



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Avaliação das mudanças no uso da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu na região amazônica maranhense

Juliana Lopes Almeida¹, José Fernando Rodrigues Bezerra², José de Ribamar Carvalho dos Santos³, Marly Silva de Moraes⁴ e Gilberlene Serra Lisboa⁵

¹Doutoranda em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará – UFPA, Rua Augusto Corrêa, 01 Guamá, Belém, Pará. E-mail: julianaalmeida.engenharia@outlook. ²Doutor e Professor da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, Cidade Universitária Paulo VI, São Luís, Maranhão. E-mail: fernangeo@hotmail.com. ³Mestre em saúde e ambiente, Universidade Estadual do Maranhão – UFMA, Avenida dos Portugueses, 1966 – Vila Bacanga, São Luís, Maranhão. E-mail: ribatejo@gmail.com. ⁴Doutoranda em Geografia, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Cidade Universitária Zeferino Vaz – Barão Geraldo, Campinas, São Paulo. E-mail: marlymoraes22@hotmail.com. ⁵Doutoranda em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Avenida Pedro Calmon, 550 – Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. E-mail: gilberlene_serra@yahoo.com.br.

Artigo recebido em 12/01/2022 e aceito em 21/06/2021

RESUMO

O aumento da demanda de matéria-prima para saciar a necessidade de consumo tem ocasionado modificações na paisagem, como a transformação de áreas vegetadas em pastos e terras cultiváveis. Estas alterações afetam diretamente na ciclagem de nutrientes, na disponibilidade de água, a estrutura do solo e o clima, pois a cobertura vegetal é responsável pela estabilidade da bacia. Este estudo tem como objetivo mapear as classes de uso e ocupação da terra, a fim de verificar e quantificar as mudanças estruturais da paisagem ocorridas entre os anos 1985 e 2019, na Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu. Pois esta região, além de possuir uma alta complexidade ambiental, apresenta escassez de informações. Por isso, surge a necessidade de buscas por metodologias que auxiliem no estudo de análise de paisagem para a compreensão de determinadas relações ecológicas. Diante disso, a partir dos dados do MapBiomas foi possível elaborar o mapa da evolução do uso e ocupação da terra e analisar as métricas de paisagem. Com o mapa de uso e ocupação da terra caracterizou-se, quantitativamente, a área das classes presentes na bacia. No período estudado (1985 e 2019), houve mudanças significativas, como a redução da área de florestas e o surgimento de novas classes. As métricas de paisagem foram obtidas por meio da extensão Patch Analyst, mostrou a evolução da estrutura dos fragmentos durante os anos 1985 e 2019. Os resultados obtidos nesta pesquisa permitem concluir que a bacia sofre graves pressões antrópicas ocasionadas, principalmente, pela transformação de florestas em área de pastagem.

Palavras-chave: Paisagem, Fragmentação Florestal, Unidade de Conservação

Assessment of land use changes in the Turiaçu River Basin in the Amazon region of Maranhão

ABSTRACT

The increased demand for raw material to satisfy the need for consumption has caused changes in the landscape, such as the transformation of vegetated areas into pastures and arable land. These changes directly affect nutrient cycling, water availability, soil structure and climate, as vegetation cover is responsible for the stability of the basin. This study aims to map the land use and occupation classes, in order to verify and quantify the structural changes in the landscape that occurred between 1985 and 2019, in the Turiaçu River Basin. Because this region, in addition to having a high environmental complexity, has a lack of information. Therefore, there is a need to search for methodologies that help in the study of landscape analysis to understand certain ecological relationships. Therefore, based on the data from MapBiomas, it was possible to draw up a map of the evolution of land use and occupation and analyze the landscape metrics. The land use and occupation map was used to quantitatively characterize the area of the classes present in the basin. In the period studied (1985 and 2019), there were significant changes, such as the reduction in the area of forests and the emergence of new classes. The landscape metrics were obtained through the Patch Analyst extension, showing the evolution of the fragments structure during the years 1985 and 2019. The results obtained in this research allow us to conclude that the basin suffers severe anthropogenic pressure caused, mainly, by the transformation of forests into pasture areas.

Keywords: Landscape, Forest Fragmentation, Conservation Unit.

Introdução

A intensa pressão antrópica exercida sobre os recursos naturais tem aumentado nos últimos anos. O crescimento populacional e consequentemente a demanda de matéria-prima para saciar a necessidade de consumo tem ocasionado intensas transformações na paisagem natural, como a transformação de áreas vegetadas em pastos e terras cultiváveis, além da extração de madeira e minerais (Tambosi, 2008 e Dantas et al., 2015). Neste caso, essas transformações ambientais em uma bacia hidrográfica afetam diretamente na ciclagem de nutrientes, na disponibilidade de água, na estrutura do solo e no clima, pois a cobertura vegetal exerce um papel de estabilidade na bacia, auxiliando na manutenção desses recursos (Lawrence e Vandecar, 2015; Vezzani, 2015; Bitencourt et al., 2020).

As bacias hidrográficas inseridas na Amazônia Maranhense vêm sendo afetada por esses impactos por conta da fragmentação da vegetação. No Maranhão, a região amazônica perdeu mais de 75% da cobertura florestal original devido o desmatamento ilegal (Celentano et al., 2017). Sendo a região da pré-amazônica de grande importância social e ecológica para o estado. Portanto, com o crescente desequilíbrio ambiental, surge a necessidade de buscas por soluções para proteger a natureza e a sociedade (Mourão, 2022), desenvolvendo metodologias que auxiliem na demarcação de áreas em situação de risco (Whittaker et al., 2005). Desta forma, o estudo de análise de paisagem vem recebendo nos últimos anos mais atenção, pois contribui para a compreensão em determinadas relações ecológicas (Carrão et al., 2001; Canedo et al., 2020).

Segundo McGarigal e Marks (1994), a Ecologia da Paisagem aborda os padrões da paisagem, as interações dentro de um mosaico e como estes se comportam sob a influência do tempo. Desta forma, muitas medidas quantitativas de composição da paisagem, como as métricas da paisagem, ganharam mais atenção, pois ajudam a compreender a estrutura complexa do ambiente e suas relações ecológicas (Carrão et al., 2001).

Com a ajuda de imagens de satélite e sensoriamento remoto, além da popularização dos computadores e dos SIGs (Sistemas de Informação Geográfica), cada vez mais estudos sobre alteração da Paisagem fazem uso de fórmulas e equações matemáticas para identificar e compreender seus padrões espaciais (métricas de paisagem), com suas potencialidades, limites de aplicabilidade e interpretações diversas, gerando assim suporte aos

esforços de conservação de espécies e ao planejamento de áreas protegidas (Hargis et al., 1998; Li e Wu, 2004; Oliveira Müller e Oliveira, 2020).

Diante do exposto, além da complexidade e diversidade de ambientes, a Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu apresenta escassez de informações que podem auxiliar na preservação das duas UCs (Unidades de Conservação) de Uso sustentável, as APAs (Área de Preservação Ambiental) da Baixada Maranhense e Reentrâncias Maranhenses, e da TI (Terra Indígena) Alto Turiaçu, que integram a bacia. O Ministério do Meio Ambiente (MMA) constatou que em 2006 essa região apresentava cerca de 7% de agricultura e 37% de pastagens, o restante da área era ocupada por fragmentos de floresta amazônica e de matas secundárias em diferentes idades de recomposição. Atualmente, pressupõe que esses valores aumentaram por conta das interferências antrópicas na região, como a pastagem e a extração de madeira.

Por esse motivo, esta pesquisa tem como objetivo mapear as classes de uso e ocupação da terra, a fim de verificar e quantificar as mudanças estruturais da paisagem ocorridas entre os anos 1985 e 2019, na Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu na região da Amazônia Maranhense.

Métodos

Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu localiza-se no Bioma Amazônico maranhense, inserido em quatro microrregiões: Litoral Ocidental Maranhense, Baixada Maranhense, Gurupi e Pindaré. Possuindo uma área de 14.131,00 km² e ocupando 4,31% do território estadual. Fazem parte dessa bacia 16 municípios (NUGEO, 2016).

A bacia engloba uma Terra Indígena (TI) Alto Turiaçu e duas Unidades de Conservação (UC) de uso sustentável, as APAs (Área de Preservação Ambiental) da Baixada Maranhense e Reentrâncias Maranhenses (Costa e Pereira, 2018). Segundo Santos e Cezar Ilear (2013) as principais atividades econômicas desenvolvidas na bacia são a pesca, a agricultura de subsistência, a pecuária e a atividade salineira, trazendo impactos relevantes para a área de estudo. Em relação da demanda hídrica da bacia, seu uso é destinado, principalmente, para a irrigação (38%), seguida ao consumo urbano (30%) e animal (19%) (ZEE-MA, 2019).

No Alto curso do rio Turiaçu predominam as maiores altitudes, que corresponde às escarpas de parte do divisor hidrográfico que bordejam as cabeceiras (ZEE-MA, 2019). Este território tem por ocupação a Terra Indígena Alto Turiaçu. Os municípios da bacia que fazem parte da TI são: Araguaianã, Centro Novo do Maranhão, Maranhãozinho, Nova Olinda do Maranhão, Santa Luzia do Paruá e Zé Doca (Garcés et al., 2015; Garcés, 2016).

O Médio Turiaçu destaca-se por apresentar uma área com terrenos baixos e planos que acomodam uma grande massa d'água, constituída por um sistema de vários lagos, como o da Capivara, Seis Horas, Botas, Cabeludo e Joaquim Manoel, demarcando a grande zona inundável (ZEE-MA, 2019). Estas bacias lacustres sofrem a ação da sazonalidade, ocorrendo inundações no período decorrente de precipitações pluviométricas concentradas (janeiro a junho), enquanto na estiagem (julho a dezembro) estes lagos secam (Texeira e Souza Filho, 2009).

O Baixo Turiaçu faz parte das reentrâncias maranhenses e é o maior desague fluvial do oeste

do estado do Maranhão, formando um complexo estuarino na costa norte do estado (Navarro, 2018). Souza Filho (2005) caracteriza a foz como “a Costa de Manguezais Macromaré Amazônica” por causa da predominância de manguezais que se estende da Ilha de Marajó (Pará) à Baía de São José (Maranhão), apresentando uma planície de maré contínua mais extensa do mundo. Além disso, esta região apresenta um baixo relevo (0 a 80m), sendo extremamente irregular. A foz é sujeita a um regime de macromarés semidiurnas, com variações em torno de 4m, podendo chegar a 7m (Neto et al., 2010).

O clima predominante na Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu é o Equatorial, com precipitações médias entre 1.800 e 2.500 mm anuais, apresentando 26 °C de temperatura média anual com variação de 2 a 3 °C (Barbosa; Pinto, 1973). Sendo marcada por duas estações bem definidas: a chuvosa, de janeiro a junho e a seca, ou estiagem, de julho a dezembro (Ab'Saber, 2006; Navarro, 2018).

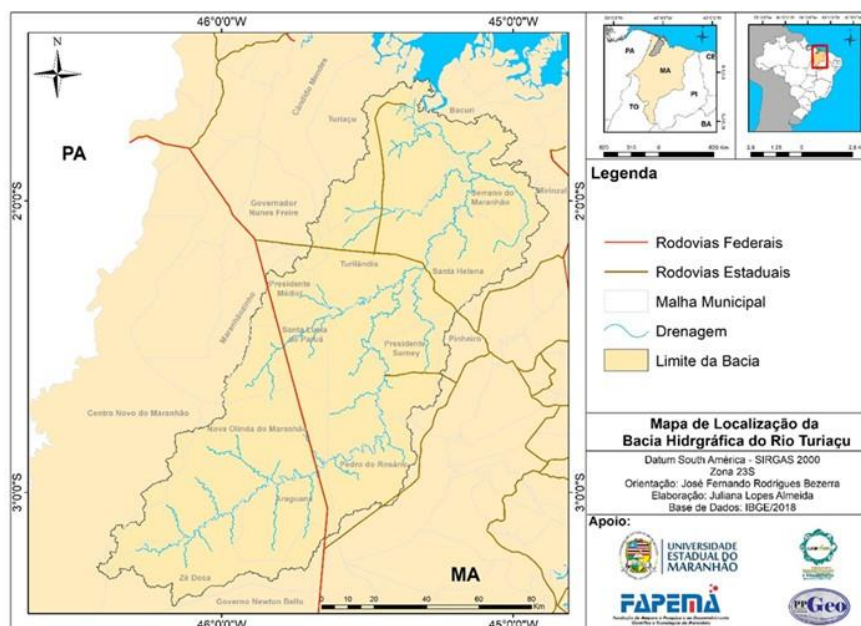


Figura 1. Mapa de Localização da Área de Estudo

Evolução Temporal do Uso e Cobertura da Terra

A análise da evolução do uso e cobertura da Terra foi realizada a partir dos dados do MapBiomass dos anos 1985 e 2019 da coleção 5 com escala de 1:250.000.

O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomass) é uma iniciativa que envolve uma rede colaborativa com especialistas nos biomas brasileiros, usos da terra, sensoriamento remoto, SIG e ciência da computação que utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e

operados a partir da plataforma Google Earth Engine para gerar uma série histórica de mapas anuais do Brasil (MAPBIOMAS, 2019).

Para o procedimento de aquisição das imagens, primeiramente, acessou-se o Google Earth Engine. Utilizando o script Mapbiomas, disponibilizado pela plataforma, foi possível escolher as imagens de cobertura do estado do Maranhão dos anos 1985 e 2019 da coleção 5.

Após o download dos dados, realizou-se o recorte das imagens utilizando o limite da Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu e em seguida fez-se a classificação no Software Qgis 3.10. Embora o mapa da evolução de uso e ocupação foi produzido no ArcGis 10.2.

Para a quantificação das áreas de cada classe das respectivas imagens, foi realizada (no QGis 10.3) a vetorização dos dados (utilizando o comando “Converter Raster para Vetor (poligonizar)”) e em seguida fez-se o cálculo da área em km² para cada classe, através da fórmula (1) que se encontra na calculadora da tabela de atributos, este procedimento foi realizado para cada classe. No final, construiu-se uma tabela no Excel 2013 com os resultados.

(1) **CASE: CASE WHEN "Classes" =
"escolher a classe" THEN "Area" END**

Análise das Métricas de Paisagem

A estrutura da paisagem da bacia foi quantificada por meio dos índices de métrica da paisagem, para cada data (1985 e 2019) no software ArcGis 10.2, por meio da extensão gratuita *Patch Analyst*, uma extensão dos programas ESRI para o cálculo de métricas de paisagem (Cachoeira et al., 2020).

Esta análise foi realizada a partir das imagens de uso e cobertura da Terra, do MapBiomas, no formato vetorial (*shapefile*). Dentre as métricas de paisagem disponíveis no *Pacth Analyst* foram utilizadas as variáveis que descrevem e quantificam o tamanho, a borda e forma de cada uma das classes apresentadas neste trabalho (McGarigal e Marks, 1995). As métricas utilizadas estão descritas a seguir:

1) Número de Fragmentos (n) – NumP: indica os números de fragmentos existentes na classe.

2) Tamanho Médio dos Fragmentos (ha) – MPS: indica o tamanho médio dos fragmentos por tipo de classe.

3) Desvio padrão do tamanho do fragmento – PSSD: calcula o desvio padrão do tamanho dos fragmentos, ou seja, a dispersão dos eventos sob uma distribuição normal.

4) Coeficiente de variação do tamanho do fragmento – PSCoV: mede o coeficiente de variação dos fragmentos em porcentagem (%).

5) Borda Total – TE: valor absoluto do perímetro dos fragmentos da classe em metros (m).

6) Densidade de Borda – ED: total da borda em relação à área da paisagem. As informações são em metros/hectare (m/ha).

7) Média da Relação Área-Perímetro – MPAR.

8) Índice de Forma Média – MSI: apresenta a média dos fragmentos em função da razão média perímetro/área comparada com a forma. Se MSI é igual a 1, todos os fragmentos apresentam formas são circulares e, quando estão distantes de 1, indica que os fragmentos apresentam formas irregulares.

9) Índice de forma média ponderado pela área – AWMSI: calcula a média ponderada de acordo com a área dos fragmentos.

Resultados e discussão

Evolução do Uso e Cobertura da Terra nos Anos 1985 e 2019

Nesta etapa, para a análise da evolução do uso e cobertura do Terra utilizou-se os dados correspondentes da base do Mapbiomas, coleção 5 com escala de 1:250.00.

A partir da análise dos mapas de uso da terra (Figura 2), constatou-se dez classificações: Formação Florestal, Mangue, Formação Campestre, Pastagem, Infraestrutura Urbana, Outras Áreas não Vegetadas, Apicum, Massa de Água, Soja e Outras Lavouras Temporárias. Os valores da área em km² de cada classe da bacia nos respectivos anos (1985 e 2019) encontram-se na Tabela 1.

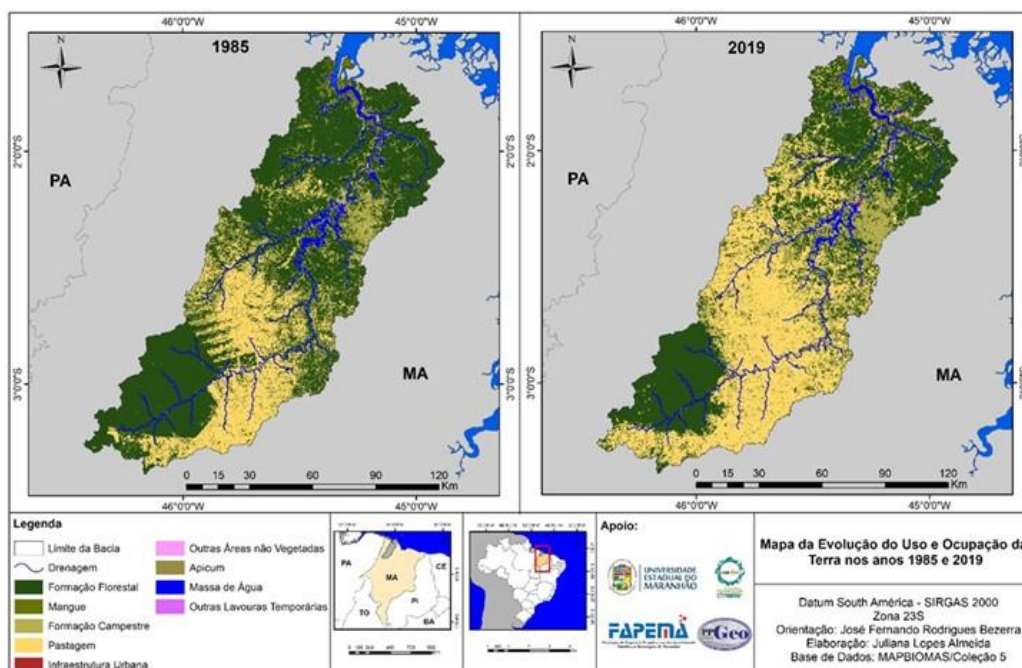


Figura 2. Mapa de Evolução do Uso e Ocupação da Terra da Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu

Turiaçu passou por notáveis alterações. Principalmente, em relação a Formação Florestal que em 1985 apresentava uma área de 9.282,87 km², sendo a classificação dominante da bacia. Em 2019, esta classe diminuiu para 6.336 km², ultrapassada pela Pastagem que no primeiro ano apresentava uma área de 3.759,54 km², valor este

que em 2019 teve um acréscimo de 20% (6.518,65 km²) da cobertura da bacia.

A Tabela 1 mostra que Outras Áreas não Vegetadas e Outras Lavouras Temporárias, são classes que não ocupavam a Bacia em 1985, mas que em 2019 apresentaram áreas de, respectivamente, 1,45 km², 0,02 km² e 5,85 km².

Tabela 1. Valores de áreas das classes de uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu nos anos 1985 e 2019.

Classe/ano	1985		2019		Mudança (2019 - 1985)	
	Área (km ²)	(%)	Área (km ²)	(%)	Área (km ²)	(%)
Formação Florestal	9282,87	66	6336	45	-2946,87	-21
Mangue	162,19	1	173,33	1	11,14	0
Formação Campestre	490,04	4	673,92	5	183,88	1
Pastagem	3759,54	27	6518,65	47	2759,11	20
Infraestrutura Urbana	2,09	0,01	16,4	0,1	14,31	0,10
Solo Exposto	0	0	1,47	0,01	1,47	0,01
Apicum	0,3	0,002	3,33	0,02	3,03	0,022
Massa de Água	277,06	2	218,14	2	-58,92	0
Outras Lavouras Temporárias	0	0	5,85	0,04	5,85	0,04
Total	13974,09	100	13947,00	100	-	-

Fonte: Dados exportados do produto do MapBiomias e organizado pelos autores, 2021.

De acordo com os dados expostos, percebe-se que a redução da classe Formação Florestal coincide com o aumento e surgimento de outras, como as classes Pastagem, Outra Área não Vegetada e Outras Lavouras Temporárias, respectivamente. Além disso, conforme a Figura 2, é possível perceber visivelmente, as áreas de floresta que não sofreram muitas alterações, dentre elas a que mais se destaca é a do Alto Turiaçu, que possivelmente está relacionada com o fato da TI Alto Turiaçu, que segundo Celentano et al., (2018), apresenta o segundo menor desmatamento proporcional da região amazônica maranhense.

A análise quantitativa da paisagem da bacia do Turiaçu mostrou significativas mudanças na distribuição das classes entre os anos 1985 (Tabela 4) e 2019 (Tabela 5), sendo que no primeiro ano encontrou-se sete classes, enquanto em 2019 foi identificado a presença de mais duas classes, como Solo Exposto e Outras Lavouras Temporárias.

Análise da Estrutura da Paisagem Através do Uso de Métricas de Paisagem

Depois de realizada a análise da paisagem como um todo, nas tabelas 2 e 3, pode-se identificar a mudança ocorrida com cada índice de métricas de paisagem para cada classe mapeada. Esses resultados mostram que a bacia está passando por um processo de fragmentação, que é evidenciado pelo aumento do número de bordas e da irregularidade do formato dos fragmentos.

Ao analisar o tamanho das métricas, observa-se que a fragmentação é mais evidente em razão do aumento do número de fragmentos na paisagem (NumP), onde em 1985 obteve-se um total de 112.455 fragmentos e em 2019 esse número saltou para 141.687. O tamanho médio dos fragmentos (MPS), também, demonstrou um

aumento significativo, pois além de haver o aparecimento de mais duas classes, apenas Formação Florestal e Massa de Água diminuíram em relação as outras classes, que sofreram aumento no tamanho. Desta forma, o somatório do tamanho médio dos fragmentos passou de 64,1 ha em 1985 para 91,18 ha em 2019.

Observa-se que a Formação Florestal sofreu aumento do número de fragmentos (NumP), indicando 42.630 fragmentos em 1985 (Tabela 2) e 65.629 em 2019 (Tabela 3). Enquanto houve a redução do tamanho médio desses fragmentos (MPS), indicando a supressão de áreas de florestas por outras classes de uso do solo, assim como trabalho de Pirovani et al. (2015) que demonstrou que o processo da fragmentação florestal se deu ao aumento da área de pastagens e outras atividades antrópicas.

O aumento do índice da forma (MSI) e do índice de forma ponderado pela área (AWMSI) da Formação Florestal mostram que o formato dos fragmentos se tornou mais irregulares. Com essa irregularidade dos fragmentos, fez com que a densidade das bordas (ED) aumentasse entre os anos 1985 (Tabela 2) e 2019 (Tabela 3). De acordo com o trabalho de Rodrigues e Nascimento (2006), os fragmentos com forma irregular estão mais propensos ao efeito de borda, principalmente os de menor área, em função da sua maior interação com a matriz. Além disso, eles afirmam que com o aumento do efeito de borda, tem-se a diminuição da área central desses fragmentos, que influencia na qualidade estrutural dos ecossistemas (Mendes, 2020; Souza; Reis, 2021). A borda é um limite sujeito a impactos advindos da matriz antrópica que causa constante degradação, alteração na composição de espécies e na estrutura da vegetação (Fernandes, 2022).

Tabela 2. Valores das métricas referentes às classes de uso e ocupação da terra na paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu no ano de 1985.

Classes	Tamanho*				Borda*		Forma*		
	NumP (n)	MPS (ha)	PSSD (ha)	PSCoV (%)	TE (m)	ED (m/ha)	MPAR	MSI	AWMSI
Formação Florestal	42.630	21,8	4.129	18.915	57.832.421	41,2	949	1,41	95,73
Mangue	1.686	9,7	130	1.334	1.860.321	1,33	1.010	1,44	6,38
Formação Campestre	10.738	4,6	155	3.353	9.078.308	6,47	939	1,43	14,90
Pastagem	53.895	7	1.045	14.864	50.903.813	36,3	902	1,43	55,34
Infraestrutura Urbana	17	12,4	21,19	172	33.991	0,02	503	1,78	2,51
Apicum	64	0,5	0,89	164	20.991	0,01	946	1,34	1,69
Massa de Água	3.425	8,1	214	2.624	3.095.177	2,20	870	1,47	8,20
Total	112.455	64,1	5.695,08	-	122.825.022	87,53	-	-	-

*NumP (Número de Fragmentos); MPS (Tamanho Médio dos Fragmentos); PSSD (Desvio Padrão do Tamanho dos Fragmentos); PSCoV (Coeficiente de Variação do Tamanho do Fragmento); TE (Borda Total); ED (Densidade de Borda); MPAR (Média da Relação Área-Perímetro); MSI (Índice de Forma Média); AWMSI (Índice de Forma Média Ponderada Pela Área).

Fonte: Dados obtidos através dos dados do MapBiomas e organizados pelos autores, 2021.

Tabela 3. Valores das métricas referente às classes de uso e ocupação da terra na paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu no ano de 2019.

Classes	Tamanho*				Borda*		Forma*		
	NumP (n)	MPS (ha)	PSSD (ha)	PSCoV (%)	TE (m)	ED (m/ha)	MPAR	MSI	AWMSI
Formação Florestal	65.629	5,9	1.225	12.610	66.552.158	47,41	933	1,45	40,62
Mangue	950	18,3	188	1.025	1.493.323	1,06	981	1,46	5,99
Formação Campestre	12.681	5,4	241	4.479	11.167.780	7,96	987	1,41	18,85
Pastagem	57.021	11,5	2.286	19.879	61.739.379	43,98	964	1,40	95,03
Infraestrutura Urbana	40	41	62,16	152	168.701	0,12	333	2,05	2,68
Solo Exposto	277	1,5	1,08	188	95.114	0,07	935	1,36	1,86
Apicum	327	1,08	2,93	270	162.261	0,12	858	1,45	2,18
Massa de Água	3.749	5,9	169	2.889	2.962.316	2,11	882	1,45	9,87
Outras Lavouras Temp.	1.013	0,6	0,95	152	376.223	0,27	888	1,39	1,75
Total	141.687	91,18	4.176,12	-	134.514.423	103,1	-	-	-

*NumP (Número de Fragmentos); MPS (Tamanho Médio dos Fragmentos); PSSD (Desvio Padrão do Tamanho dos Fragmentos); PSCoV (Coeficiente de Variação do Tamanho dos Fragmentos); TE (Borda Total); ED (Densidade de Borda); MPAR (Média da Relação Área-Perímetro); MSI (Índice Forma Média); AWMSI (Índice De Forma Média Ponderada Pela Área).

Fonte: Dados obtidos através do Produto MapBiomas e organizado pelos autores, 2021.

Alteração da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu

A paisagem pode ser caracterizada pela sua dinâmica geomorfológica, pedológica, vegetal e de uso e ocupação da Terra, além dos elementos socioculturais e econômicos que possibilitam a sua modificação (Rodrigues et al., 2016).

Desta forma, a partir da análise das categorias apresentadas através dos dados do MapBiomas, foi possível identificar os elementos que contribuíram para a transformação da paisagem na Bacia do Turiaçu, mostrando que um dos fatores condicionantes para esta transformação foi a derrubada da floresta para a introdução da Pastagem e de outras atividades antrópicas.

A economia da região amazônica maranhense é pautada no sistema agropecuário tradicional, tendo a criação de bovinos como uma das principais atividades (Araújo et al., 2011; Silva et al., 2020). Os mesmos autores afirmam que em 2003 o Maranhão possuía 5.514.000 cabeças de gado, em um ano (2004) este número subiu para 6,5 milhões. Já em 2017, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2017), registrou-se um rebanho de mais de sete milhões de bovinos, desse total 27,2% encontra-se na região amazônica do Maranhão.

Com o crescimento da pecuária na região amazônica maranhense, foi necessário abrir áreas florestadas para a criação de pastos (Silva et al., 2021). Entretanto, estas mudanças têm sido responsáveis por problemas significantes, como a desertificação e, conseqüentemente, a preda da biodiversidade (Sousa et al., 2012; Sampaio et al., 2020).

Outro fator que contribui para a transformação da paisagem florestal na região, é a extração de madeira (Gama et al., 2021). Celentano et al. (2018) afirmam que o extrativismo madeireiro na região amazônica maranhense representa uma importante atividade econômica. De acordo com Carneiro (2012), no ano de 1980, com a implantação do Projeto Carajás de mineração de ferro da Companhia do Vale do Rio Doce (atual Vale S. A.), muitas indústrias siderúrgicas surgiram nas proximidades da região que liga a mina em Parauapebas-PA ao Porto do Itaqui em São Luís-MA. A indústria de ferro gusa requer uma enorme quantidade de carvão vegetal, o que aumentou ainda mais a demanda pelos recursos florestais na região.

Desta forma, com a redução da cobertura florestal na região amazônica maranhense, aumentou a pressão em áreas protegidas (TI –

Terras Indígenas e UC – Unidade de Conservação) através das frequentes invasões para a extração ilegal de madeira (GREENPACE, 2012; Beuchle, 2022). Celentano et al. (2018) dizem que em 2016 aproximadamente 3,1 mil km² de floresta de área protegida do “Mosaico Gurupi”, que abrange o Alto curso do Turiaçu, já haviam sido desmatadas.

O estudo de Pinheiro (2019) que avaliou a dinâmica do uso da terra (1984 a 2017) das áreas protegidas: Reserva Biológica (REBIO) do Gurupi, e as Terras Indígenas Áwa-Guajás, Caru e Alto Turiaçu, demonstrou que teve baixas alterações nas Terras Indígenas, sobretudo na região do Alto Turiaçu. Demonstrando como é fundamental a importância das Unidades de Conservação e das Terras Indígenas como estratégia de manutenção dos recursos naturais. Entretanto, Celentano et al. (2018) mostraram que o incremento do desmatamento entre 2010 e 2014 foi de aproximadamente 3% da área, demonstrando a intensa pressão antrópica sofrida nos últimos anos, pela atividade madeireira ilegal, o que também está associado ao aumento de casos de violência contra os índios da etnia Ka’apor (Camarinha, 2020). A extração de madeira resulta no empobrecimento e degradação da floresta, tornando-a mais suscetível ao fogo e à conversão de pastagens (Moretti et al., 2020).

Nos últimos anos a região da Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu vem apresentando mudanças significativas quanto ao uso da terra, onde a Formação florestal vem sendo fragmentada por outras atividades de cunho antrópico. Além disso, observa-se que as áreas de proteção, como a TI Alto Turiaçu, são importantes para a contenção da degradação florestal. Pois a intensificação da agricultura e da pecuária associado à extração de madeira vem provocando modificações da paisagem amazônica (Araújo et al., 2011; Parente et al., 2021). Essas mudanças aumentam o risco de degradação ambiental em função da exploração abusiva dos recursos naturais (Santana; Silva, 2020). Como a pecuária, que causa danos ambientais que vão além das extensas áreas desflorestadas e a conseqüente perda da biodiversidade (Celentano et al., 2018; Abadias et al., 2020).

Conclusão

Os resultados obtidos a partir do mapeamento das classes de uso e ocupação da terra nos anos de 1985 e 2019 permitem concluir que houve modificações significativas no padrão espacial da Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu. E apesar de

ainda ser, em grande parte, protegida por Unidades de Conservação e Terra Indígena, a bacia sofre graves pressões antrópicas ocasionadas, principalmente, pela transformação de florestas em área de pastagem.

Pois de acordo com os dados da pesquisa foi possível constatar que em 1985 a classe de Formação Florestal apresentava uma área de 9.282,87 km² e em 2019 caiu para 6.336 km². Enquanto a classe Pastagem, em 1985 indicava uma área de 3.759,54 km², esse número, em 2019, obteve um acréscimo de 20%, apresentando uma área de 6.518,65 km², tornando-se a classe dominante na região. Além disso, o surgimento de novas classes também contribui para a fragmentação florestal.

Além do estudo da evolução do uso e ocupação da bacia, foi necessária uma análise mais detalhada sobre as modificações da estrutura da paisagem, pois a partir das métricas de paisagem é possível identificar de forma mais detalhada a dinâmica dos elementos da paisagem da bacia. Desta forma, observou-se que entre os anos de 1985 a 2019 a classe de Formação Florestal sofreu um aumento do processo de fragmentação, além da diminuição das bordas dos fragmentos, indicando o avanço de outras classes como Pastagem e outras atividades antrópicas.

Diante do exposto, pode-se concluir também que a metodologia utilizada nesta pesquisa foi adequada para quantificar e visualizar as intensas modificações na área de estudo, gerando assim dados capazes de subsidiar futuros projetos de planejamento ambiental que sejam adequados para a gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação de Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço – PPGeo/UEMA e a fonte financiadora desta pesquisa, a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), sem o apoio destas não seria possível a realização deste trabalho.

Referências

Abadias, I. M.; Fonseca, P. R. B.; Barbos, C. H. Manejo da pecuária-uma análise sobre impactos ambientais. *Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente*, v. 24, n. 1, jan-jun, p. 113-125, 2020.

Ab'Saber, A.N., 2006. Brasil, paisagens de exceção: o litoral e o Pantanal mato-grossense, patrimônios básicos. Ateliê editorial.

Araújo, E.P. de; Lopes, J. R.; Carvalho Filho, R., 2011. Aspectos socioeconômicos e de evolução do desmatamento na Amazônia maranhense. *Amazônia maranhense: diversidade e conservação*. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, p. 35-46.

Barbosa, G. V.; Pinto, M. N., 1973. Geomorfologia da folha SA-23 (São Luiz) e parte da folha SA-24 (Fortaleza). Brasil. Projeto RADAM BRASIL. Folha SA- 23 (São Luiz) e parte da folha SA-24 (Fortaleza), p. 3-37.

Beuchle, R. et al. Desflorestação e degradação florestal na Amazônia. 2022.

Bitencourt, E. et al., 2020. Análise Temporal do Desmatamento em Bacia Hidrográfica na Região de Integração de Carajás. *Revista Geoaraguaia*, v. 10, n. 1, p. 82-99. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/7825>.

Cachoeira, J. N. et al. Dinâmica espacial da paisagem do Parque Estadual do Jalapão (TO) de 2000 a 2015. *Ciência Florestal*, v. 30, p. 755-766, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509834539>.

Camarinha, H. M. Transformações antropogênicas, mito, música e os coletivos xamanísticos Ka'apor: Experimentações preliminares a caminho de uma etnomusicologia de multiespécies. *Anuário Antropológico*, v. 45, n. 3, p. 64-84, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/aa.6633>.

Canedo, G. S.; Carvalho Rodrigues, H. S. M.; Faria, K. M. S. Dinâmica histórica do uso da terra no bioma Cerrado: Implicações Ambientais na sub-bacia do rio Caiapó (GO). *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 9, n. 4, p. 801-824, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e42020801-824>.

Carneiro, M. D. S., 2012. Entre o Estado, a sociedade e o mercado: análise dos dispositivos de governança da indústria florestal na Amazônia. *Caderno CRH*, v. 25, n. 64, p. 73-86. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-49792012000100006>.

Celentano, Danielle et al., 2017. Towards zero deforestation and forest restoration in the Amazon region of Maranhão state, Brazil. *Land use policy*, v. 68, p. 692-698. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.07.041>.

Celentano, Danielle et al., 2018 Desmatamento, degradação e violência no "Mosaico Gurupi"-A

- região mais ameaçada da Amazônia. *Estudos Avançados*, v. 32, n. 92, p. 315-339. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/0103-4014.20180021>.
- Carrão, H.; Caetano, M.; Neves, N., 2001. LANDIC: cálculo de indicadores de paisagem em ambiente SIG. *Proceedings of Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica—ESIG*.
- Costa, F.W.D.; Pereira, P.R., 2018. Gestão Socioambiental nas unidades de conservação do Maranhão: Características, conflitos e perspectivas. *Geografia em Atos (Online)*, v. 1, n. 6, p. 1-24. Disponível em: <https://doi.org/10.35416/geoatos.v1i6.5385>.
- Dantas, M.E. et al., 2015. Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica. *Terræ Didática*, v. 11, n. 1, p. 4-13. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/14760>.
- Fernandes, M. E. L. Fragmentos Florestais Urbanos: Importância, Ameaças e Desafios. 2022.
- Gama, L. H. O. M. et al. Modelagem ambiental e uso da inteligência artificial para prognóstico de desmatamento: o caso da Rebio do Gurupi-MA. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 2, p. e13810211609-e13810211609, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.11609>.
- Garcés, C.L.L. et al., 2015. Objetos indígenas para o mercado: produção, intercâmbio, comércio e suas transformações. *Experiências Ka'apor e Mebêngôkre-Kayapó. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-81222015000300009>.
- Garcés, C.L.L., 2016. O mundo da horticultura Ka'apor: práticas, representações e as suas transformações. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, v. 11, n. 1, p. 133-158. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981.81222016000100008>.
- GREENPEACE. *Carvoaria na Amazônia: como a indústria de aço e ferro gusa está destruindo a floresta com a participação de governos*. São Paulo: Greenpeace, 2012. Disponível em: http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/documentos/2012/423%20%20Pig%20Iron%20D3_portugues.pdf. Acesso em 19 de maio de 2021.
- Hargis, C.D., Bissonette, J.A., David, J.L., 1998. The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. *Landscape ecology*, v. 13, n. 3, p. 167-186. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1007965018633>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária no Maranhão. Base de dados online do IBGE. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/pesquisa/18/0> > Acesso em 19 de maio de 2021.
- Lawrence, D., Vandekar, K., 2015. Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. *Nature climate change*, v. 5, n. 1, p. 27. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nclimate2430>.
- Li, H., Wu, J., 2004. Use and misuse of landscape indices. *Landscape ecology*, v. 19, n. 4, p. 389-399. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/B:LAND.0000030441.15628.d6>.
- McGarigal, K., Marks, B.J., 1994. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Version 2.0. Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis, v. 67.
- McGarigal, K., Marks, B.J., 1995. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, p. 1-122.
- Mendes, R. M. Avaliação da regularidade ambiental das reservas legais dos imóveis rurais no Cerrado brasileiro. 2020.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental*. Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília: MMA, 2006. 128 p.
- Moretti, M. S. et al. Dinâmica espaço-temporal da extração seletiva de madeiras no estado de Mato Grosso entre 1992 e 2016. *Ciência Florestal*, v. 30, p. 796-808, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509836802>.
- Mourão, N. M. Cidades e comunidades: educação ambiental nos caminhos do design Cities and communities: environmental education in the ways of design. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 3, p. 22420-22433, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n3-439>.
- Navarro, A.G., 2018. Morando no meio dos rios e lagos: mapeamento e análise cerâmica de quatro estearias do Maranhão. *Revista de Arqueologia*, v. 31, n. 1, p. 73-103. Disponível em: <https://doi.org/10.24885/sab.v31i1.535>.
- Neto, P.B.L. et al., 2010. Viabilidade de Pequenos Aproveitamentos para Geração de Energia

- Eletromotriz. In: XVIII Congresso Brasileiro de Automática. Anais do CBA 2010.
- Oliveira Müller, G., Oliveira, L.M.T., 2020. Métricas de paisagem na avaliação da efetividade de proteção do Parque Estadual da Costa do Sol, uma unidade de conservação fragmentada no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation*, v. 15, p. 1. Disponível em: <https://doi.org/10.3897/neotropical.15.e49490>.
- Parente, E. B.; Silva, L. V. A.; Silva, W. C. Desmatamento na Amazônia: O Desmatamento em vista da expansão pecuarista no município de Xingara-PA. *Revista GeoAmazônia*, v. 9, n. 17, p. 126-142, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.13083/1414-3984.v18n01a04>.
- Pinheiro, P.F.V., 2019. Fragmentação florestal em áreas protegidas na Amazônia maranhense e conservação da biodiversidade. Tese de Doutorado. UFRA.
- Pirovani, D.B., Silva, A.G., Santos, A.R., 2015. Análise da paisagem e mudanças no uso da terra no entorno da RPPN Cafundó, ES. *Cerne*, v. 21, p. 27-35. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/01047760201521011182>.
- PROJETO MAPBIOMAS – Coleção v.3.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <https://mapbiomas.org/o-projeto> Acesso em: 05 de maio de 2021.
- Rodrigues, I., Reis, J.T., Costa, J.M.L.M., 2016. Análise da transformação da paisagem na vertente Oeste do Alto Curso do Arroio Guabiroba/Sananduva-RS, de 1996 a 2015. *Ciência e Natura*, v. 38, n. 3, p. 1276-1284. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X21629>.
- Rodrigues, P.J.F.P., Nascimento, M.T., 2006. Fragmentação Florestal: Breves Considerações Teóricas Sobre Efeitos de Borda. *Rodriguésia*, v. 57, p. 67-74. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-7860200657105>.
- Sampaio, P. R. F. et al. Áreas agrícolas sujeitas à desertificação no Rn e medidas mitigadoras: O Caso dos assentamentos Milagres e Terra da Esperança. *HOLOS*, v. 7, p. 1-19, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.15628/holos.2020.5902>.
- Santana, F. P. R.; Silva, L. M. C. A economia colaborativa como uma ferramenta na promoção do desenvolvimento sustentável. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 9, p. 67448-67457, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-250>.
- Santos, L.C.A., Cezar Ilea, A., 2013. Gerenciamento de recursos hídricos no estado do Maranhão-Brasil. *Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia*, v. 5, n. 13.
- Silva, M. L. A.; Araújo, M. F. V.; Conceição, G. M., Parque Nacional da Chapada das Mesas (Maranhão/Brasil): atividades socioeconômicas dos moradores e seus reflexos. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 11, n. 2, p. 381-392, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0035>.
- Silva, J. V. B. et al., Ecoeficiência da produção agropecuária na Amazônia brasileira: fatores determinantes e dependência espacial. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 60, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.250907>.
- Sousa, F.P. et al., 2012. Carbon and nitrogen in degraded Brazilian semi-arid soils undergoing desertification. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 148, p. 11-21. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.11.009>.
- Souza, J. R.; Reis, L. N. G. Geoprocessing and Landscape Ecology for Assessment Fragmentation and Connectivity of the Habitats of the Microregion of Ceres, Goiás (Brazil). *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 17, n. 3, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.17271/1980082717320213035>.
- Souza Filho, P.W.M., 2005. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 23, n. 4, p. 427-435.
- Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão – ZEE. Etapa bioma amazônico. Paulo Henrique de Aragão Catunda, Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias (organizadores). São Luís: IMESC, 2019. 493 p.
- Tambosi, L.R., 2008. Análise da paisagem no entorno de três unidades de conservação: subsídios para a criação da zona de amortecimento. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Universidade Estadual do Maranhão - UEMA. Centro de Ciências Agrárias. Núcleo Geoambiental. Bacias hidrográficas e

climatologia no Maranhão / Universidade Estadual do Maranhão. - São Luís, 2016. 165 p.
Whittaker, R.J. et al., 2005. Conservation biogeography: assessment and prospect. Diversity and distributions, v. 11, n. 1, p. 3-23. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2005.00143.x>