



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
MESTRADO ACADÊMICO

ANÁLISE DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA PAISAGEM NA REGIÃO
OCIDENTAL DO GOLFÃO MARANHENSE, PARA FINS DE CONSERVAÇÃO E
PLANEJAMENTO TERRITORIAL

São Luís - MA

2024

SÂMIA MARÍLIA CÂMARA LOPES

**ANÁLISE DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA PAISAGEM NA REGIÃO
OCIDENTAL DO GOLFÃO MARANHENSE, PARA FINS DE CONSERVAÇÃO E
PLANEJAMENTO TERRITORIAL**

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal do Maranhão, campus São Luís, como requisito à obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientadora: Dr^a . Larissa Nascimento Barreto

Linha de Pesquisa: Recursos Naturais e Humanos em Sistemas Costeiros.

São Luís - MA

2024

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

Lopes, Sâmia Marília Câmara.

Análise da configuração espacial da paisagem na Região Ocidental do Golfão Maranhense, para fins de conservação e planejamento territorial / Sâmia Marília Câmara Lopes. - 2024.

58 f.

Orientador(a): Larissa Barreto.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2024.

1. Conectividade. 2. Ecologia da paisagem. 3. Fragmentação. 4. Gerenciamento Costeiro. I. Barreto, Larissa. II. Título.

SÂMIA MARÍLIA CÂMARA LOPES

**ANÁLISE DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA PAISAGEM NA REGIÃO
OCIDENTAL DO GOLFÃO MARANHENSE, PARA FINS DE CONSERVAÇÃO E
PLANEJAMENTO TERRITORIAL**

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal do Maranhão, campus São Luís, como requisito à obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientadora: Dr^a . Larissa Nascimento Barreto

Linha de Pesquisa: Recursos Naturais e Humanos em Sistemas Costeiros.

Aprovado em: __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr^a . Larissa Barreto
Departamento de Oceanografia e Limnologia – UFMA
Orientadora

Prof. Dr. Denilson da Silva Bezerra
Departamento de Oceanografia e Limnologia – UFMA
Professor Examinador Interno

Prof. Dr Milton Cézar Ribeiro
Departamento De Ecologia – UNESP Rio Claro
Professor Examinador Externo

Prof. Dr.^a Flávia Mochel

Departamento de Oceanografia e Limnologia – UFMA
Professor Suplente Interno

Prof. Dr. Riccardo Mugnai
Departamento de Biologia – UFMA Chapadinha
Professor Suplente Externo

“ Há um sério descompasso entre nossos problemas e nossas respostas a eles, que deve ser ultrapassado com inteligência e sensibilidade. A concepção de desenvolvimento sustentável fundamentalmente sugere que comecemos a pensar em nossas vidas de uma maneira especialmente sensível, desafiadora e inovadora. A civilização humana precisa dar um salto qualitativo como espécie consciente de seus problemas, das consequências de seus atos e do que pretende alcançar como civilização ” (Camargo, p.122, 2012).

Ana Luiza de Brasil Camargo

Trecho do Livro Desenvolvimento sustentável:
dimensões e desafios

DEDICATÓRIA

Com um toque especial de saudade dedico este trabalho à Núbia Cristina Fonseca Amorim (*in memorian*), por me enviar todos os editais de doutorado e mestrado do Brasil e do mundo, acreditando que eu era capaz. Sei que teria ficado muito feliz em saber que eu cheguei até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus pelos objetivos de vida alcançados. À minha família que sempre me apoia em todos os momentos meu pai Samuel, minha mãe Marinalva e meus irmãos Mateus e Thereza Raquel. Agradeço a professora Maria do Rosário por mais uma vez estar contribuindo com minha vida acadêmica. Obrigada também ao meu primo Vinícius que aceitou dividir um espaço comigo. Também não deixaria de lembrar das professoras Erica, Maria Francisca e Hosana que se dispuseram a conversar comigo, o que me auxiliou na elaboração do projeto de pesquisa.

Também agradeço as minhas amigas queridas, Bianca, Gisele, Lauriane, Priscila e Thamires pelos momentos de descontração e por comemorarem comigo mais uma conquista. Agradeço a Marcos Vinicius que tem sido meu companheiro de vida, pela paciência, pelo carinho e cuidado que teve comigo durante esse tempo em que ficamos distantes.

Sou grata também a minha orientadora, professora Dr^a Larissa Barreto pelos ensinamentos e pela orientação, a professora Elienê Pontes (UEMA) e a equipe do Nugeo por me aceitarem, me ensinarem, se preocuparem comigo e com a pesquisa. Obrigada ao Artur Lupinetti (USP) por dividir seus conhecimentos de Ecologia da paisagem conosco e ajudar a melhorar a pesquisa.

Agradeço a Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) pelo suporte técnico com o laboratório de geoprocessamento, ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP) pelo auxílio com a análise de métricas, a Universidade Federal do Maranhão (UFMA) pelo suporte pedagógico e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Deixo também meus agradecimentos à Turma 2 do Mestrado, pelos bons momentos, em especial a Osmar e Ana Maisy por dividirem comigo anseios e angústias durante a fase de realização das nossas pesquisas.

RESUMO

A análise de paisagem é um instrumento importante de coleta de dados sobre a configuração da paisagem e pode auxiliar na tomada de decisão quanto a conservação de áreas, uma vez que fruto da crescente interação com humanos tendem a ser mais fragmentadas e desconexas. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi analisar a configuração espacial dos municípios de Alcântara, Bacurituba e Cajapió, para propor ações de conservação e planejamento territorial. Para tanto, geramos dois arquivos shapefiles, um para o ano de 2001 e o outro para 2021, obtidos com a base de dados do Mapbiomas, sendo identificadas cinco classe de uso e cobertura: Agropecuária, Água, Área não vegetada, Floresta e Formação Natural não florestal. Os dados foram convertidos em raster, sobre os quais aplicamos um grid, com cada hexágono medindo 2,5 km², resultando em 475 hexágonos, sendo considerados apenas aqueles com 50% de preenchimento. A partir disso foram calculadas nove métricas de paisagem no Fragstats: Porcentagem de paisagem (PLAND), Densidade de borda (ED), Relação perímetro-área (PARA_MN), Área central média (CORE_MN), Índice de proximidade (PROX_MN), Índice de conectância (CONNECT), Número de Patches (NP), Densidade do Patch e Índice de agregação (AI). Após esse processo os dados foram analisados com auxílio do Excel e discutidos com base na literatura disponível. Os resultados mostram que há predominância de classes de vegetação, mas, sendo notados um nível de fragmentação intermediária, formas de patches mais alongadas, contudo, com um bom índice de proximidade, perdas de habitat efetivo das classes e 165 hexágonos da classe floresta com zero conectância. Com a análise da vegetação nativa propusemos algumas medidas de conservação tendo em vista a oferta de serviços ecossistêmicos da paisagem, sobrevivência de comunidades locais, planejamento territorial e gerenciamento costeiro. No geral consideramos que apesar de existir uma fragmentação intermediária, a região tem boa conectividade e está mais conservada.

Palavras-chave: Fragmentação; Conectividade; Ecologia da paisagem; Gerenciamento Costeiro.

Abstract

Landscape analysis is an important instrument for collecting data on the configuration of the landscape and can help in decision-making regarding the conservation of areas, since as a result of increasing interaction with humans they tend to be more fragmented and disconnected. Therefore, the objective of this study was to analyze the spatial configuration of the municipalities of Alcântara, Bacurituba and Cajapió, to propose conservation actions and territorial planning. To this end, we generated two shapefiles, one for the year 2001 and the other for 2021, obtained from the Mapbiomas database, identifying five classes of use and coverage: Agriculture, Water, Non-vegetated area, Forest and Natural Formation non-forestry. The data was converted into raster, on which we applied a grid, with each hexagon measuring 2.5 km², resulting in 475 hexagons, only those with 50% filling being considered. From this, nine landscape metrics were calculated in Fragstats: Landscape Percentage (PLAND), Edge Density (ED), Perimeter-Area Ratio (PARA_MN), Average Central Area (CORE_MN), Proximity Index (PROX_MN), Connectivity (CONNECT), Number of Patches (NP), Patch Density and Aggregation Index (AI). After this process, the data were analyzed with the help of Excel and discussed based on the available literature. The results show that there is a predominance of vegetation classes, but, with an intermediate level of fragmentation being noted, more elongated patch shapes, however, with a good proximity index, losses of effective habitat of the classes and 165 hexagons of the forest class with zero connectivity. With the analysis of native vegetation, we proposed some conservation measures with a view to offering landscape ecosystem services, survival of local communities, territorial planning and coastal management. In general, we consider that despite noticing intermediate fragmentation, the region has good connectivity and is better conserved.

Fragmentation; Connectivity; Landscape ecology; Coastal Management

SUMÁRIO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 Geral.....	12
2.2 Específicos	12
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
3.1 Golfão Maranhense	12
3.2 Ecologia da Paisagem.....	14
3.3 Fragmentação e conectividade de vegetação.....	16
4. CAPÍTULO 1	18
1 Introdução.....	19
2. Materiais e Métodos	22
2.1. Área de estudo.....	22
2.2 Análise da Paisagem.....	24
2.3 Medidas de conservação.....	26
3. Resultados.....	27
4. Discussão.....	37
4.1 Conservação, planejamento territorial e gestão pública	39
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	42
ANEXOS	50
CRONOGRAMA	51
ANEXO A – BASE CARTOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO PRODUZIDA DURANTE O ESTÁGIO.....	52
ANEXO B – MAPEAMENTO ANTERIORMENTE REALIZADO PARA 2003.....	53
ANEXO C - MAPEAMENTO ANTERIORMENTE REALIZADO PARA 2021	54
ANEXO D – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	55
ANEXO E – ÍNDICE DE VEGETAÇÃO DA DIFERENÇA NORMALIZADA.....	56
ANEXO F – MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DA TERRA REALIZADO ANTERIORMENTE PARA 2001.....	57
ANEXO G - MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DA TERRA REALIZADO ANTERIORMENTE PARA 2021.....	58

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente documento foi organizado em formato de artigo e foi submetido à revista Sociedade e Natureza (Qualis Capes A1, ISSN: 1982-4513). Foram utilizados dados do MapBiomas para o ano de 2001 e 2021 para o cálculo das métricas de paisagem. O trabalho objetivou analisar a configuração espacial da paisagem dos municípios de Alcântara, Bacurituba e Cajapió, localizados na zona costeira do Golfão Maranhense, para fins de sua conservação, gerando dados de níveis de fragmentação e conectividade da paisagem, subsidiando a gestão de uso e ocupação dessas áreas, bem como, o planejamento territorial e contribuir para o gerenciamento costeiro no estado do Maranhão.

A realização da pesquisa é justificável levando em consideração alguns aspectos. O primeiro, diz respeito à perda de vegetação na área de estudo, onde segundo Abreu (2013), no período de 2000 a 2010, a porcentagem de desmatamento acumulado nos municípios de Bacurituba e Cajapió eram de 51,24% e 40,33 %, respectivamente, e no município de Alcântara, Zelarayán (2015), identificou que a degradação de florestas ripárias, resultou na diminuição expressiva de carbono (C). Além disso, ainda segundo Abreu (2013), o estado do Maranhão em 2012 apresentava 43,2% de sua área total desmatada e um dos fatores que promoviam a perda de vegetação e fragmentação de ecossistemas era a expansão urbana.

Outro fator que legitima a elaboração do trabalho é a carência de estudos referentes a análise de paisagem na área de estudo. Usando alguns descritores de pesquisa como “o município; análise de paisagens; Maranhão” , a maioria das pesquisas mais recentes, estavam relacionadas à criação de animais e suíno da baixada (SILVA, *et al.*, 2015), fatores socioambientais e saúde (MARINCOLA, 2018), unidades de proteção ambiental (MASSULO, 2019; MENDES, 2017;) e transformações históricas na paisagem (PEREIRA, 2012), sendo importante também a realização de pesquisas que deem bases para a conservação através da análise de métricas, cujos resultados serão muito relevantes para se observar a fragmentação da área e outras mudanças da paisagem que influenciam nos ecossistemas e na biodiversidade, provocando a degradação dos habitats. Além disso, os resultados obtidos podem ser adequados para direcionar o planejamento territorial da região apontando áreas que estão em estado crítico e aquelas que estão conservadas.

1. OBJETIVOS

2.1 Geral

Realizar análise de configuração espacial na Região Ocidental do Golfão Maranhense para delineamento de ações de conservação e planejamento territorial.

2.2 Específicos

- a) Observar a dinâmica da paisagem na região.
- b) Observar o nível de fragmentação das áreas.
- c) Analisar a conectividade das áreas naturais e seminaturais.
- d) Subsidiar ações de conservação e planejamento territorial na região estudada.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Golfão Maranhense

A região conhecida como Golfão Maranhense, corresponde ao acidente geográfico localizado na Amazônia Legal, no litoral do Maranhão (VALLADARES, 2009) no extremo norte do estado, sendo composto pela Baía de São Marcos e a de São José (TEIXEIRA; SOUZA FILHO, 2009). Segundo o IMESC (2019), a região é também compreendida como similar a um Graben Terciário, ou fossa tectônica, formada por grande quantidade de áreas úmidas, um sítio RAMSAR, de acentuada importância ecológica. Na fração litorânea do Golfão, são notadas características tanto do litoral oriental, quanto ocidental do Maranhão, havendo ainda grande dinâmica paisagística, atividades humanas, circulação de riquezas e é onde deságuam grandes rios fornecendo grande aporte de sedimentos (FEITOSA, 2006).

Quanto aos aspectos de seu relevo, segundo o IMESC (2019a) sua evolução geomorfológica foi iniciada no Plioceno, com o levantamento da faixa litorânea, fazendo com que o Grupo Barreiras entrasse em processo erosivo e a rede de drenagem se sobrepusesse, havendo novamente soerguimento, erosão e acentuamento dos vales inferiores. Em seguida, em seu histórico de formação é possível notar o isolamento da Ilha do Maranhão e novos aspectos nas Baías de São Marcos e São José, advindos de uma regressão marinha ocorrida no Pleistoceno, processo este refletido no aparecimento das planícies fluviomarinhas. Por volta do fim desse período, houve a ocorrência de mais um soerguimento resultando em nova composição morfológica do Golfão. Quanto a hidrografia, mais especificamente nos três municípios de estudo, é notada a presença de três bacias hidrográficas, contidas no bioma amazônico maranhense, o Sistema de Bacias das

Reentrâncias Maranhenses, a Bacia Mearim e as Ilhas Costeiras, onde atividades de uso como pastagem, culturas temporárias, urbanização, pecuária têm contribuído para supressão da vegetação nas Áreas de Preservação Permanente (APP) e degradação dos rios (IMESC, 2019b).

De acordo com o IMESC (2020), a maior parte da vegetação na região, correspondente ao Golfão Maranhense pertence ao bioma Amazônia. Cerca de 75% da vegetação da Amazônia maranhense foi retirada para promoção da agricultura e pecuária e mesmo com a queda do desmatamento no Maranhão, são notadas perdas promovidas pelo corte ilegal de florestas e desmatamento em áreas de preservação. O estado é o 4º no *ranking* dos que mais promovem o desmatamento do bioma, ainda que comporte apenas 34% do mesmo, sendo ocasionado por extrativismo vegetal, mineração, pecuária, agricultura, construção civil, siderúrgicas, madeireiras, ocupação e uso dos recursos naturais, conflitos ambientais e queimadas. Existem unidades de conservação na região, porém, são necessárias uma política e gestão inconcussas. Ainda segundo o IMESC, dentre as ameaças causadas por essa forma de atuação está a fragmentação do ecossistema.

Além do mais, segundo Silva Junior (2020), a região amazônica do Maranhão é uma das mais pobres do Brasil. Segundo o IBGE (©2023), o estado é o 26º no ranking do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), posição que ocupa desde o ano 2000 com o índice de 0,47 e em 2010 com 0,63. Segundo a mesma fonte, os municípios de Alcântara, Bacurituba e Cajapió, ocupam a 128ª, 217ª, e 195ª posições no ranking do estado, com Bacurituba estando em último. No que diz respeito ao índice de pobreza, o estado ocupa a 3ª posição com 56,38 %. Nesses municípios a taxa de urbanização é menor que a área correspondente a zona rural o que possivelmente aponta grande atuação e dependência do espaço natural para suprimento de necessidades econômicas. Em Alcântara, 26% da população residente na zona urbana e 74% na zona rural (SOUZA; DE SOUSA; PINTO, 2023) sendo realizadas atividades de subsistência como artesanato, agricultura com a construção de roças, trabalhos domésticos, caça e pesca (PINTO; FERREIRA, 2020). Em Bacurituba foi registrada 26,9% de taxa de urbanização e 73,1% de domicílios em áreas rurais (IBGE, 2017a) e apontadas como atividades de subsistência a pesca artesanal, pecuária com bubalinocultura e bovinocultura e agricultura (LOUZEIRO, 2018; ABREU, 2013). No município de Cajapió, a taxa de urbanização corresponde a 36,7% de domicílios e na zona rural 63,3% (IBGE, 2019), já as atividades de subsistência associadas estão a agricultura com lavoura temporária da cultura de mandioca, arroz, feijão, legumes, milho, também

a produção de queijo, a pecuária com bubalinocultura, bovinocultura, ovinocultura e aquicultura (CARVALHO, 2022; SALES, 2016; ABREU, 2013).

3.2 Ecologia da Paisagem

Em 1939, Carl Troll, cunha o termo Ecologia da Paisagem, tendo como objetivo observar o espaço, com ênfase na heterogeneidade espacial, o que é o contrário da Ecologia de Ecossistemas. Nota-se a presença de duas abordagens dentro da Ecologia de Paisagem, a geográfica e a ecológica, a primeira, que tem um caráter mais holístico, se preocupa com o planejamento da ocupação territorial, estudo de paisagens modificadas pelo homem e análises de áreas espaciais amplas, focando em macro escalas temporais e espaciais. No que tange a abordagem ecológica, se observa uma maior correspondência com paisagens ou unidades de paisagens de caráter natural. O foco de análise nesta abordagem é direcionado à estrutura espacial da paisagem nos processos ecológicos (METZGER, 2001). De acordo com Martins *et al.* (2004), existiam na Ecologia de Paisagem duas linhas teóricas, a Escola Europeia e a Escola Americana. A primeira era mais relacionada as chamadas paisagens culturais e a segunda, focada em sistemas naturais ou seminaturais, sendo mais rica em teoria e modelos.

Em meados da década de 80, ela se torna um campo de desenvolvimento ecológico de rápido crescimento que incorpora dentro da pesquisa ecológica, as técnicas de análise e modelagem espacial (LI; WU, 2004). De acordo com Pivello e Metzger (2007), no Brasil, o estabelecimento da Ecologia de Paisagem, se deu entre as décadas de 70 e 80, fortemente ligada a vertente geográfica e a partir da década de 90 apareceram os primeiros grupos que se dedicavam a abordagem ecológica. A Ecologia de paisagem (METZGER, 2001), recebe vários conceitos, pois, variam de acordo com as abordagens geográfica e ecológica, assim, ela pode ser entendida como avaliação da estrutura, função e dinamicidade presentes nas diferentes áreas com ecossistemas que estabelecem interação; uma investigação com base na escala da paisagem; a área que dá ênfase as escalas espaciais em consonância aos efeitos ecológicos do padrão de distribuição espacial dos ecossistemas, entre outros.

Segundo Costa (2020), ela é uma abordagem holística, objetivando o estudo de padrões e interações da paisagem, bem como, as mudanças empregadas nela ao longo de um período, onde são consideradas tanto as paisagens naturais, quanto aquelas produzidas pela humanidade. Conforme França *et al.* (2019), ela envolve o estudo de modelos de paisagens, as mudanças e as interações presentes entre as manchas, dentro de um mosaico ao longo do tempo de maneira

quantitativa. O autor e colaboradores ainda estabelecem que esse tipo de análise tem se apresentado como eficiente ao considerar os padrões da paisagem e a influência que eles têm sobre aspectos ecológicos como a fauna e flora.

Essa área conta com uma categoria de análise, ou um método, que emergiu na década de 30 com Carl Troll, para análise do uso da terra e a interpretação das condições das paisagens resultantes dessa interação. Dentro da análise da paisagem, a paisagem pode ser reconhecida e categorizada. (SIQUEIRA; CASTRO, FARIA, 2013). Sendo um instrumento da Ecologia da Paisagem, tem importância na definição de estratégias de conservação, ao passo que permite entender a dinâmica de antropização ou de mudanças na natureza que são próprias dela (SALOMÃO; SILVA; MACHADO, 2019).

Silva e Longo (2020), ao pesquisarem sobre a qualidade ambiental de florestas remanescentes em uma sub-bacia hidrográfica, consideraram que a análise da paisagem é eficaz quando se trata de estudos que visem avaliar qualitativa e quantitativamente, configurações ambientais nos ecossistemas. Castro *et al.* (2020), ressaltam a importância do uso de técnicas da análise da paisagem para a definição de ações de conservação:

“É importante incorporar métricas de paisagem e manutenção da conectividade em análises para conservação de áreas prioritárias, pois esses parâmetros fornecem a base empírica para a promoção da persistência das espécies e a continuidade dos processos evolutivos em uma região” (CASTRO; et al., 2020, v.50, p. 69, tradução nossa).

Também se soma à eficiência da aplicação desse método, a avaliação de habitats próximos de áreas urbanas, pois, pode ser usada como suporte ao planejamento ambiental, de maneira a subsidiar ações e políticas públicas no território, bem como, a elaboração de projetos de conservação e restauração de florestas, de forma a contribuir para a gestão sustentada das cidades (RIBEIRO; MELLO; VALENTE, 2020). Pesquisas desse escopo, também auxiliam no conhecimento das características da paisagem para o planejamento de ações, visando necessidades econômicas e conservação de ecossistemas locais (VENDRUSCOLO, *et al.*, 2021).

Algumas pesquisas no Brasil vêm sendo desenvolvidas utilizando a Ecologia de Paisagem para promoção da conservação. Coelho *et al.* (2018), utilizaram estratégia de análise da paisagem para determinar ações de conservação próximo a zona costeira do município de Itajaí, Santa Catarina, Farias, Ladwig e Menezes (2017) realizaram a análise de paisagem para propor a criação de uma unidade de conservação na zona costeira no Sul de Santa Catarina, Soares *et al.* (2022), tinham o objetivo de compreender a dinâmica da cobertura vegetal da paisagem na Mata Atlântica

em São Paulo, Machado, Soares e Faria (2022), analisaram a dinâmica da paisagem da Reserva Extrativista Marinha de Cururupu, no estado do Maranhão, para compreender padrões espaciais e temporais de paisagens na região e Barreto *et al.* (2010), analisaram a estrutura espacial de manchas remanescentes da vegetação natural do Cerrado, no sul do do Maranhão, para entender como os habitats restantes são distribuídos e configurados espacialmente.

Tendo em vista a aplicabilidade da análise de paisagem, é importante que o número de pesquisas nesse escopo cresça para a implantação de medidas que mitiguem impactos como a fragmentação e diminuição da conectividade de vegetação, favorecendo a conservação de áreas em várias regiões do Brasil, principalmente, Norte e Nordeste, onde há maior carência de estudos.

3.3 Fragmentação e conectividade de vegetação

A fragmentação é um processo que ocorre naturalmente no ambiente, mas, que se intensifica com a atuação humana. Em suma, consiste na separação de uma unidade em partes que costumam exprimir condições ambientais diversas em seu entorno. Assim, pode ser definida como o processo onde o habitat antes contínuo, é estratificado em manchas isoladas. Dentre os problemas que afetam os fragmentos estão a distância entre eles, também chamado de grau de isolamento, tamanho e forma de fragmentos, tipo de matriz circundante e o efeito de borda. Outros efeitos são a produção de habitats ruins para algumas espécies e inaptidão de espécies que vivem no fragmento, no que corresponde a sua sobrevivência e reprodução (CERQUEIRA, BRANT, NASCIMENTO, PARDINI, 2003).

Zheng, Wang e Li (2023) trazem uma análise da relação entre os efeitos da fragmentação, qualidade e continuidade de ecossistemas, onde se discute que a fragmentação contribui tanto para a mudança da dinâmica estrutural, quanto afeta os serviços ecossistêmicos e a biodiversidade local. Apesar de também ocorrer por processos naturais, Zhang *et al.* (2022), atribuem sua intensificação à urbanização acelerada, que fazem surgir ecossistemas urbanos não sustentados e conduz a minimização da conectividade entre habitats (LU, *et al.*, 2020). A paisagem pode ser entendida como um agrupamento, onde as partes são conectadas por corredores e são delineadas por uma matriz, essa conectividade é definida como o nível de facilidade ou não para se percorrer por essas partes (ALFAYA; DE PABLO; ALONSO, 2022), o que significa dizer que quando a conectividade é afetada, fatores como o fluxo de espécies e os processos naturais dos habitats, também serão afetados (RIBEIRO; DE MELO; VALENTE, 2022).

A compreensão dos efeitos gerados pelos processos de fragmentação, são essenciais para o monitoramento da paisagem e auxiliam na tomada de decisão quanto à necessidade de conservação, a proteção de espécies da fauna e flora, dentre outras questões. Chen, Zhang e Zhang (2022), utilizaram métricas de paisagem para investigar alterações na composição vegetal de áreas úmidas na zona estuarina do rio Liao na China, onde foram observadas mudanças significativas para conversão em áreas de uso e predominância de plantas introduzidas, sob áreas de vegetação natural. Mitchell *et al.* (2015), determinaram o quão negativo ou positivo eram os efeitos da fragmentação no fluxo dos serviços ecossistêmicos, contribuindo para a construção de instrumentos que pudessem viabilizar a estruturação da paisagem à oferta de variados serviços. Zhang *et al.* (2021), analisaram a relação entre fragmentação de manguezais e a bioinvasão de plantas, apontando a necessidade de estabelecimento de estratégias de conservação para ampliar a conectividade dos manguezais.

A fragmentação também interfere na qualidade ambiental, definida por Chen *et al.* (2022) como os componentes do ambiente que funcionam em conjunto e que descrevem suas características regionais ou locais. Essa interferência tem sido ocasionada pela modificação do uso da terra ao longo dos anos provocando, por conseguinte, a mudança nos padrões paisagísticos espaciais e estruturais.

3. CAPÍTULO 1

ANÁLISE DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA PAISAGEM NA REGIÃO OCIDENTAL DO GOLFÃO MARANHENSE, PARA FINS DE CONSERVAÇÃO E PLANEJAMENTO TERRITORIAL

ANALYSIS OF THE SPATIAL CONFIGURATION OF THE LANDSCAPE IN THE WESTERN REGION OF GOLFÃO MARANHENSE, FOR CONSERVATION AND TERRITORIAL PLANNING PURPOSES

Sâmia Marília Câmara Lopes ¹

Larissa Barreto ²

¹ *Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, Campus Bacanga, Avenida dos Portugueses, s/n, CEP 65080-040, São Luís, MA, Brasil.*

² *Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, Campus Bacanga, Avenida dos Portugueses, s/n, CEP 65080-040, São Luís, MA, Brasil.*

Resumo

A análise de paisagem é um instrumento importante de coleta de dados sobre a configuração da paisagem e pode auxiliar na tomada de decisão quanto a conservação de áreas, uma vez que fruto da crescente interação com humanos tendem a ser mais fragmentadas e desconexas. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi analisar a configuração espacial dos municípios de Alcântara, Bacurituba e Cajapió, para propor ações de conservação. Para tanto utilizamos um recorte de dados do MapBiomas para os anos de 2001 e 2021, onde foram identificadas cinco classe de uso e cobertura. Os dados foram convertidos para *raster*, aplicamos um grid com cada célula medindo 2.5 km², resultando em 475 hexágonos. Calculamos nove métricas de paisagem no Fragstats, analisadas e discutidos com uso do Excel e da literatura disponível. Os resultados mostram que na configuração da paisagem, há predominância de classes de vegetação, mas, sendo notadas, fragmentação na região, perdas de habitat efetivo das classes, redução da conectância na classe floresta e ganho nas áreas de agropecuária. Com a análise da vegetação nativa propusemos algumas medidas de conservação tendo em vista a oferta de serviços ecossistêmicos da paisagem e

sobrevivência de comunidades locais, gestão, planejamento territorial e gerenciamento costeiro. Contudo, consideramos que apesar de notarmos uma fragmentação intermediária, a região tem boa conectividade e está mais conservada.

Palavras-chave: Fragmentação; Conectividade; Ecologia da paisagem; Gerenciamento Costeiro.

Abstract

Landscape analysis is an important instrument for collecting data on the configuration of the landscape and can help in decision-making regarding the conservation of areas, since as a result of increasing interaction with humans they tend to be more fragmented and disconnected. Therefore, the objective of this study was to analyze the spatial configuration of the municipalities of Alcântara, Bacurituba and Cajapió, to propose conservation actions. To do so, we used a sample of data from MapBiomas for the years 2001 and 2021, where five classes of use and coverage were identified. The data was converted to raster, we applied a grid with each cell measuring 2.5 km², resulting in 475 hexagons. We calculated nine landscape metrics in Fragstats, analyzed and discussed using Excel and available literature. The results show that in the configuration of the landscape, there is a predominance of vegetation classes, but, being noted, fragmentation in the region, losses of effective habitat of the classes, reduction of connectivity in the forest class and gains in agricultural areas. With the analysis of native vegetation, we proposed some conservation measures with a view to offering landscape ecosystem services and survival of local communities, management, territorial planning and coastal management. However, we consider that despite noticing intermediate fragmentation, the region has good connectivity and is better preserved

Keywords: Fragmentation; Connectivity; Landscape ecology; Coastal Management.

1 Introdução

As atividades antrópicas comprometem a conservação e a própria biodiversidade, reduzindo a extensão do habitat, o fragmentando e diminuindo a conservação (Amaral; *et al.*, 2019). As interações entre seres humanos e natureza geram impactos quer em grande ou pequena escala, imprimem novas formas na vegetação, ao passo que, devido à pressão antrópica, essas áreas se tornam menos resistentes, o que requer a implantação de estratégias de conservação (Saito *et. al*, 2016). Desse modo, a paisagem é uma ferramenta importante para diagnóstico ambiental e para definir áreas que estão sendo influenciadas por interferência humana, ou até mesmo por condições

naturais.

O ambiente costeiro é bastante dinâmico, explorado e gera preocupações quanto as formas de uso nele empregadas e as formas de gestão dessas atividades. Além do mais, possuem ecossistemas bastante produtivos e que possuem populações diversas e perturbações diversas do planeta (Farias; Ladwig; Meneses, 2017). No Maranhão, as pesquisas referentes a essas regiões vêm crescendo, como estudos sobre a expansão urbana e impactos ambientais (Silva; Farias, 2019), estudos de unidades geoambientais (Rabelo; Lima; Nascimento, 2020), aspectos geográficos e gestão ambiental (Costa, 2019), modelagem e dinâmica de formação de dunas (Dos Santos, *et al.*, 2019), entre outros. Ainda assim, se faz necessário que mais estudos sejam realizados, principalmente aqueles voltados para o mapeamento da cobertura da terra e uso, uma vez que eles contribuem para avaliação das condições da região com relação a redução da vegetação, erosão e expansão urbana (Machado; Rodrigues, 2020).

A análise de paisagem corresponde à um importante mecanismo de análise da cobertura do solo, padrão de fragmentação da vegetação, uniformidade, diversidade, em outras palavras, compreensão de processos de mudanças dentro da paisagem (Cerqueira; *et al.*, 2021) e também é caracterizada como um procedimento metodológico eficiente, pois, permite reunir um conjunto de dados significativos, através de sensoriamento remoto (Da Silva; Dos Santos; Moraes, 2014). No Brasil, entre os anos de 2000 e 2018, 7,6% das florestas e 10% da vegetação campestre foram reduzidas por conta da perda da cobertura natural ocasionada por ações antrópicas. Nesse mesmo ano, cerca de 27% das áreas dedicadas a pastagem foram expandidas. No Maranhão, no mesmo intervalo de tempo um total de 185,81% de áreas agrícolas cresceu sobre os mosaicos florestais (IBGE, 2021; IBGE, 2020). Na zona costeira brasileira há cerca de 26% da população residindo e atuando com atividades de turismo, pesca, ocupação de dunas, desmatamento de mata ciliar, deposição de esgotos, ocupação de planície fluviomarinha, entre outras formas que expressam as diversas maneiras de modificação nesse espaço (Abreu; Vasconcelos; Albuquerque, 2017).

A zona costeira maranhense tem aproximadamente 640 km (Costa, 2019) e dentre os municípios de influência litorânea encontra-se Alcântara, Bacurituba e Cajapió. No município de Bacurituba (IBGE, 2017a) são encontrados, vegetação de influência fluviomarinha, campos inundáveis, rios e igarapés, matas de igapó e campos não inundáveis (Pinheiro, 2008) e conta com a realização de atividades extrativistas da vegetação, pesca, caça, que contribuem para a mudança na dinâmica do espaço. No município de Alcântara, segundo Marques *et al.* (2018), há registros de

impactos à paisagem natural provocada por queima e desmatamento de áreas de mangues e matas ciliares, implicando nos serviços ecossistêmicos dessas áreas, como a pesca atividade de subsistência nessa região, além de problemas com lixo marinho internacional nas praias, advindo da grande circulação de navios até o Porto do Itaqui, localizado na Ilha do Maranhão (Piedade; Da Silva; De Castro, 2022). Já o município de Cajapió, com vegetação característica do bioma Amazônico e de transição, dentre outras questões, tem importante valor paleontológico, pois é o local onde foi encontrado o fóssil da espécie de dinossauro, denominada como *Itapecurusaurus cajapioensis* (IBGE, 2019; Medeiros; *et al.*, 2015; Pinheiro, 2020)

De acordo com o IMESC (2012), havia algumas atividades associadas a utilização da terra para estabelecimentos agropecuários e distribuídos quanto aos hectares de terra usados nessas regiões. Dentre as atividades destacadas, aquelas que mais dispunham de hectares eram a lavoura permanente, lavoura temporária, forrageiras para corte e pastagens plantadas em boas condições em Alcântara, lavoura temporária, forragens para corte e pastagem natural em Bacurituba e lavoura temporária e áreas plantadas com forrageira em Cajapió, restando ainda outras formas de utilização nos três municípios como mata e/ou floresta naturais exclusivas de preservação permanente e em sistemas agroflorestais, tanques, lagos, açudes e áreas de águas públicas para a aquicultura e construções.

Assim, levando-se em consideração esses pressupostos, a intensa realização de atividades de subsistência nesses municípios, dependência dos ambientes naturais (Pinto; Ferreira, 2020; Louzeiro, 2018; Abreu, 2013; Carvalho, 2022; Sales, 2016; Abreu, 2013), bem como, as formas de uso e ocupação da zona costeira maranhense, cabe questionar qual a atual configuração espacial dos municípios de Alcântara, Bacurituba e Cajapió e como essa configuração pode estar afetando os ecossistemas e consequentemente a biodiversidade? Quais níveis de fragmentação da vegetação? Qual o nível de conectividade da vegetação na paisagem como um todo? E que ações podem subsidiar a conservação nas áreas estudadas?

Considerando que as formas de uso e ocupação do solo da área estudada comprometem a cobertura vegetal e sua conectividade, levando a perda de vegetação natural e aumento das áreas de uso ao longo do tempo até atualmente, influenciando sobremaneira na conservação da região, o trabalho objetivou analisar a configuração espacial dos municípios de Alcântara, Bacurituba e Cajapió, para propor ações de conservação e bases para planejamento territorial na região, através da utilização de análise de paisagem. Além do mais, visamos contribuir também para o alcance dos

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) no estado do Maranhão, mais especificamente o de número 15 “ Vida terrestre: Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade” .

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de estudo

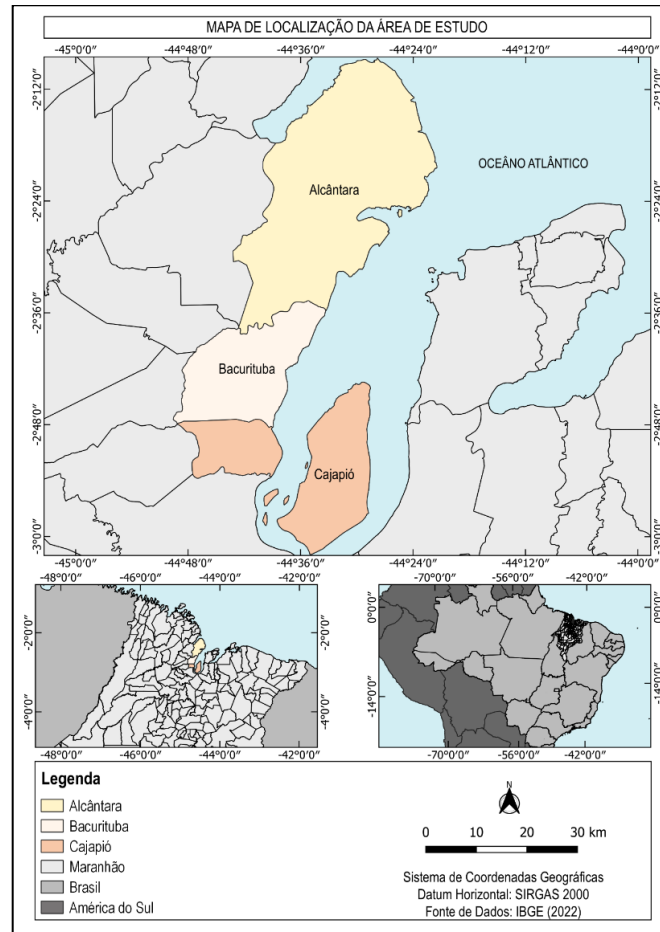
A área de estudo é composta por três municípios que juntos contabilizam 2.126,85 km², estando localizados na porção ocidental do Golfão Maranhense, região semelhante a uma fossa tectônica formada por grande quantidade de áreas úmidas, um sítio RAMSAR, de acentuada importância ecológica (IMESC, 2019). O município de Alcântara está localizado na mesorregião norte, nas coordenadas 2° 24' 06" Sul e 44° 24' 56" Oeste e como as demais áreas, faz parte da região fisiográfica litoral maranhense. Conforme o IBGE (2017c), tem uma população de 18.446 habitantes (IBGE, 2022), e uma área de 1.167,964 km². Os solos se apresentam como regulares ao desenvolvimento de agricultura, por terem baixa fertilidade. Alcântara é região metropolitana de São Luís, município maranhense onde está contido o segundo maior complexo portuário do país, o Porto do Itaqui, que exprime grande multimodalidade por conta de sua relação ferroviária e transbordos rodoferroviários (Souza; *et al.*, 2023). Outras características importantes dessa região são o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), criado em 1983, sendo o segundo centro de lançamentos de foguetes do país (Martinez; *et al.*, 2018), e a presença de faixa de manguezal (Pereira; *et al.*, 2018) contribuindo para a rotatividade de nutrientes na interface terra-mar e por conseguinte, levam material orgânico e nutrientes favorecendo assim o equilíbrio do ciclo do carbono na zona costeira (Lefèvre; *et al.*, 2017).

O município de Bacurituba, tem uma área territorial que compreende 413, 651 Km², estando dentro do bioma Amazônia e pertencente ao Sistema Costeiro Marinho (IBGE, 2017a). Está localizado a 2° 42' 22" de latitude Sul e 44° 44' 18" de longitude Oeste e o último censo realizado pelo IBGE contabilizava 5.196 habitantes (IBGE, 2022). Em relação a vegetação e hidrografia, possui espécies de bioma e floresta ombrófilas espaciais e onde se intercalam vegetações secundárias de arbustos e gramíneas. Está presente também, a vegetação de mangue com árvores

baixas, de raízes tabulares e aéreas, aflorados nas regiões sul, sudeste, nordeste e norte (Correia Filho, Gomes, Nunes; Lopes Filho; 2011). A tipologia da vegetação identificada por Pinheiro (2008), se configura em mata ciliar, macrófitas aquáticas e igapó que correspondem a unidade de paisagem Rios e Igarapés; campos herbáceos e igapós da unidade Campos inundáveis, bastante característicos da região que tem confluência com a Baixada Maranhense; campos de tesos, herbáceos e carnaubais, presentes nos Campos não inundáveis.

O município de Cajapió está localizado, na latitude 2° 52' 51'' Sul, e longitude 44° 40' 31'' Oeste, (IMESC, 2012). De acordo com o último censo do IBGE (2017b) tem uma população de 10.032 habitantes (IBGE, 2022) e uma área territorial de 545,244 km². A cobertura vegetal tem em sua composição formações abertas, rasteiras, espécies relacionadas a fisionomia campestre e presença ou não de carnaubais. Estão presentes rios e igarapés e quanto a geologia, essa se apresenta com características do período Quaternário Holoceno, com a presença de aluviões fluviomarinhos formados por cascalho, areia e argila, conforme Figura 1 (IMESC, 2012).

Figura 1 - Localização dos municípios alvos da pesquisa. Os três municípios, estão inseridos no Golfão Maranhense e na zona costeira do estado. Para fins didáticos, denominamos Região Ocidental do Golfão Maranhense.



Fonte: IBGE (2022); Do autor (2024).

2.2 Análise da Paisagem

Inicialmente fizemos um recorte dos dados do MapBiomias, que “é uma rede colaborativa, formada por ONGs, universidades e *startups* de tecnologia, que revela as transformações do território brasileiro” (PROJETO MAPBIOMAS, ©2023). A partir disso, foram gerados dois arquivos *shapefiles* com auxílio do software Quantum Gis (QGIS), versão 3.2. A análise de paisagem, que consiste na descrição das características de relevo, vegetação dos mosaicos espaciais de um ecossistema e usos do solo (SOARES, 1998), foi realizada nos dois arquivos *shapefiles*, que

foram convertidos para raster. Em seguida a área foi dividida em unidades de análise (UAs) hexagonais, estratégia utilizada por Barreto, et al. (2010) e De Brito (2011), sendo ideal para o estudo de áreas extensas. Além disso, a geometria escolhida promove a redução nas diferenças de tamanho entre as UAs (Barreto, et. al 2010). Assim, sobre as cinco classes de uso e cobertura obtidas, tanto em 2001, quanto em 2021 foi aplicado um grid com cada hexágono medindo 2,5 km². A distância de borda considerada foi de 30m e o limiar de preenchimento de cada hexágono foi a medida de 50% escolhida arbitrariamente.

No software Fragstats, foi realizado o cálculo das métricas: Porcentagem de paisagem (PLAND), Densidade de borda (ED), Relação perímetro-área (PARA_MN), Área central média (CORE_MN), Índice de proximidade (PROX_MN), Índice de conectância (CONNECT), Número de Patches (NP), Densidade do Patch e Índice de agregação (AI), as quais foram descritas na tabela 1.

Tabela 1 – Descrição das métricas de paisagem aplicadas na área de estudo, extraídas no Fragstats.

MÉTRICAS ANALISADAS			
Métrica	Equação	Unidades	Descrição
Percentage of Landscape - PLAND	$Pland = Pi = \frac{\sum_{j=i}^n a_{ij}}{A} (100)$	Porcentagem	$0 < PLAND \leq 100$. Próximo de zero, o patch (mancha) se torna mais raro; =100 a paisagem é um único patch.
Number of patches - NP	$NP = ni$	Nenhum	Medida simples de fragmentação.
Patch Density - PD	$PD = \frac{ni}{A} (10.000)(100)$	Número/100 há	Densidade de manchas dentro de uma área específica.
Edge Density - ED	$ED = \frac{\sum_{k=1}^n e_{ik}}{A} (10.000)$	Metros/ha	$ED \geq 0$, sem limite. ED igual a zero não há borda.
Perimeter Area Ratio - PARA_MN	$PARA = \frac{P_{ij}}{a_{ij}}$	Nenhum	Razão entre o perímetro do patch e a área.
Mean core area per patch - CORE_MN	$CORE = a_{ij}^c \left(\frac{1}{10.000} \right)$	Hectares	Área média central do patch que é maior do que a distância especificada da profundidade de borda do perímetro. (= 0, sem limite; Aumento: distancia de borda diminui.
Proximity Index - PROX_MN	$PROX = \sum_{g=1}^n h_{ijs} \frac{a_{ijs}}{2}$	Nenhum	Considera o tamanho e a proximidade de todos os patches cujas bordas estão

			dentro de um raio de busca especificado do patch focal. Prox=0, não há vizinhos do mesmo tipo; Prox aumenta, há patches do mesmo tipo e são mais próximos (menos fragmentados)
Connectance Index - CONNECT	$CONNECT = \left[\frac{\sum_{j=k}^n e_{ijk}}{\frac{ni(ni-1)}{2}} \right] \quad (100)$	Porcentagem	$0 \leq CONNECT \leq 100$. CONNECT=0, a classe focal é um único patch, ou nenhum dos patches está conectado; CONNECT=100, cada patch da classe focal está conectado.
Aggregation Index - AI	$AI = \left[\frac{g_{ii}}{\max \rightarrow g_{ii}} \right] (100)$	Porcentagem	$0 \leq AI \leq 100$. AI = 0, patch maximamente desagregado; AI aumenta, patch mais agregado; Patch=100, maximamente agregado (compacto).

Fonte: McGarigal; Cushman; Ene (©2023).

Essas métricas foram escolhidas tendo em vista a análise mais geral da conservação, assim, elas permitiam observar o tamanho de patches, quantidade de borda, forma de fragmentos, agregação e relação de área, trazendo uma visualização da estrutura, configuração e aspectos de dominância de classes dentro da paisagem. Após o cálculo das métricas, os dados foram analisados e discutidos com auxílio do Excel do pacote do Microsoft Office 2019 e apoio na literatura que discute o tema.

2.3 Medidas de conservação

Com base nos resultados obtidos foram elaboradas medidas de conservação para a gestão sustentável do espaço. Desse modo, de acordo com Barreto *et al* (2010) e Amaral *et al* (2019), será levado em consideração a porcentagem de cobertura de vegetação nativa, ou seja, vegetação natural ou própria de determinado ambiente (Vourlitis; *et al.*, 2024) principal métrica para delinear ações de conservação. Na tabela 2, organizamos as estratégias de conservação descritas por Barreto *et al.* (2010) as quais foram sugeridas para a área de estudo.

Tabela 2 - Estratégias de conservação direcionadas a área de estudo com base na vegetação nativa.

Estratégia	Escala	Definição	Descrição
CS-LEG	Local e Regional	Estado crítico < 40% VEG_NV	Aplicação da legislação e proteção
CS-LOC	Local	Bom estado de conservação >80% - 100% VEG_NV	Gestão da paisagem
CS-REG	Regional	Bom estado de conservação > 80-100% VEG_NV	Gestão da Região
CS-LOC/REG	Local e Regional	Estado intermediário de conservação >40 -60% em escala local e >60-80% em escala regional VEG_NV	Aplicação da legislação e proteção + Gestão da Região
CONS	Regional	100% VEG_NV	Proteger as áreas, pode ser feita a definição de áreas de proteção integral

Fonte: Do autor (2024) adaptado de Barreto *et al.* (2010).

3. Resultados

Foram calculadas as métricas de paisagem nos 475 hexágonos (ou células), resultantes do *grid* aplicado no recorte dos dados do MapBiomias para 2001 e 2021 que possibilitou observar em um maior nível de detalhes e a regionalização das variações entre as métricas. As cinco classes de uso e cobertura identificadas foram: Agropecuária, Água, Área não vegetada, Floresta e Formação Natural não florestal, as quais estão descritas na tabela 3.

Tabela 3 – Classes relativas de uso e cobertura extraídas do MapBiomias para espacialização dos dados e verificação da variabilidade das informações apresentadas.

Classes	Descrição Geral
Agropecuária	Áreas cultivadas, áreas vinculadas a agropecuária, espécies de plantas para fins comerciais.
Água	Rios, lagos, outros corpos d' água
Área não vegetada	Bancos de área, solo exposto, infraestrutura urbana, áreas antropizadas.

Floresta	Formações florestais (manguezal, vegetação com espécies arbóreas, formações savânicas, floresta ombrófila, vegetação lenhosa...)
Formação natural não Florestal	Vegetação herbácea sujeitas a alagamentos, áreas pantanosas, vegetação higrófilas, áreas com superfícies alagadas, formações campestres, apicuns, Vegetação herbácea com influência fluviomarinha.

Fonte: MapBiomias (©2023).

As maiores porcentagens de paisagem (PLAND) foram referentes às classes Floresta e Formação Nativa não florestal que apresentaram 369 hexágonos em 2001 e 355 hexágonos em 2021, respectivamente, com PLAND próximas de 100%. As demais, Agropecuária (201 em 2001, 240 em 2021) e Área não vegetada (40 em 2001, 42 em 2021) apresentaram mais hexágonos com PLAND próximas de zero nos dois anos, os resultados foram organizados na tabela 4.

Tabela 4- Distribuição da quantidade de hexágonos por limiar da Porcentagem de paisagem (PLAND).

Classes	PLAND_2001 >40%≥100% (maior)	PLAND_2021 >40%≥100% (maior)	PLAND_2001 ≥0 ≤ 40% (menor)	PLAND_2021 ≥0 ≤ 40% (menor)
Floresta	369	355	81	94
Formação natural não florestal	103	100	231	269
Agropecuária	0	3	201	240
Área não vegetada	2	2	40	42
Água	17	32	345	337

Fonte: Do autor (2024).

Das classes observadas existiam menos hexágonos, com altos valores de PD, bem como poucas células com número de fragmentos (NP) acima ou igual a dez unidades. Somente a classe de água no ano de 2001 tinha hexágonos com mais de 10 patches e no ano de 2021, os valores mais expressivos estavam na classe de Agropecuária e Água, novamente, como resumidos na tabela 5.

Tabela 5 – Porcentagem de hexágonos que continham patches com $DP \geq 10$ patches/100ha e $NP \geq 10$.

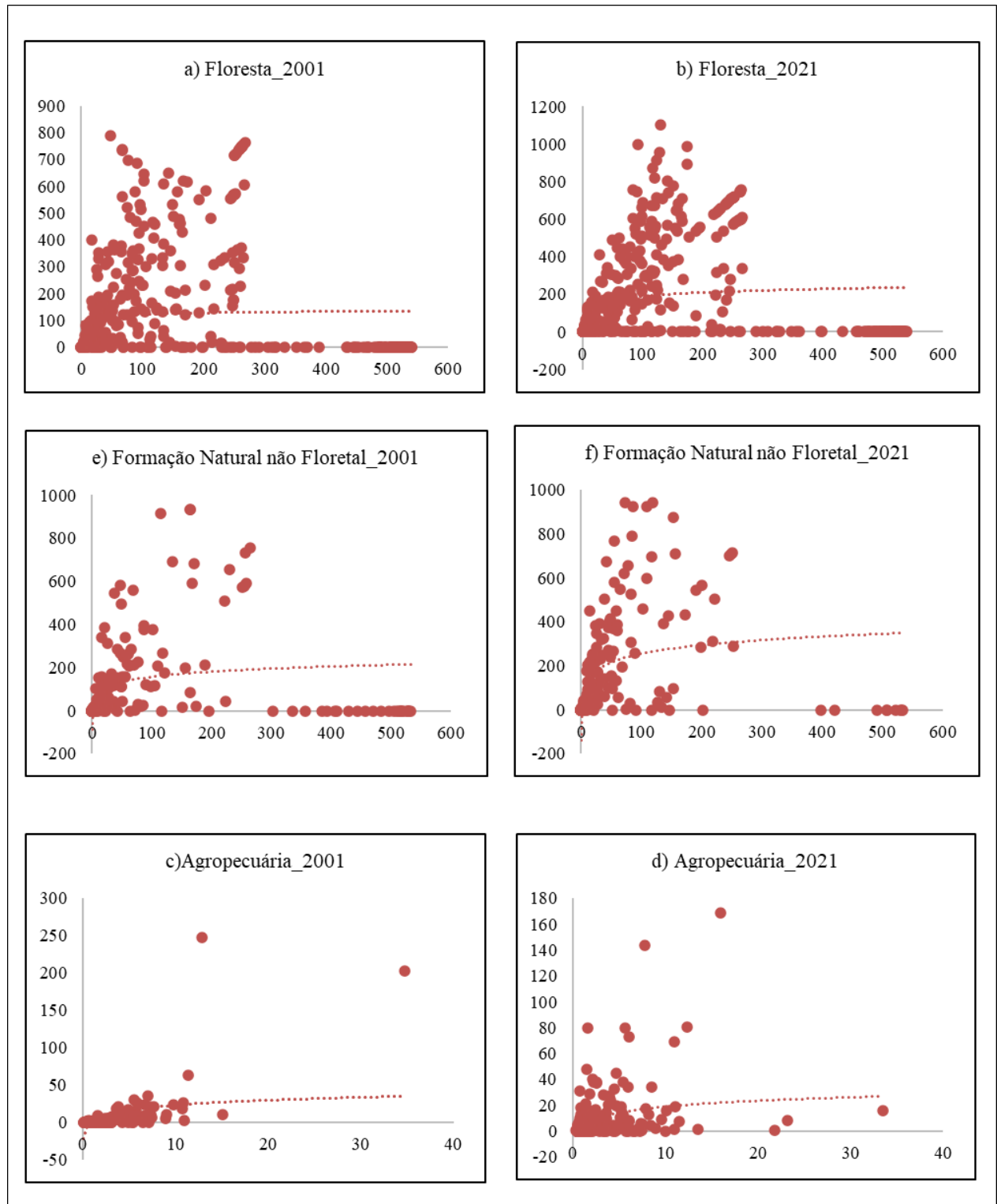
Classe	PD_2001 (≥ 10 patches/100ha)	PD_2021 (≥ 10 patches/100ha)	NP_2001 (≥ 10 patches)	NP_2021 (≥ 10 patches)
Florestal	2,7%	2,5%	7,5%	13,8%
Formação Natural não florestal	0,8%	1,2	9,4%	14,9%
Agropecuária	0%	0%	7,1%	16,8%
Área não vegetada	0,6%	0,4%	0,4%	0%
Água	2,9%	3,3%	17,8%	21,8%

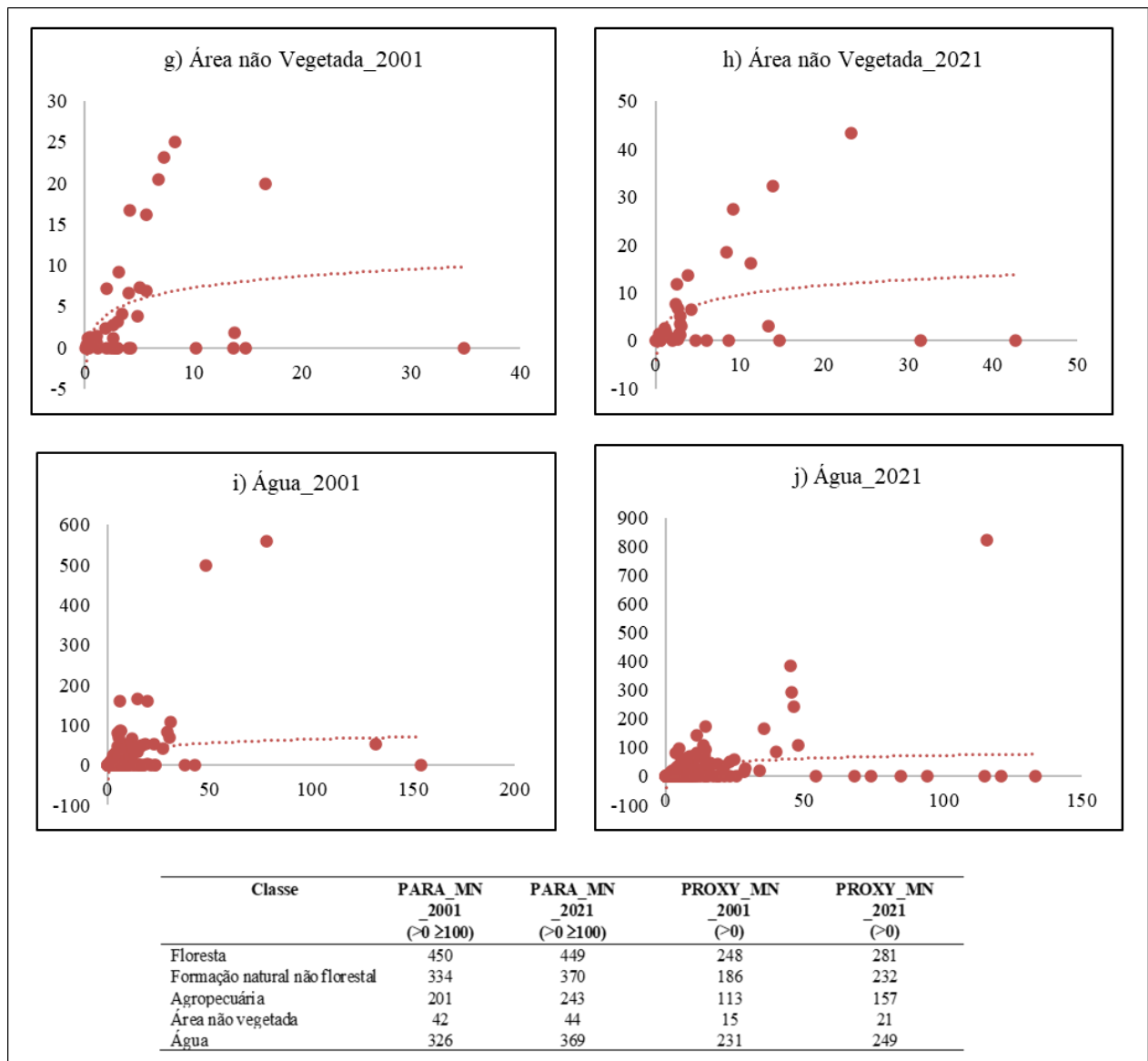
Fonte: Do autor (2024).

Haviam mais hexágonos preenchidos com patches com baixas densidades de borda ($ED \geq 0 \leq 40$ m/ha), ainda sendo possível encontrar alguns com máxima densidade: 132 e 156 da classe Floresta com 155,78 m/ha e 106 m/ha em 2001 e 2021, respectivamente, hexágonos 32 e 107 com 86,55m/ha e 153,64 m/ha na classe Formação Natural Não florestal, hexágonos 32 e 44 com densidade de borda de 72,64 m/ha e 70,84 m/ha nos dois anos na classe Agropecuária, hexágono 394 com 110,66 m/ha em 2001 e 85,76 m/ha em 2021 na classe Área não Vegetada, onde é possível observar uma diminuição de densidade.

Os valores de PARA_MN nos hexágonos aumentaram entre os anos. Em contrapartida, o resultado do Índice de Proximidade (PROXY_MN) disponível na figura 2 (a - j), indicavam que a maioria dos hexágonos continham valores maiores que zero, significando que a vizinhança de patches do tipo correspondente a classe específica era mais próxima.

Figura 2- Relação de PARA_MN e PROXY_MN ≥ 0 , dentro dos 475 hexágonos na escala de paisagem da área de estudo. No Eixo x valores da relação perímetro-área e no eixo Y valores relativos ao índice de proximidade.

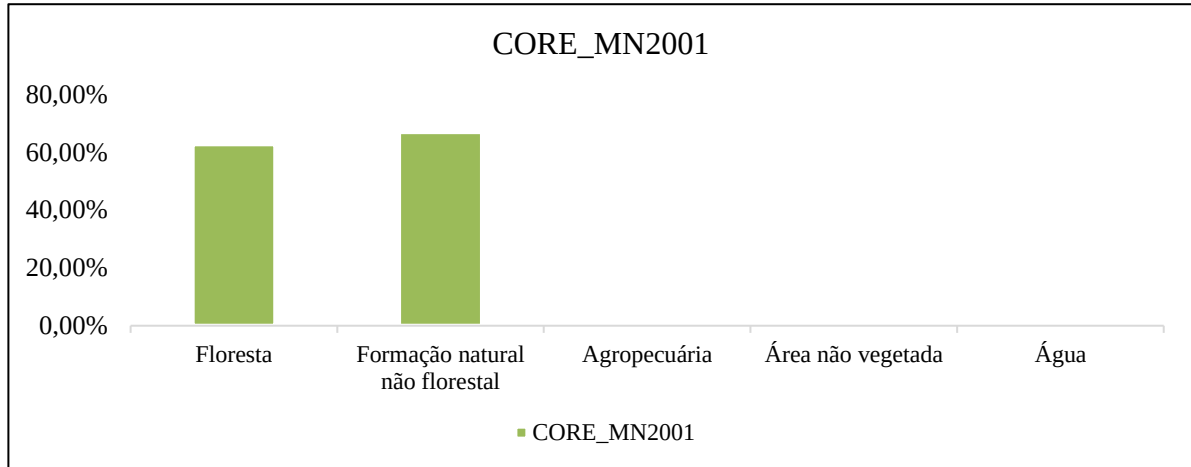




Fonte: Do autor (2024).

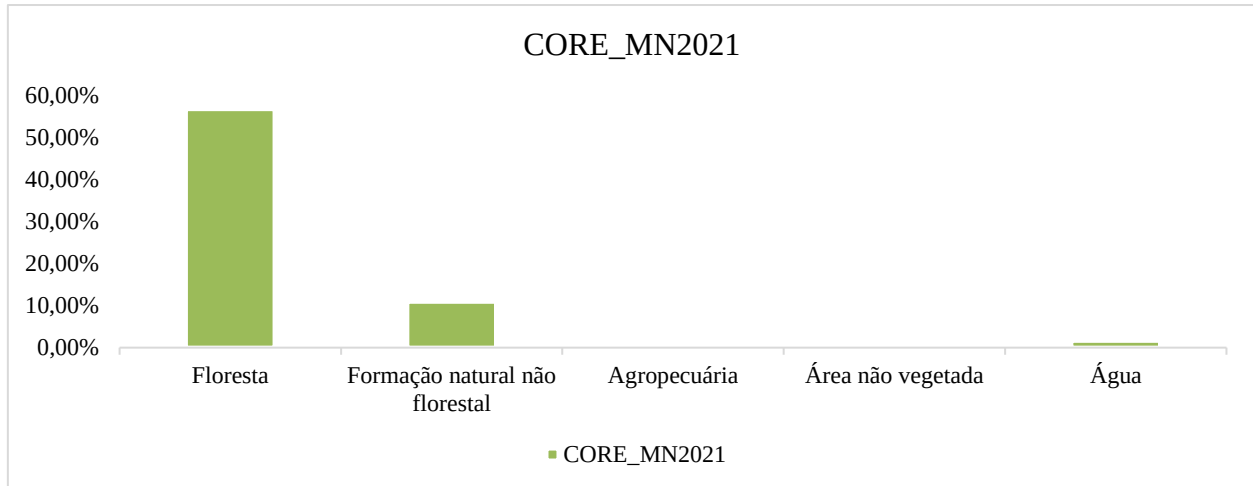
Quanto a qualidade de habitat efetivo, as classes Floresta e Formação natural não florestal disponíveis no gráfico 1 tinham respectivamente em 2001, 62,7% e 66,9% de hexágonos com valores de área média central (CORE_MN) acima de 40 ha (estabelecido arbitrariamente), significando que boa parte da área detinha considerável quantidade de habitat efetivo, fato importante do ponto de vista de conservação. No ano de 2021 na classe Floresta notou-se leve redução de CORE_MN para 56,7% e uma redução mais drástica em Formação natural não florestal para apenas 10,9% de hexágonos, como mostrados no gráfico 2. Quanto as demais classes, essas apresentaram poucas áreas dentro do limiar que estabelecemos (≥ 40 ha), com valores mais próximo de zero, tendo, portanto, mais áreas com baixo índice de habitat efetivo, tanto em 2001, quanto em 2021. Os valores de Core_MN mais alto indicam formas de patches mais simplificadas, apesar de que os valores da relação perímetro-área, para ambas as escalas, sugeriam patches mais irregulares.

Gráfico 1 – Valores da área média central (CORE_MN) das manchas em 2001 (≥ 40 ha).



Fonte: Do autor (2024).

Gráfico 2 - Valores da área média central (CORE_MN) das manchas em 2021 (≥ 40 ha).



Fonte: Do autor (2024).

Dentre as métricas calculadas geramos também, resultados referentes a agregação dos patches com o Índice de Conectância (CONNECT). Este índice calcula o número de partes conectadas ou outras junções funcionais entre os patches do mesmo tipo, considerando uma distância específica, onde, neste estudo, a distância é de 5 pixels. Como não havia uma espécie focal, atribuímos esse valor com base na suposição de que qualquer espécie poderia cruzar essa distância. Assim, obedecendo o limiar de $CONNECT > 0 \leq 100$, em todas as classes haviam muitos hexágonos com alto índice de conectância, ainda sendo possível notar um aumento de áreas que tinham valores elevados dessa métrica se comparando os anos de análise, em contrapartida, haviam também hexágonos com zero conectância, principalmente na classe Floresta nos dois anos, portanto, eram mais desconectados ou formavam uma única mancha. Na tabela 10, estão organizados os dados de conectância.

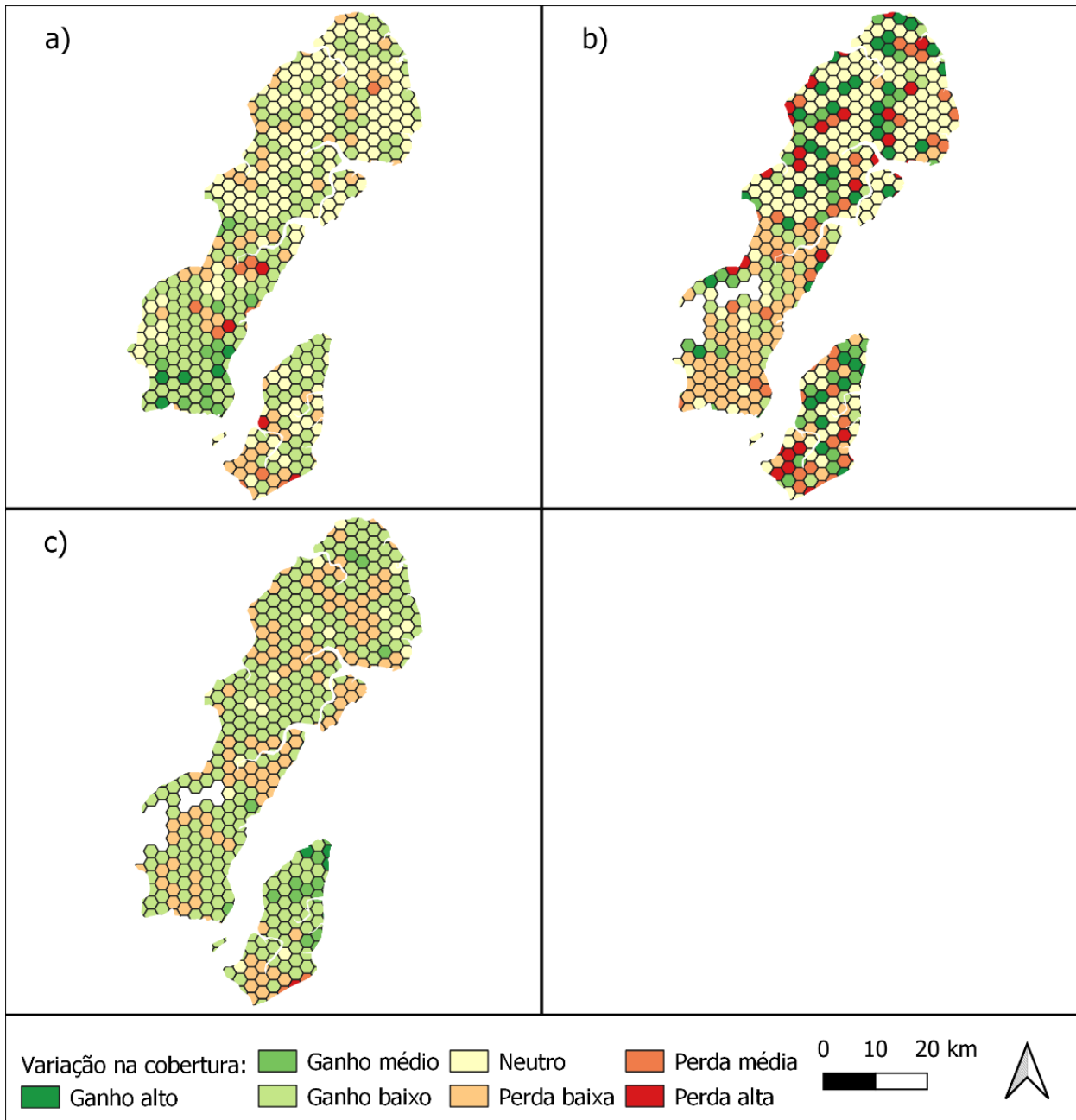
Tabela 6 - Cálculo do Índice de Conectância. (Formação N. N. F: Formação natural não florestal; Área N. V.: Área não vegetada.

Classe	CONNECT_2001 >0≤100	CONNECT_2001 = 0	CONNECT_2021 >0≤100	CONNECT_2021 = 0
Floresta	239	211	284	165
Formação N. N. F.	227	107	273	97
Agropecuária	120	81	197	46
Área N.V.	27	17	44	17
Água	283	79	285	84

Fonte: Do autor (2024).

Para demonstrar visualmente a variação desses dados, na classe Floresta apresentamos um mapa de conectância, juntamente com a variação do NP de floresta e densidade de bordas, onde podemos observar na figura 3 (b), perdas altas e perdas médias de conectância, portanto, sendo prioritárias para conservação, uma vez que áreas mais desconexas podem interferir no fluxo biológico e distribuição das espécies (Soares; Sais; Oliveira, 2020).

Figura 3 – Variação das métricas, a) número de patches (NP); b) Índice de Conectância (CONNECT, c) Densidade de bordas (ED) na classe de Floresta. Na legenda as cores representam Ganho alto: 66,7 - 100; Ganho médio: 33,3 - 66,7; Ganho médio: 0,1 - 33,3; Neutro: 0,1 - (-0,1); Perda baixa: -0,1 - (-33,3); Perda média: -33,3 - (-66,6); Perda alta: -66,6 - (-100).



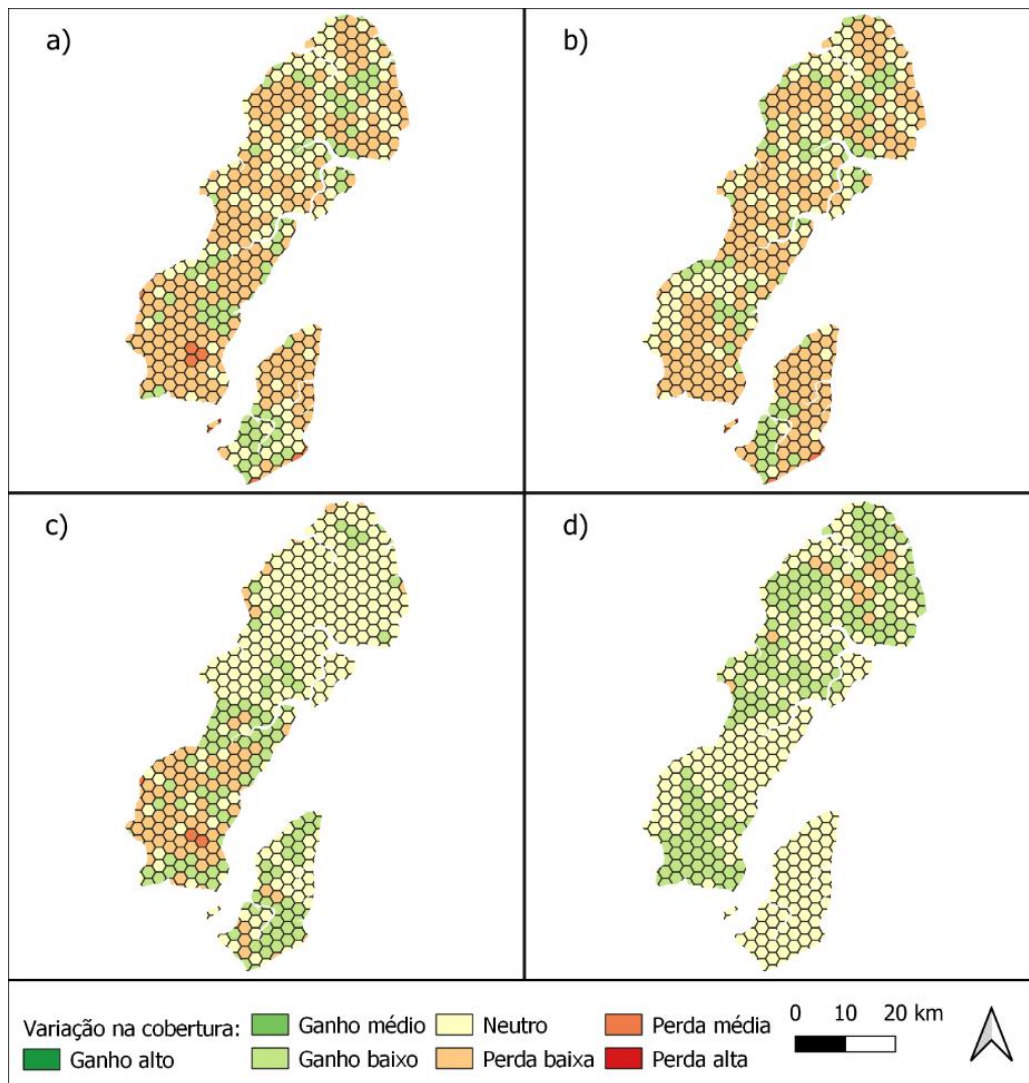
Fonte: Do autor (2024).

Semelhante ao índice de conectância, o Índice de Agregação (AI), é uma métrica de agregação e permite quantificar a adjacência dos patches de uma classe a um determinado patch

focal da mesma classe (He; DeZonia; Mladenoff, 2000). Tanto em 2001, quanto em 2021, os valores de AI eram iguais a 1 nos hexágonos correspondentes a cada classe, exprimindo um valor muito próximo de zero, significando que dentro dos hexágonos os pixels dos patches eram menos agregados a patches correspondentes.

Como base para a proposição das estratégias de conservação e planejamento territorial, além da soma da porcentagem de paisagem das classes de vegetação geramos quatro mapas, de variação da cobertura de vegetação nativa, somados as variações nas coberturas de Floresta, Formação natural não florestal e Agropecuária, apresentados na figura 4.

Figura 4 – Variação da cobertura da vegetação nativa (VEG_NAV) em 20 anos e nas classes de uso e cobertura na escala de paisagem. a) variação na cobertura por vegetação nativa entre 2001 e 2021 b) na floresta c) nas formações naturais não florestais e d) na agropecuária.



Fonte: Do autor (2024)

4. Discussão

A porcentagem de paisagem (PLAND) mostrou que na composição da paisagem estão mais presentes classes de vegetação, ainda que se note uma leve na quantidade de hexágonos com a PLAND de Floresta mais próximos de 100%, além do aparecimento de 3 hexágonos da classe agropecuária com uma alta porcentagem de paisagem. Leal *et al.* (2019), observaram que o maior valor de PLAND de vegetação, significa uma região mais preservada, no nosso caso haviam mais hexágonos distribuídos na região de estudo com maiores valores de PLAND, estando assim bem mais conservados.

Os valores de NP podem indicar o grau de fragmentação de uma região (Dutta, *et al.* 2020; Ferreira, *et al.* 2018), entretanto, como sugere McGarigal, Cushman e Ene (©2023), podemos associar essa métrica a outras mais plausíveis. Quando consideramos hexágono por hexágono seus valores de NP e PD não eram exorbitantes, apesar disso, se observando apenas o número de manchas, como explicitam Ferreira *et al.* (2018), podemos dizer que a área está fragmentada. Quanto a essa fragmentação, como em análise de paisagem também levamos em consideração o contexto ambiental, essa situação não está relacionada somente a pressão antrópica movida pelo desenvolvimento de agricultura, pecuária e demais atividades em pequena escala (Marques *et al.*, 2018; Pinto; Ferreira, 2020), mas, pode estar associado também as condições ambientais naturais da área (Andrade, Costa Neto e Mochel, 2021). Um outro ponto é que a baixa abundância de patches/100ha pode significar que existam menos patches, mas, com grandes áreas (Xie; Yu; Bai; Xing, 2006), assim, relacionando uma métrica com a outra podemos inferir que há um nível intermediário de fragmentação.

Os resultados da densidade de bordas (ED), no geral foram baixos, mesmo havendo alguns hexágonos com ED mais expressivas, que podem requerer um olhar mais atencioso quanto à conservação. De acordo com Calegari *et al.* (2010) altos valores de ED implicam no aumento da fragmentação, da mesma forma Silva *et al.* (2021) também fazem essa relação com a fragmentação e apontaram em seu estudo que fragmentos grandes costumam apresentar menor ED, são mais conservados e tem menor interferência de efeito de borda.

Ainda relativos forma dos fragmentos, os valores de relação perímetro-área (PARA_MN) aumentaram entre os anos. Esses resultados a princípio estão de acordo com o que relata Giacon, Valente e Leite (2022), quando altos valores de relação perímetro-área indicavam formas mais alongadas, com mais extensão de borda e Pinheiro, Marx e Kux (2013) explicaram que maiores

valores de razão perímetro-área indicam formas mais complexas e por conseguinte, estão mais sujeitos a intervenção de matriz, sendo mais vulneráveis. Contudo, como também destacam Pinheiro, Marx e Kux (2013), a relação dessa métrica com o índice de proximidade (PROXY_MN) é uma proposta interessante, pois, mesmo que os valores de PARA_MN fossem altos, PROXY_MN indicava que os fragmentos eram mais próximos, fator que minimiza o efeito da matriz e se voltarmos na figura 2 (a-j), podemos ver que a maioria dos fragmentos tinha uma boa relação-perímetro área. Contudo, também haviam aqueles que por apresentarem altos valores de X, ao mesmo tempo com valores de Y mais próximo de zero, indicavam necessitarem de ações de conservação.

Uma métrica importante realizada foi o cálculo da área média do núcleo. Em 2001 as classes Florestas e Formação natural não florestal detiveram maiores valores de CORE_MN. Ducatti *et al.* (2011) que também consideraram a distância de borda de 30 m e Vidolin, Biondi e Wandenbruck (2011), viam CORE como medidas de qualidade do habitat, sendo a representação da quantidade de área efetiva do fragmento, uma vez que o cálculo dessa métrica exclui o efeito de borda. Já em 2021, se comparando com o ano anterior de análise de análise, nas classes, nessas mesmas classes, os valores reduziram. Segundo Ning *et al.* (2023) isso poderia ser decorrente da diminuição da área do patch principal. Em relação aos demais fragmentos que eram mais próximos de zero, Santos *et al.* (2018), observaram que fragmentos com core que tendiam a zero, com menos de 10 ha, são mais afetados pelas alterações na borda, devendo ser priorizados para implementação de estratégias de conservação.

A análise de conectância é definida por McGarigal, Cushman e Ene, ©2023, como o número de adjacências funcionais entre os patches, o mesmo é definido por Hou, *et al.*, 2023, que explicitam que ela significa a conectividade funcional dos patches. Nossos resultados mostram que em sua maioria haviam mais hexágonos conectados, contudo, na classe Floresta, haviam muitos hexágonos que tendiam a um valor de zero conectância. Quanto a isso, Yuan *et al.* (2023) explicam que quanto maior o valor de CONNECT, maior a conectividade entre os patches, sendo assim, os patches da classe floresta estavam menos conectados. Nossos resultados para AI, não eram próximos de 100%, eram similares ao que estabeleceram He, DeZonia e Mladenoff (2000), em todas as classes, onde valores de AI que eram iguais a 1 significavam que os patches eram mais agregados, pois os pixels compartilhavam mais arestas. Contudo, eles não obedeciam ao que foi proposto por McGarigal, Cushman e Ene (©2023), $0 \leq AI \leq 100$, sendo a máxima agregação

vinculada a 100%. Esses valores corroboram com a figura de variação das métricas onde se pode observar que as unidades de análise indicavam mais perdas leves e altas do que ganhos.

4.1 Conservação, planejamento territorial e gestão pública

Alguns resultados sugeriram a necessidade de conservação, a fim de ampliar a conectividade da região e minimizar áreas possivelmente afetadas pelo efeito de borda. Esses fatores são muito importantes se pensando na qualidade do habitat da área de estudo tendo em vista: estreita relação que as comunidades locais tem com esses ambientes naturais, com a oferta de pescado e o próprio desenvolvimento de Agropecuária que pode promover perdas da vegetação natural (IMESC, 2012), bem como, nos serviços ecossistêmicos que a cobertura vegetal oferta, como acúmulo de biomassa, estágio de pousio para agricultura, absorção de carbono (Wandelli; Fearnside, 2015) e, as perdas das classes Floresta e Formação natural não florestal observadas com a análise de métricas.

Como proposto na metodologia, para tanto, se levou em consideração principalmente a porcentagem de vegetação nativa (VEG-NAV) no território, a qual relacionamos com outras análises. Assim, analisamos a variação da métrica VEG_NAV de 2001 para 2021, que foi baixa e como análise complementar o mesmo pode ser visto na classe Floresta. A classe Formação natural não florestal exprimia baixas perdas, mas eram mais presentes na região de Bacurituba e Cajapió, que estão em uma região constituída por um complexo de ecossistemas, além de serem muito sensíveis as mudanças naturais do ambiente (Andrade; Costa Neto e Mochel, 2021). Já agropecuária apresentou poucas perdas e um ganho mais aparente, uma vez que a soma total de PLAND dessa classe em 2001 era 795,15 hectares aumentando para 1.572,48 hectares. Com base nisso, sugerimos a aplicação de CS-LOC/REG, que se relaciona ao estágio intermediário de conservação presumindo um nível de conservação >40 -60% em escala local e >60-80% em escala regional, uma escala mais ampla, sendo então necessário a aplicação de legislação, proteção, gestão da região.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As métricas permitiram observar a dinâmica e estrutura da paisagem. Vimos que, mesmo que a maior porcentagem da área esteja coberta por classes de vegetação, foram necessárias inserção de estratégias de conservação para a região, a oferta de serviços ecossistêmicos e subsistência de comunidades locais. Os maiores valores de PLAND estavam concentrados nas

classes de vegetação, fator importante do ponto de vista da conservação e a partir da relação NP e PD, os dados sugeriram uma fragmentação intermediária da área

Apesar da relação perímetro-área demonstrar formas de patches mais complexos na região, a proximidade entre eles possibilitava uma minimização das alterações no núcleo das manchas, que podem resultar do efeito de borda, havendo também, mesmo que em menor número, hexágonos que apontaram necessidade da implementação de estratégias de conservação, bem como, diminuição de alguns hexágonos com bons valores de CORE na classe Floresta, significando perda de habitat efetivo na região. A conectância de maneira geral indicava mais áreas conectadas, contudo, se chama atenção para a classe Floresta, com muitos hexágonos com zero conectividade. Além do mais o índice de agregação AI, mostrava que os patches pareciam estar minimamente agregados. Com base nisso, a proposição das estratégias de conservação foi feita se considerando a vegetação nativa, se pensado sobretudo na qualidade ambiental, oferta de serviços ecossistêmico e planejamento territorial

A análise de paisagem aqui realizada pode contribuir para a gestão pública pois, ela permite observar a região ocidental do Golfão maranhense de maneira integrada, uma vez que essa paisagem se constitui de aspectos sociais, econômicos, culturais e naturais. A pesquisa demonstra a existência de áreas prioritárias para conservação, ponto bastante importante se levando em consideração a relação de dependência do espaço natural para subsistência, as contribuições da região para redução de carbono atmosférico com a presença de manguezal e a existência de áreas de proteção ambiental que precisam ser fiscalizadas. Também mostramos que as pressões no ambiente ainda que de forma lenta, modificam a paisagem e isso vem acontecendo gradativamente, observamos que o próprio ambiente é bastante sensível as condições ambientais naturais, cabendo pensar em cenários extremos de mudanças climáticas e desmatamento e como isso afetaria não só os ecossistemas ali presentes, mas, as comunidades que dele dependem. Além disso, ajuda a pensar na implantação de estratégias de educação ambiental, para se refletir sobre como a comunidade vem transformando a paisagem e se isso resulta em externalidades positivas ou negativas e como reverter ou amenizar essa situação. Por último, podemos dizer que a pesquisa poderá subsidiar na tomada de decisões junto a política de gerenciamento costeiro no Maranhão que prevê a melhor gestão da zona costeira, uma vez que este trabalho se dedica a descrição das características paisagísticas, econômicas e sociais de três municípios pertencentes a essa região fisiográfica, apontando zonas prioritária para conservação por meio da análise de paisagem.

Assim, levando em consideração esses pressupostos a pesquisa atestou que a paisagem é pouco fragmentada, tem boa conectividade entre patches, mas, necessita de ações de conservação. Desse modo, esperamos que esses resultados possam auxiliar a gestão da paisagem nesses municípios, forneçam base científica para pesquisas em ecologia de paisagem no território maranhense, assim como, sua difusão no Brasil e possam contribuir para o desenvolvimento sustentável das regiões.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. C. M. G. O. **Dinâmica econômica na área de estudo**. In: ABREU, F. C. M. G. O. Dinâmica territorial e políticas ambientais: uma análise da relação entre crescimento da renda per capita e ocorrência de desmatamento nos municípios da Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense. 2013. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Socioespacial e Regional) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2013, f. 60 – 63. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/handle/123456789/449>. Acesso em: 17, jul. 2022.
- ABREU, F. L.; VASCONCELOS, F. P.; ALBUQUERQUE, M. F. C. A Diversidade no Uso e Ocupação da Zona Costeira do Brasil: A Sustentabilidade como Necessidade. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, [s.l.], v. 11, n. 5, p. 8-16, dec. 2017. ISSN 2176-0144. Disponível em: <http://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/1277/1047>. Acesso em: 26 maio 2022. doi:<https://doi.org/10.21439/conexoes.v11i5.1277>.
- AMARAL, Y.T.; *et al.* Landscape structural analysis of the lencois maranhenses national park: implications for conservation. **Journal for Nature Conservation**, [s.l.], n. 51, 2019. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1617138118303108?token=1F791E550976C31767C69A6684CA3BBB1E0CC336F7121FAC1F51CD9624BE5518113BF50B5AA90E7FDC5F1730F899766D&originRegion=us-east-1&originCreation=20220518125602>. Acesso em: 28 abril. 2022.
- ANDRADE, J. R.; COSTA NETO, J. P.; MOCHEL, F. R. Potenciais impactos da implantação do sistema de diques na APA da Baixada Maranhense: causas e efeitos na sustentabilidade de ecossistemas locais. In: DE ARAÚJO, N. A.; BARBIERI, R (Org.). Sustentabilidade dos Ecossistemas do Maranhão Baixada Maranhense. v.1, São Paulo: Gradus Editora, 2021. 268 p.
- BARRETO, L; *et al.* Exploring effective conservation networks based on multi-scale planning unit analysis. A case study of the Balsas sub-basin, Maranhão State, Brazil. **Ecological indicators**, [s.l.], n.10, p. 1055-1063, 2010.
- CALEGARI, L. *et al.* Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.5, p.871-880, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/hwRNSWLHDPKNxFtStDbngcL/>. Acesso em: 02 de jul. 2022.
- CORREIA FILHO, F. L; GOMES, E. R; NUNES, O. O; LOPES FILHO, J.B. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Bacurituba**. Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2011.
- CARVALHO, F. C. de. Percepção dos agentes públicos municipais e dos sindicatos dos trabalhadores rurais sobre governança territorial e participação. **GeoTextos**, [s. l.], v. 18, n. 2, 2022. DOI: 10.9771/geo.v0i2.51177. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/geotextos/article/view/51177>. Acesso em: 8 maio. 2023.
- CERQUEIRA, M. C; *et al.* Fragmentação da paisagem no entorno e na Reserva de

Desenvolvimento Sustentável Nascentes das Geraizeiras, Minas Gerais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 607-633, abr./jun. 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/225411/1/document.pdf>. Acesso em: 18 maio. 2022.

CERQUEIRA, R.; BRANT, A.; NASCIMENTO, M. T.; PARDINI, R. Fragmentação: alguns conceitos. In: Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília: MMA/SBF, p. 23-40, 2003

COSTA, F. W. D. Aspectos geográficos e a gestão de ambientes costeiros: um enfoque na Resex do Delta do Parnaíba. **REGNE**, Rio Grande do Norte, v. 5, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/issue/view/943>. Acesso: 18 maio. 2022.

DA SILVA, L. G; DOS SANTOS, S; MORAES, F. Fragmentação da mata atlântica de interior: análise de paisagem do corredor verde Sul-Americano e Florestas do alto Paraná. **Bol. Geogr.**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 61-68, set.-dez., 2014. Disponível em: https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/21881/pdf_31. Acesso em: 18 maio. 2022.

DE BRITO, M. P. L. **Estrutura multi-escala da paisagem**. In: DE BRITO, M. P. L. Subsídios para conservação e planejamento territorial da sub-bacia Zutiua, Maranhão, Brasil. 2011. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2011, p.110.

DOS SANTOS, A. L. S; *et al.* Modelling Dunes from Lençóis Maranhenses National Park (Brazil): Largest dune field in South America. **Scientific Reports**, London, n. 9, 7434, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43735-0>. Acesso em: 18 maio. 2022.

DUCATTI, A.; *et al.* Análise da paisagem por Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e métricas de paisagem como subsídio para a tomada de decisões em nível ambiental. **Espacios**, [s.l], v. 32, n. 1, p. 36-42, 2011. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a11v32n01/113201142.html>. Aceso em: 17 jan. 2024.

DUTTA, S.; *et al.* Quantification and mapping of fragmented forest landscape in dry deciduous forest of Burdwan Forest Division, West Bengal, India. **Trees, Forests and People**, v.2, p. 2020, 100012, ISSN 2666-7193. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2020.100012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666719320300121>. Acesso em: 01 abr. 2023.

FARIAS, M. D., LADWIG, N. I; E MENEZES, C. T. B. Análise da paisagem na criação de unidade de conservação integral zona costeira sul do estado de Santa Catarina. **Sociedade & Natureza** [online]. 2017, v. 29, n. 02, pp. 351-363. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/SN-v29n2-2017-12>. Epub 22 Abr 2022. ISSN 1982-4513. <https://doi.org/10.14393/SN-v29n2-2017-12>. Acessado em: 28 abril. 2022.

FERREIRA, I.J.M, *et al.* Spatial dimension landscape metrics of Atlantic Forest remnants in Paraná State, Brazil. **Acta Scientiarum Technology**, [s.l] vol. 40, 2018.

doi.org/10.4025/actascitechnol.v40i1.3650. Disponível em:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303258327041>. Acesso em: 02 out. 2023.

GIACON, V.P.; VALENTE, R. A.; LEITE, E. C. Relação entre urbanização e integridade biótica de remanescentes de Florestas Urbanas. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 25, p.1-22, 2022. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/asoc/a/XQdNBdL6y3StqwQsXnZKxHR/?lang=pt#>. Acesso em: 14 nov. 2023.

IBGE. **Alcântara**. Rio de Janeiro: IBGE, c2017c. Disponível em:
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/alcantara/panorama>. Acesso em: 21 jul. 2022.

IBGE. **Bacurituba**. Rio de Janeiro: IBGE, c2017a. Disponível em:
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/bacurituba/panorama>. Acesso em: 27 abril. 2022.

IBGE. **Banco de dados de informações ambientais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/monitoramento_cobertura_uso_terra/v1/#/home. Acesso em: 26 maio. 2022.

IBGE. **Cajapió**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em:
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/cajapio/panorama>. Acesso em: 02 jan. 2023.

IBGE. **Cajapió**. Rio de Janeiro: IBGE, c2017b. Disponível em:
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/cajapio/panorama>. Acesso em: 26 maio. 2022.

IBGE. **Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em:
<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>. Acesso em: 07 maio 2023.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2.ed., 2012. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE. **Manual Técnico de uso e Cobertura**. 3.ed., 2013. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE. **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil 2016 – 2018**. In: Banco de dados de informações ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em:
https://www.ibge.gov.br/apps/monitoramento_cobertura_uso_terra/v1/#/home. Acesso em: 26 maio. 2022.

IMESC: Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Prognóstico e Cenarização – Etapa Bioma Amazônico**. São Luís: IMESC, 2019. Disponível em:
<http://homologacao.zee.ma.gov.br/wp-content/uploads/2021/08/Prognostico-e-Cenarizacao-do-Zoneamento-Ecologico-Economico-Etapa-Bioma-Amazonico.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.

IMESC: Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Enciclopédia dos Municípios Maranhenses/ Microrregião Geográfica do Litoral Ocidental**. São Luís: IMESC, 2012.

LEAL, F. A.; *et al.* Análise temporal da fragmentação da paisagem no entorno de florestas nacionais em Rondônia. **Nativa, Sinop**, [s.l.] v. 7, n. 1, p. 94-100, jan.- fev, 2019. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/6686/5346>. Acesso em: 01 jan. 2024.

LEFÈVRE, N. *et al.* A source of CO₂ to the atmosphere throughout the year in the Maranhense continental shelf (2° 30' S, Brazil). **Continental Shelf Research**, v. 141, p. 38-50, 2017. ISSN 0278-4343. Disponível em: <https://doi-org.ez14.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.csr.2017.05.004>. DOI: 10.1016/j.csr.2017.05.004. Acesso em: 25 de nov. 2023.

LI, H.; WU, J. Use and misuse of landscape indices. *Landscape Ecology*, v. 19, p.155-169, 2004.

LOUZEIRO, N. M. Pesquisa de parasitas do gênero Trypanosoma em peixes provenientes de municípios de São Bento e Bacurituba da Baixada Maranhense. 2018. **Dissertação** (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018. Disponível em: <http://repositorio.uema.br/jspui/handle/123456789/772>. Acesso em: 07 maio 2023.

MACHADO, A. M. B.; RODRIGUES, T. C. S. Comparação de métodos de classificação para o mapeamento da cobertura da terra no setor norte da ilha do maranhão. **Geosciences=Geociências**, [s.l.], v. 39, n. 04, p. 1129-1140, 2020. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/14128>. Acesso em: 18 maio. 2022.

MACHADO, A. M. B.; SOARES, L. S.; FARIA, K. M. S. Análise estrutural da paisagem da Resex de Cururupu, Maranhão, Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 15, n. 2, p. 7-16, jan. 2022. ISSN 1982-5528. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/702>. Acesso em: 16 jul. 2022.

MARQUES, A. R.; *et al.* Aspectos da paisagem cultural da beirada de Alcântara potencializada pela educação ambiental. *Geografia em Questão*, [s. l.], v. 11, n. 2, 2018. DOI: 10.48075/geoq.v11i2.19343. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/19343>. Acesso em: 02 fev. 2023.

MARTINEZ, J. P. S.; *et al.* Explorando oportunidades e desafios para estabelecer uma Agência Espacial Sul-Americana. **Acta Astronautica**, v.147, p.473-488, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094576516312127>. Acesso em: 13 dez. 2023.

MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S.A; ENE, E. Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors. FRAGSTATS, v4, 2023. Disponível em: <https://www.fragstats.org>.

MEDEIROS, M. A.; *et al.* Nova ocorrência de Diplodocoidea na Bacia de São Luís (Cretáceo, Cenomaniano), norte do Maranhão. *In: Simpósio de Geologia da Amazônia*. Marabá. 14. 2015. p. 1-4. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Rafael-Lindoso->

2/publication/279757221_Nova_ocorrencia_de_Diplodocoidea_na_Bacia_de_Sao_Luis_Cretaceo_Cenomaniano_norte_do_Maranhao/links/56cf009208ae4d8d649e72c1/Nova-ocorrencia-de-Diplodocoidea-na-Bacia-de-Sao-Luis-Cretaceo-Cenomaniano-norte-do-Maranhao.pdf. Acesso em: 26 dez. 2022.

NING, F. A study on the spatial and temporal dynamics of landscape spatial patterns of different types of rural communities in Taiwan. **Ecological Indicators**, [s.l.], v.157, 111227, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111227>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X23013699>. Acesso em: 26 dez. 2023.

PIEIDADE, R. N.; DA SILVA, A. C.; DE CASTRO, M. de J. P. Lixo marinho internacional na praia de Itatinga, Alcântara, Maranhão, Brasil: International marine waste at Itatinga beach, Alcântara-MA. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 8, n. 12, p. 78418 – 78427, 2022.. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/55220>. Acesso em: 29 mar. 2023.

PEREIRA, L. C. C.; SOUSA, F. R. C.; COSTA, R. M.; JIMENEZ, J. A. Challenges of the recreational use of Amazon beaches. **Ocean & Coastal Management**, v. 165, p. 52-62, 2018. ISSN 0964-5691. Disponível em: <https://doi-org.ez14.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.ocecoaman.2018.08.012>. Acesso em: 13 dez. 2023.

PEREIRA, R. C. C. As transformações históricas e a dinâmica atual da paisagem na alta bacia do Pericumã/MA. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2012, f. 215. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/handle/123456789/525>. Acesso em: 20 jul. 2022.

PINHEIRO, C. U. B. Coletas botânicas na zona costeira do estado do Maranhão, nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s.l.], v. 13, n. 6, p. 3006-3024, dez. 2020. ISSN 1984-2295. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/245262>. Acesso em: 02 abr. 2023. doi:<https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.6.p3006-3024>.

PINHEIRO, C.U.B. Meio Biótico e Vegetação. *In*: Estudo de impacto ambiental (EIA) e respectivo relatório de impacto ambiental (rima) relacionado à implantação de Sistema de Barragens na Baixada maranhense entre Viana e Bacurituba. **Relatório**, [s.l.], jan, 2008.

PINHEIRO, E. S.; MARQUES, J. P. C.; KUX, H.J.H; Modelo linear de mistura espectral e métricas da paisagem aplicados ao estudo do desflorestamento em Manaus, Amazonas. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 16., Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: INPE, 2013. 8 p.

PINTO, N. M. A.; FERREIRA, J. M. Redes de apoio social em comunidades rurais do Maranhão: mulheres construindo o desenvolvimento local sustentável. *Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional*, Blumenau, v. 8, n. 2, p. 125-140, ago. 2020. ISSN 2317-5443. Disponível em: <https://bu.furb.br/ojs/index.php/rbdr/article/view/7895>. Acesso em: 07 maio 2023. doi: <http://dx.doi.org/10.7867/2317-5443.2020v8n2p125-140>.

PINTO, L. F. G.; *et al.* Governance lessons from the Atlantic Forest to the conservation of the Amazon. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 21, 2023, p.1-5, ISSN 2530-0644. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2022.10.004> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2530064422000724>. Acesso em: 14 abr. 2023.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção [v. 8.0] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. (2023). Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 28 dez. 2023.

RABELO, T. O.; LIMA, Z. M. C.; NASCIMENTO, M. A. L. Delimitação das unidades geoambientais da geodiversidade do setor costeiro sudeste da Ilha do Maranhão, Ma- Brasil **Rev. Geociênc. Nordeste**, Caicó, v.6, n.2, jul-dez, p. 236-243, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2020v6n2ID18750>. Acesso em: 18 maio. 2022.

SAITO, N. S; *et al.* Geotecnologia e Ecologia da Paisagem no Monitoramento da Fragmentação Florestal. **Floresta e Ambiente** [online]. 2016, v. 23, n., p. 201-210. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.119814>. Epub 23 Feb 2016. ISSN 2179-8087. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.119814>. Acessado 27, abril. 2022.

SALES, D. P. **Ocorrência de Helmintos Gastrointestinais e Pulmonares em Caprinos e Ovinos da Microrregião da Baixada Maranhense, Estado do Maranhão – Brasil**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2016. 66 f. Disponível em: <http://repositorio.uema.br/jspui/handle/123456789/129>. Acesso em: 08 maio. 2023.

SANTOS, J. S.; *et al.* Delimitation of ecological corridors in the Brazilian Atlantic Forest, **Ecological Indicators**, [s.l], v. 88, p. 414-424, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.01.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X18300128>. Acesso em: 27 set. 2023.

SILVA, A. L.; LONGO, R. M. Ecologia da paisagem e qualidade ambiental de remanescentes florestais na sub-bacia hidrográfica do Rio Atibaia dentro do município de Campinas-SP. **Ciência Florestal** [online], v. 30, n. 4, p. 1176-1191, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509842640>. Epub 05 Abr 2021. ISSN 1980-5098. <https://doi.org/10.5902/1980509842640>. Acesso em: 16 jul. 2022.

SILVA, C. R.; *et al.* Avaliação parasitária de suínos nativos da região da Baixada Maranhense. **Archives of Veterinary Science**, [s.l] v. 20, n. 2, p. 58-66, 2015. Disponível em: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=1517784X&AN=112808080&h=7WSkFi77MyCgDIjmwA0uhS%2FRpkl4THJfu0FaMNIY9uEBsZI%2FcTbelNKvSwamvXZupz2PPFklnMTAs%2FqKkrug%3D%3D&crl=c>. Acesso em: 20 jul. 2022.

SILVA, J. S; FARIAS. M. S. F. Expansão urbana e impactos ambientais na zona costeira norte do município de São Luís (MA). **R. Ra' e Ga**, Curitiba, v.46, p. 07 -24, mar, 2019. Disponível

em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez14.periodicos.capes.gov.br/index.php/buscaador-primo.html>. DOI: 10.5380/raega. eISSN: 2177-2738. Acesso em: 18 maio. 2022.

SILVA, S. D. P.; *et al.* Landscape analysis in a municipality in the arc of deforestation of the Brazilian Amazon rainforest. **Ecological Engineering**, [s.l.], v.173, 106417, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106417>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092585742100272X>. Acesso em: 03 ago. 2023.

SOARES, B. S. F **Análise de Paisagem: Fragmentação e mudanças**. Departamento de Cartografia, Centro de Sensoriamento Remoto – Instituto de Geociências/UFMG. Belo Horizonte-MG, 1998. 88 p.

SOARES, D. R.; SAIS, A. C.; DE OLIVEIRA, R. E. Análise da estrutura espacial da paisagem a partir da proposição de cenários de restauração florestal em uma microbacia hidrográfica na Amazônia Mato-Grossense. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 40, n. 01, p. 1-23, 2020.

SOUZA, M. F.; *et al.* Port regionalization for agricultural commodities: mapping exporting port hinterlands. **Journal of Transport Geography**, [s.l.], v. 106, p. 103506, 2023. ISSN 0966-6923. Disponível em: <https://doi-org.ez14.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.jtrangeo.2022.103506>. Acesso em: 13 dez. 2023.

SOUZA, M. R. A.; DE SOUSA, F. T. L.; PINTO, N. M. de A. A pluriatividade da agricultura familiar na zona rural do município de Alcântara - MA. **Brazilian Journal of Development**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 1377 – 1391, 2023. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/56058>. Acesso em: 7 maio 2023. doi: 10.34117/bjdv9n1-095.

VOURLITIS, G. L.; *et al.* Composition and activity of soil microbial communities in native and non-native vegetation of southern California. **Applied Soil Ecology**, v. 193, p. 105164, 2024. Disponível em: <https://doi-org.ez14.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.apsoil.2023.105164>. Acesso em: 14 dez. 2023.

WANDELLI, E. V.; FEARNSIDE, P. M. Secondary vegetation in central Amazonia: Land-use history effects on aboveground biomass. **Forest Ecology and Management**, [s.l.], v.347, p.140-148 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.03.020>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112715001498>. Acesso em: 02 jan. 2024.

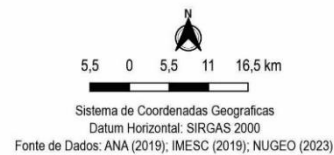
XIE, Y; YU, M.; BAI, Y; XING, X. Ecological analysis of an emerging urban landscape pattern—desakota: a case study in Suzhou, China. **Landscape Ecology**, [s.l.], v.21, p.1297 – 1309, 2006. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-006-0024-9>. Acesso em: 25 dez. 2023.

YUAN, Y.; *et al.* Quantifying the relationship between urban blue-green landscape spatial pattern and carbon sequestration: A case study of Nanjing’ s central city. **Ecological Indicators**, [s.l.]

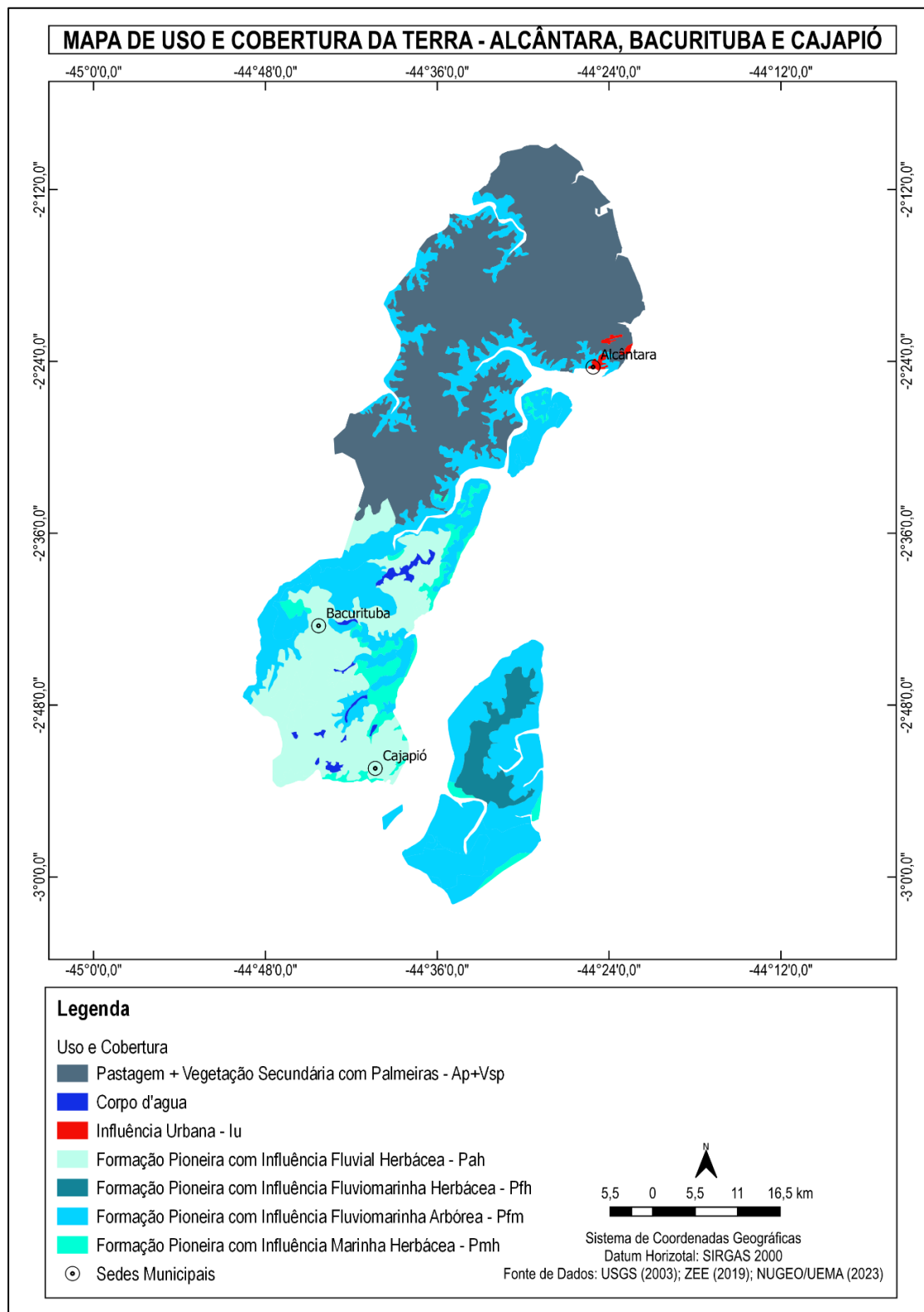
v.154, 110483, 2023. 110483. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110483>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X23006258?via%3Dihub>. Acesso em: 01 fev. 2024.

ZHENG, L.; WANG, Y.; LI, J. Quantifying the spatial impact of landscape fragmentation on habitat quality: A multi-temporal dimensional comparison between the Yangtze River Economic Belt and Yellow River Basin of China. **Land Use Policy**, [s.l.], v.125, 2023. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez14.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0264837722004902>. ISSN 0264-8377. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106463>. Acesso em: 11 jan. 2023

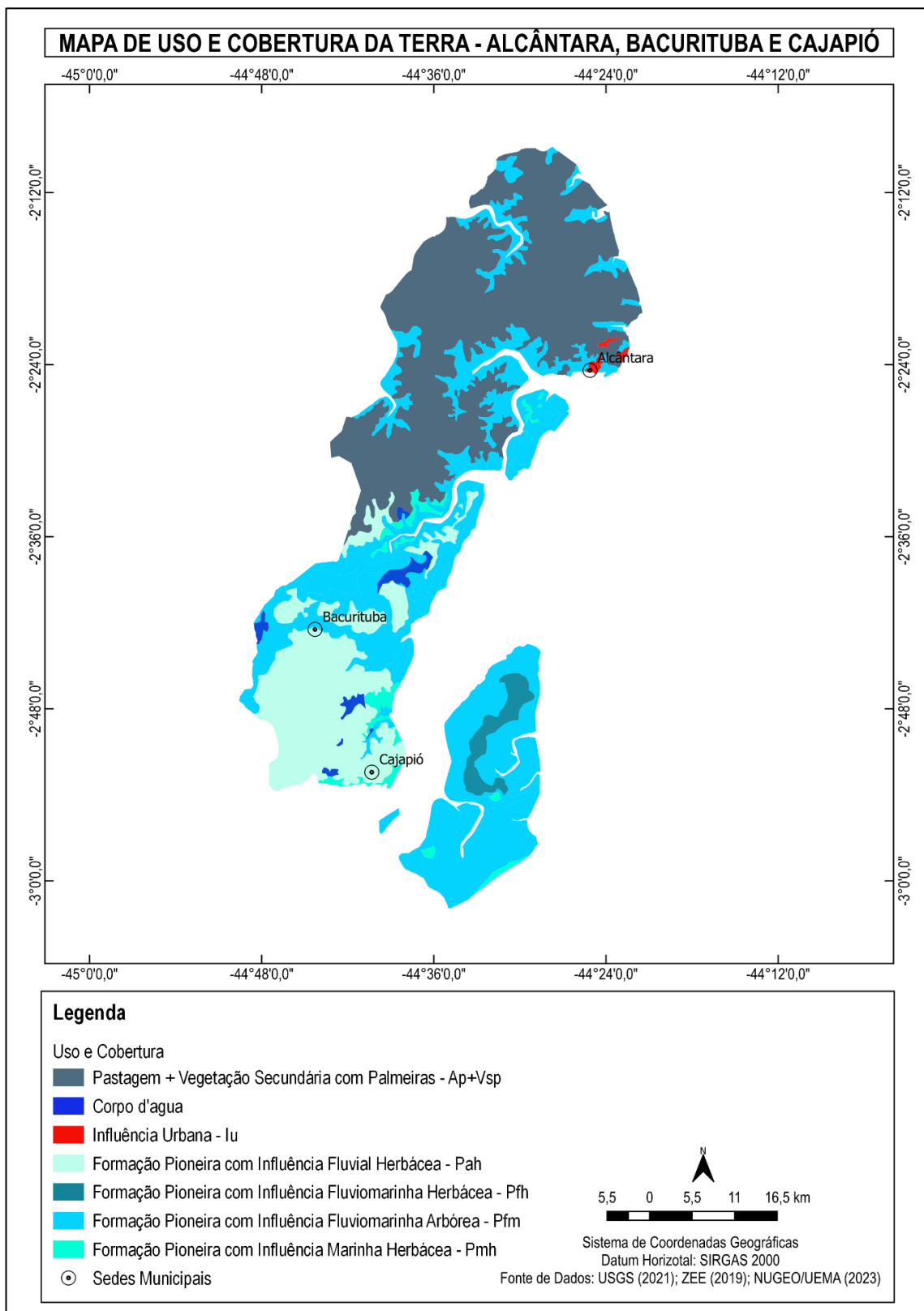
ANEXOS

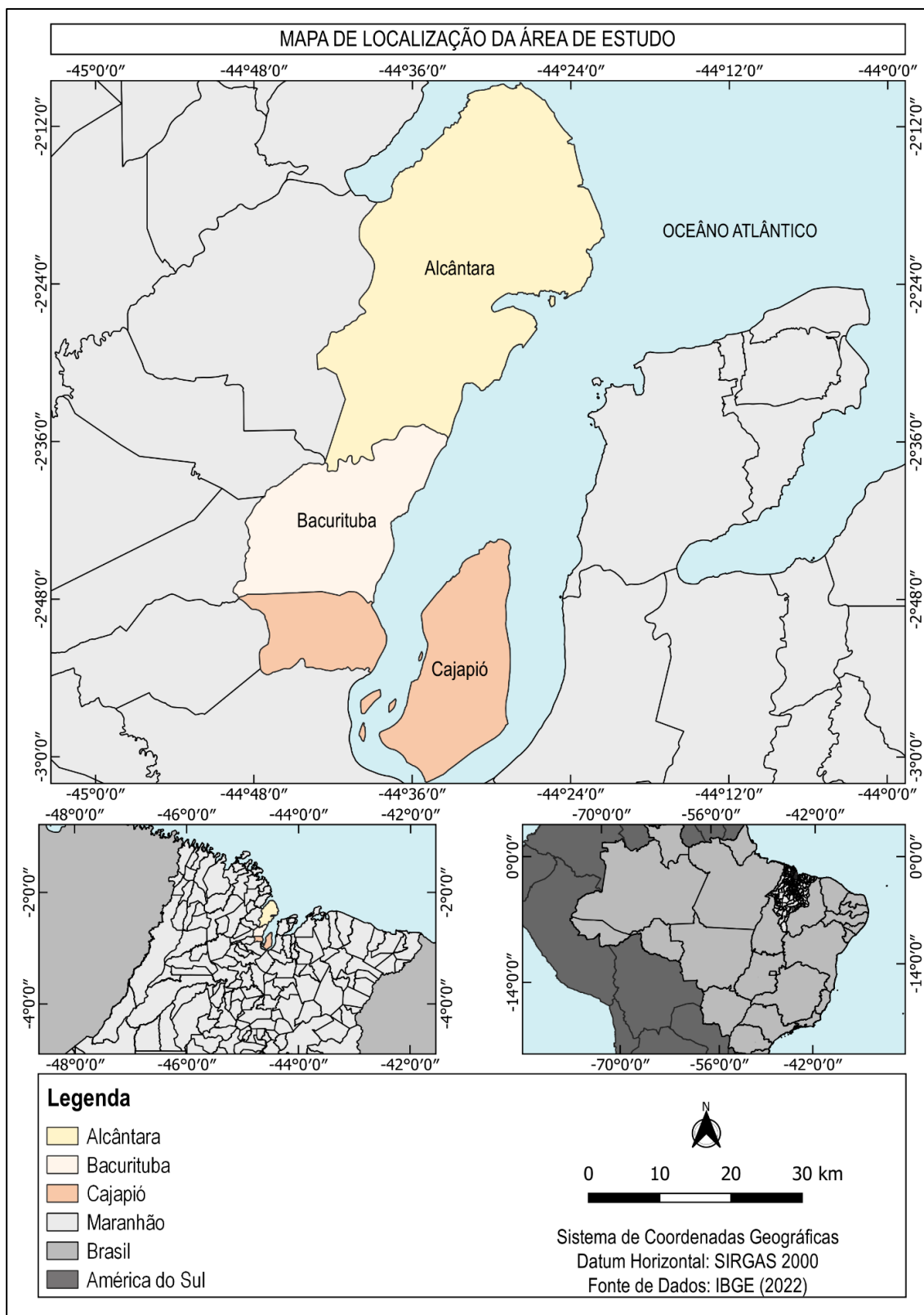


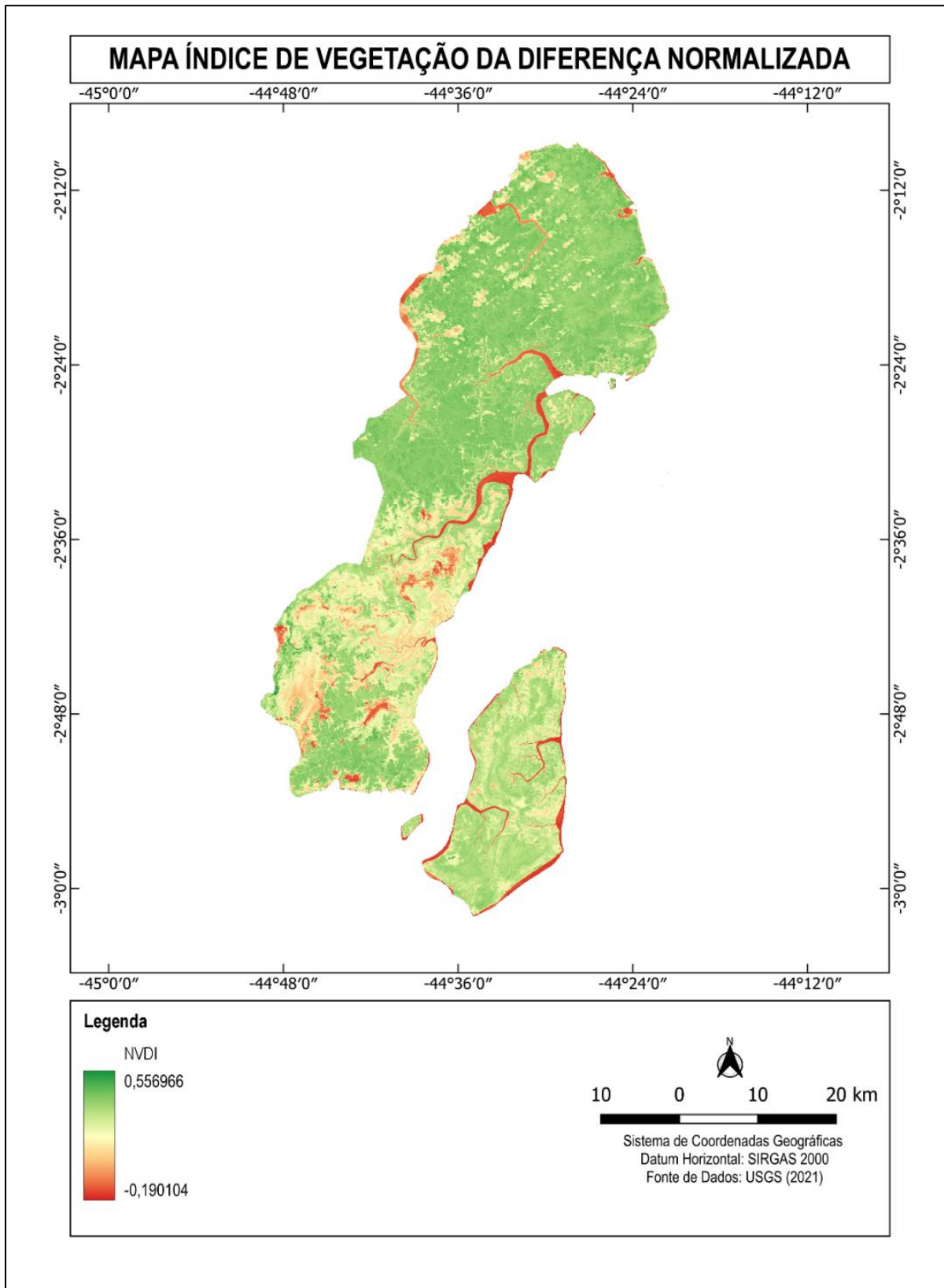
ANEXO B - MAPEAMENTO ANTERIORMENTE REALIZADO PARA 2003



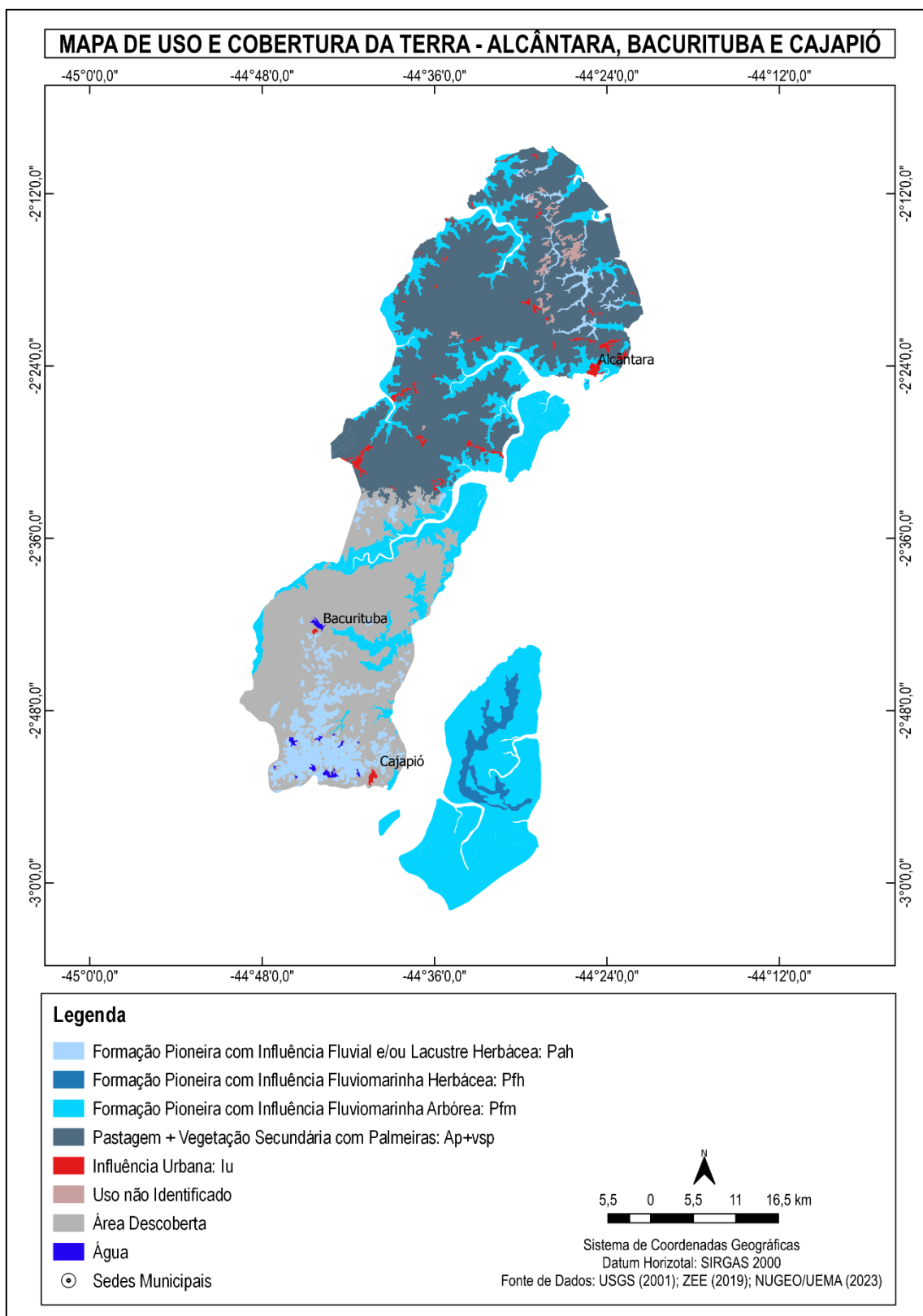
ANEXO C - MAPEAMENTO ANTERIORMENTE REALIZADO PARA 2021



ANEXO D - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

ANEXO E - ÍNDICE DE VEGETAÇÃO DA DIFERENÇA NORMALIZADA

ANEXO F – MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DA TERRA REALIZADO ANTERIORMENTE PARA 2001



ANEXO G - MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DA TERRA REALIZADO ANTERIORMENTE PARA 2021

