. de; MORAIS, M. A. V. **Hydrological regionalization of streamflows for the Tocantins River Basin in Brazilian Cerrado biome**. *Rev. Ambient. Água*, v. 16, n. 6, e2716, 2021.

SANTOS, R. L.; NUNES, F. G.; DOS SANTOS, A. M. Qualidade ambiental do município de Imperatriz-MA: uma análise multicritério de indicadores intra-urbanos. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 78, p. 1–20, 2020.

SCHUELER, T. R.; FRALEY-MCNEAL, L.; CAPIELLA, K. Is impervious cover still important? Review of recent research. **Journal of Hydrologic Engineering**, 14 (4), pp. 309-315, 2009.

SILVA, A. R.; SANTOS, L. C. A. Análise antropogênica da bacia hidrográfica do rio Cacaú-MA. **Revista GeoUECE**, v. 4, n. 6, p. 140-150, 2015.

SILVA, A. R. da. Análise da paisagem em um afluente do rio Tocantins no município de Imperatriz -MA. **Revista Contexto Geográfico**, v. 7, n. 15, p. 134–146, 2023.

SOUSA, R. **Efeitos da expansão urbana na microbacia do Riacho Capivara, Imperatriz – Maranhão**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional). Centro Universitário Alves Faria, Goiânia - GO. 2016. 119p.

KAUFMANN, V.; PINHEIRO, A. Relações entre diversidade íctia e fatores hidrodinâmicos de um riacho na bacia do rio Uruguai. **Biota Neotrop.**, v. 9, n. 1, p. 47 – 53, 2009.