



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO**  
**AMBIENTE**

**CAMILA EVERTON GUTERRES**

**ESPACIALIZAÇÃO E ANÁLISE DOS REGISTROS DE FAUNA DO GOLFÃO**  
**MARANHENSE NOS ÚLTIMOS 300 ANOS E SUA CORRELAÇÃO COM USO E**  
**OCUPAÇÃO DO SOLO**

**São Luís - MA**

**2022**

**CAMILA EVERTON GUTERRES**

**ESPACIALIZAÇÃO E ANÁLISE DOS REGISTROS DE FAUNA DO GOLFÃO  
MARANHENSE NOS ÚLTIMOS 300 ANOS E SUA CORRELAÇÃO COM USO E  
OCUPAÇÃO DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal do Maranhão como requisito para obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

**Orientador:** Prof. Dr. James Werllen de Jesus Azevedo

São Luís - MA

2022

**CAMILA EVERTON GUTERRES**

**ESPACIALIZAÇÃO E ANÁLISE DOS REGISTROS DE FAUNA DO GOLFO  
MARANHENSE NOS ÚLTIMOS 300 E SUA CORRELAÇÃO COM USO E  
OCUPAÇÃO DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em: 27/10/2022

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. James Werllen de Jesus Azevedo

**Coordenação de Engenharia de Pesca/UFMA  
ORIENTADOR**

Prof. Dr. Leonardo Silva soares

**Departamento de Oceanografia/UFMA  
MEMBRO INTERNO**

Prof. Dr. Rodrigo Sávio Teixeira de Moura

**Coordenação de Engenharia de Pesca/UFMA  
MEMBRO EXTERNO**

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

Guterres, Camila.

ESPACIALIZAÇÃO E ANÁLISE DOS REGISTROS DE FAUNA DO  
GOLFÃO MA-RANHENSE NOS ÚLTIMOS 300 ANOS E SUA CORRELAÇÃO  
COM USO E OCUPAÇÃO DO SOLO / Camila Guterres. - 2022.

67 p.

Orientador(a): James Werllen Azevedo.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em  
Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do  
Maranhão, São Luís, 2022.

1. Base de dados de fauna. 2. Biodiversidade. 3.  
Fragmento florestal. 4. MAPBIOMAS. I. Azevedo, James  
Werllen. II. Título.

## DEDICATÓRIA

À meu avô paterno, Benedito Marques Mendes Guterres (*in memoriam*).

Vô, esse resultado é fruto seu, obrigada.

À minha mãe, Maria Barbara Cutrim Everton e minha irmã Ana Carolina Everton Guterres, por toda base e amor que me é derramado todos os dias.

À Brena Lindoso, meu amor e inspiração diária, sem seu apoio jamais seria possível. Obrigada por ter me escolhido.

Guardo esse espaço para meu amor canino Aurora, por deixar meus dias mais leves e felizes.

-

-

-

E ao pequeno Timóteo, que conheceu em pouco tempo a maldade e a bondade humana, deixo aqui registrado sua existência, que não entre em esquecimento, obrigada por me ajudar a reafirmar quem eu sou e devo ser.

*“Ao reconhecermos nossa verdadeira  
identidade, nos tornamos livres para ser quem somos.”*

Sri Prem Baba

## RESUMO

Diante das profundas alterações vistas nos últimos anos no uso e ocupação do solo, a academia científica tem pautado os estudos na correlação entre as intervenções antrópicas na paisagem com os impactos ocasionados ao funcionamento dos sistemas naturais e consequente perda da biodiversidade. Devido à diminuição desses ambientes e a ameaça à biodiversidade, esse estudo pretende mapear os registros de diferentes grupos faunísticos para a região do Golfão Maranhense - GM, de modo a demonstrar os locais menos cobertos pelas pesquisas científicas e avaliar a evolução do uso e ocupação do solo correlacionando-o a fauna mapeada para o GM. Os dados de registros de fauna que subsidiaram a análise dessa pesquisa foram coletados de maneira secundária, através de bancos de dados consolidados de fauna, e espacializados através do SIG QGIS. Os registros foram correlacionados com as categorias de uso e ocupação do solo utilizando a plataforma do MAPBIOMAS. Os resultados apontam concentração dos estudos ao norte do Golfão Maranhense, e a perdas das áreas vegetadas/naturais por áreas associadas a atividade de agropecuária e urbanização, tornando cada vez mais fragmentada as formações florestais, cenário este considerado negativo pois a fragmentação impacta diretamente a vida equilibrada da fauna. Os mamíferos apresentaram-se sensíveis ao avanço da urbanização uma vez seus registros apresentaram correlação negativa ao aumento de área desta categoria de uso. Os peixes e répteis apresentaram correlação positiva à formação florestal e a maior presença de mangue. A presença da formação florestal, bem como rios, lagos e oceanos apresentaram-se como condições importantes para maior diversidade de Shannon e riqueza de Margalef. De forma geral, os resultados demonstraram a sensibilidade dos diferentes grupos faunísticos às alterações de uso e ocupação do solo que vieram ocorrendo, historicamente, na região do GM. Portanto, observa-se a necessidade de incentivo às pesquisas a diferentes grupos faunísticos, por meio de editais de financiamento, aos setores no contorno leste-oeste do Golfão, ao mesmo tempo traz-se um alerta para que as pesquisas cujas propostas metodológicas resultarem na captura de espécies, que esses registros possam ser depositados em base de dados oficiais, tais como o Sisbio, SiBBr, entre outros, de modo a facilitar abordagens holísticas e integrativas sobre a relação dos diversos grupos faunísticos com as intervenções antrópicas, e, com isso, as informações possam ser mais bem incorporadas às possíveis ações de restauração ecológica e biologia da conservação do GM.

**Palavras-chave:** Biodiversidade, Fragmento florestal, Base de dados de fauna, MAPBIOMAS.

## ABSTRACT

In view of the profound changes seen in recent years in land use and occupation, the scientific academy has guided studies on the correlation between anthropic interventions in the landscape with the impacts caused to the functioning of natural systems and consequent loss of biodiversity. Due to the decrease in these environments and the threat to biodiversity, this study intends to map the records of different faunal groups for the Golfão Maranhense - GM region, in order to demonstrate the places less covered by scientific research and evaluate the evolution of the land use and occupation correlating it with the fauna mapped for the GM. Data from fauna records that supported the analysis of this research were collected in a secondary way, through consolidated fauna databases, and spatialized through the GIS QGIS. The records were correlated with the categories of land use and occupation using the MAPBIOMAS platform. The results point to a concentration of studies in the north of the Maranhense Gulf, and the loss of vegetated/natural areas by areas associated with agriculture and livestock activities and urbanization, making forest formations increasingly fragmented, a scenario considered negative because the fragmentation directly impacts the balanced life of the fauna. Mammals were sensitive to the advance of urbanization since their records showed a negative correlation with the increase in area of this use category. Fish and reptiles showed a positive correlation with forest formation and the greater presence of mangroves. The presence of forest formation, as well as rivers, lakes and oceans were important conditions for greater Shannon diversity and Margalef richness. In general, the results demonstrated the sensitivity of different faunal groups to changes in land use and occupation that have historically occurred in the GM region. Therefore, there is a need to encourage research on different faunal groups, through funding notices, to sectors on the east-west contour of the Gulf, at the same time it brings a warning so that research whose methodological proposals result in the capture of species, that these records can be deposited in official databases, such as Sisbio, SiBBR, among others, in order to facilitate holistic and integrative approaches on the relationship of different faunal groups with anthropic interventions, and, with this, the information can be better incorporated to the possible actions of ecological restoration and conservation biology of the GM.

**Key-words:** Biodiversity, Forest fragment, Fauna database, MAPBIOMAS

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Setores da Zona Costeira maranhense.....	3
<b>Figura 2</b> - Localização das Baías do Golfão Maranhense.....	4
<b>Figura 3</b> - Bacias Hidrográficas Maranhenses .....	4
<b>Figura 4</b> - Princípio da estimação de Kernel.....	10
<b>Figura 5</b> - Função de estimação de Kernel.....	10
<b>Figura 1</b> - Mapa de localização do Golfão Maranhense delimitado pelo setor 1 da costa do Maranhão.....	4
<b>Figura 2</b> - Etapas metodológicas gerais para treinamento do algoritmo (MapBiomias coleção 7).....	7
<b>Figura 3</b> - Ponto central e pontos cardeais posicionados sobre a área do Golfão Maranhense.....	8
<b>Figura 4</b> - Fluxograma indicando as etapas de desenvolvimento do trabalho.....	8
<b>Figura 5</b> - Média anual de registros de fauna no Golfão Maranhense considerando os diferentes intervalos de tempo proposto no estudo.....	11
<b>Figura 6</b> – Evolução do uso e Ocupação do Solo para a área do Golfão Maranhense. A – classificação para 1985, B – para 1995, C – para 2005, D – para 2010, E – para 2020.....	14
<b>Figura 7</b> - Mapa de calor dos registros de fauna no Golfão Maranhense - Delimitação com todos os registros (1700-2020).....	22
<b>Figura 8</b> - Análise multivariada para a evolução das categorias de uso e ocupação com os grupos faunísticos registrados para o Golfão Maranhense nos últimos 300 anos.....	23
<b>Figura 9</b> - Índices ecológicos de diversidade associados à evolução do uso e ocupação do solo no Golfão Maranhense.....	24

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Total de registros de fauna obtidos para o Golfão Maranhense considerando os diferentes intervalos de tempo estabelecidos no estudo.....	11
<b>Tabela 2</b> - Categoria de uso e ocupação do solo mapeado para o Golfão Maranhense considerando o período de 1985-2020 .....	12
<b>Tabela 3</b> - Evolução das categorias de uso e ocupação do solo (km <sup>2</sup> ) acompanhado do número de registros de fauna e dos valores de densidade. ....	20

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Categorização dos períodos com registros de fauna para o Golfão e a respectiva associação às imagens de diferentes anos obtidas no MapBiomias. ....	6
<b>Quadro 2</b> – Modelo do quadro de análise para aplicação da estimativa de densidade de Kernel para os registros de fauna observados no Golfão Maranhense.....	9
<b>Quadro 3</b> - Quadro de análise da intensidade de densidade por pontos cardeais do Golfão Maranhense .....	23

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>PROBLEMATIZAÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>HIPÓTESES.....</b>	<b>6</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>7</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>2</b>
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>3</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>28</b>

## INTRODUÇÃO

### **A importância da biodiversidade e o desaparecimento das espécies**

Nos últimos anos, devido a acelerada alteração do meio natural e a diminuição de matas nativas, a preservação, conservação e uso racional da biodiversidade ecológica tem sido amplamente utilizados como temas de análises e discussões da academia científica, onde muitos estudos têm apontado, principalmente, a necessidade de subsidiar a implantação de ferramentas que impulsionem a conservação frente a crescente ameaça da diminuição de habitats e ao aumento da lista de espécies ameaçadas de extinção (KÖNINGER et al., 2022; JEFFERSON et al., 2021; GUERRA et al., 2021; FAO et al., 2020, CROXALL et al., 2012; BROOKS et al., 2006).

Dados do Brazil Annual Report 2019 da WWF - World Wide Fund for Nature sugerem que a cada ano, aproximadamente 17 milhões de hectares de floresta tropical são suprimidos. As estatísticas sugerem que entre 5% e 10% das espécies que usufruem das florestas tropicais como habitat poderão estar com status de extinção dentro dos próximos 30 anos.

Com isso, tem-se destacado que a manutenção de refúgios como as áreas de preservação permanente ao longo de matas dos cursos d'água, o cuidado das reservas legais em propriedades e a restauração de áreas degradadas apresentam-se como possíveis ferramentas de conservação da biodiversidade (ARTAXO, 2020; EMBRAPA, 2011; ALEIXO, 2010).

Existem diversos fatores que contribuem para o desaparecimento de espécies, os quais se podem destacar: a diminuição de habitats, inserção de espécies exóticas em ecossistemas não originais, contaminação por poluentes químicos e a caça e pesca excessiva. Baseando-se na dinâmica do desaparecimento dessas espécies, as mesmas podem servir como indicadores da “saúde” dos ecossistemas naturais, apontando perda da biodiversidade (BENSUSAN, 2008).

Desta forma, entende-se que os esforços das ações desenvolvidas pela conservação e preservação concentram-se, primordialmente, na proteção da biodiversidade, sendo essas de fundamental importância no combate da diminuição da variabilidade genética das espécies, do equilíbrio da cadeia alimentar e dos ecossistemas, além da proteção a riqueza das matérias primas advindas da fauna e flora.

SANTOS (2010) destaca que uma das consequências advindas da diminuição da riqueza genética, entre as espécies, é justamente a diminuição da variabilidade genética, deixando as espécies suscetíveis a um conjunto de doenças, levando-as a uma possível extinção.

Diante das profundas alterações vistas nos últimos anos no cenário ambiental a academia científica tem pautado os estudos na correlação entre as intervenções antrópicas na paisagem com os impactos ocasionados ao funcionamento dos sistemas naturais e consequente perda da biodiversidade (BEZERRA et al., 2022; CUI et al., 2021, MAO et al., 2019)

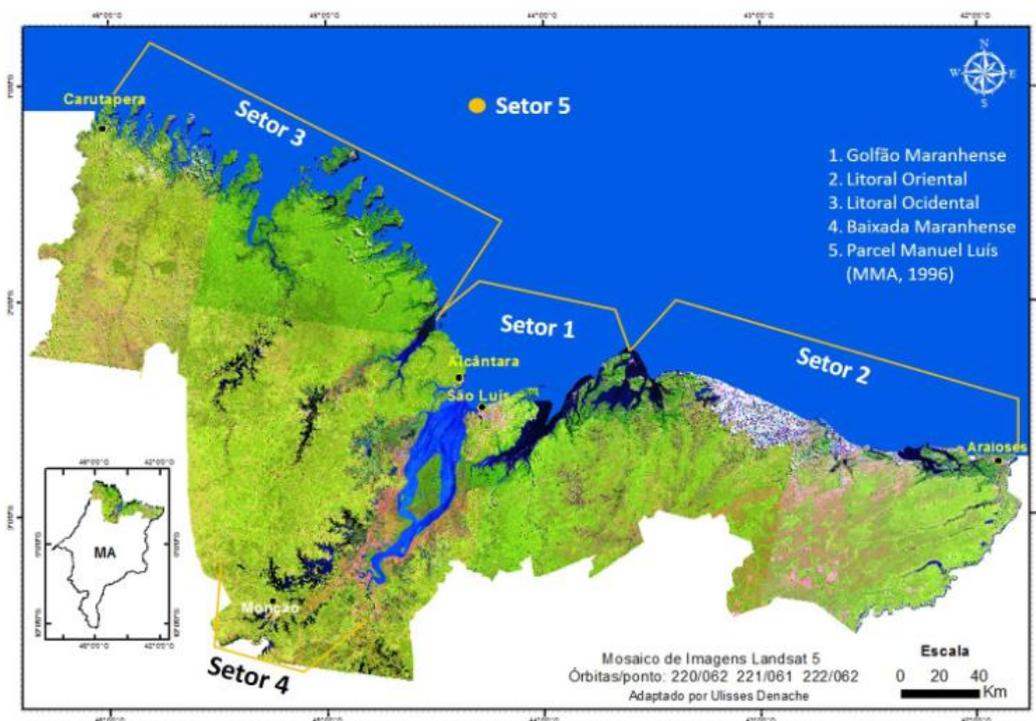
Não obstante aos impactos ambientais associados à diminuição da biodiversidade há ainda o aspecto sociocultural, a qual se encontra incluída no rol de efeitos da degradação ambiental. A extinção ou a inviabilidade dos recursos naturais podem ocasionar a exclusão social devido ao aumento do valor final do produto na cadeia econômica após o aumento do custo de produção em função, principalmente, da limitação no acesso aos recursos, além do próprio aumento de demanda por alimentos devido ao crescimento populacional (MOLOTKS et al., 2021; UN, 2019; FAO, 2017).

Alguns autores evidenciaram a importância da existência e do bom manejo das Unidades de Conservação no apoio à preservação da biodiversidade (fauna e flora), principalmente no que diz respeito aos serviços ambientais ofertados por essas áreas, além de funcionar como refúgio para a vida natural (FARINHA, DA SILVA e MARIO, 2017; ZAMADEI, HEIMANN e PIRES, 2019).

### **O Golfão Maranhense e o estudo da fauna**

O Golfão Maranhense está localizado no extremo norte do Estado do Maranhão, inserido ao redor das baías de São Marcos, São José, e Oceano Atlântico, e faz parte do setor 1 da Zona Costeira Maranhense (**Figura 1**), segundo critérios do Ministério do Meio Ambiente na publicação do Panorama da Zona Costeira do Brasil (MMA, 2018).

**Figura 1** - Setores da Zona Costeira maranhense

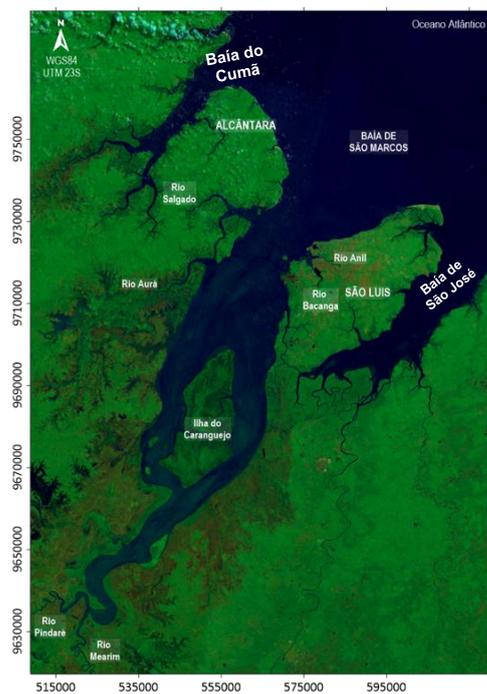


Fonte: MMA (1996)

O Golfão Maranhense é uma importante zona costeira com estuários e reentrâncias, sendo constituída por um complexo ambiente de manguezal. REBELO-MOCHEL, 1997 descreve esse ambiente ressaltando as características da linha de costa, volume alto de água doce e amplitudes de maré. A região encontra-se no centro de um sistema de golfo, caracterizado por macromaré semidiurna, e correntes de marés superiores a 4 m/s.

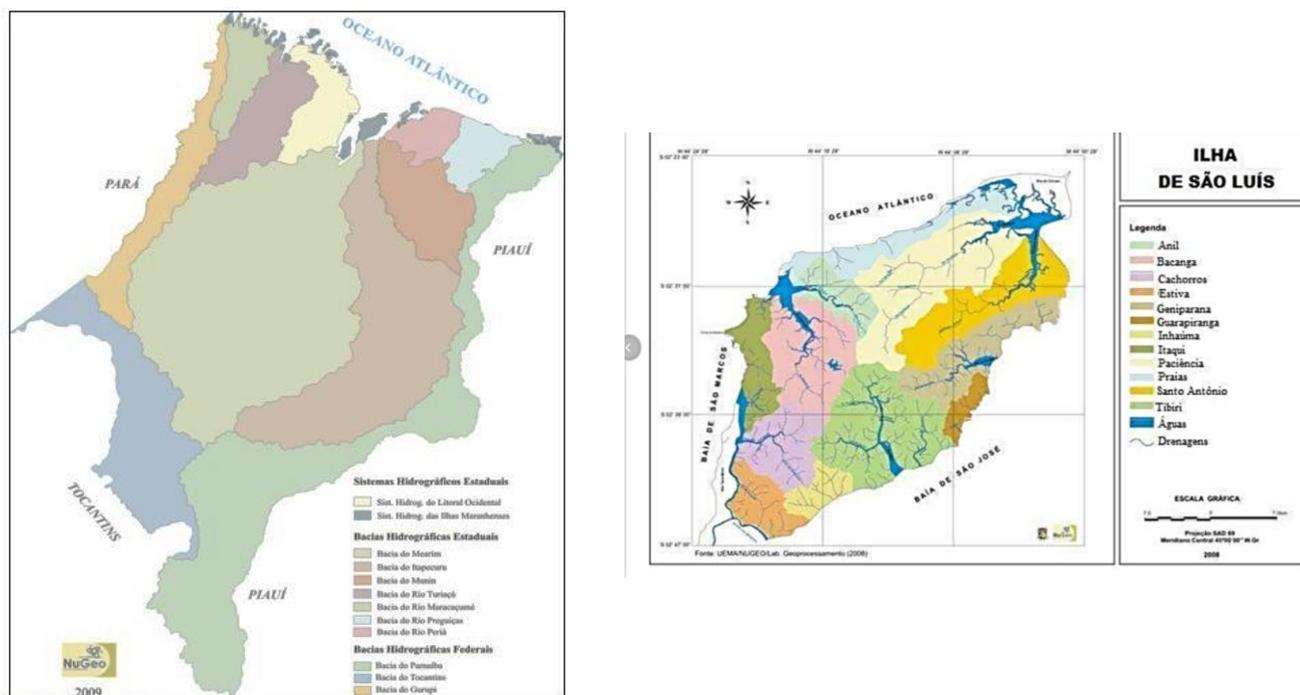
A localização do Golfão é intercortada pelas Baías São Marcos, Cumã e São José (**Figura 2**). Na interligação com o continente formam-se Bacias Hidrográficas importantes no estado do Maranhão e que desaguam no Golfão, sendo as principais: Rio Salgado, Aurá, Mearim, Pindaré, Itapecuru, além das bacias do rio Bacanga e Anil localizados na ilha de São Luís (**Figura 3**).

**Figura 2 - Localização das Baías do Golfão Maranhense**



Fonte: Adaptado de COPPE UFRJ (2018)

**Figura 3 - Bacias Hidrográficas Maranhenses**



Fonte: Núcleo de Geoprocessamento da UEMA (2008)

A região do Golfão Maranhense é caracterizada pelo clima tropical, com estações seca entre julho e dezembro, e chuvosa entre janeiro e junho, com temperatura média em torno de 26°C (TEIXEIRA E SOUZA, 2009).

Segundo SOUZA-FILHO (2005), os manguezais cobrem uma área de 1.623 Km<sup>2</sup> da costa do Golfão do Maranhão. O ecossistema de manguezal existente no Golfão Maranhense apresenta elevada biodiversidade de aves, mamíferos, répteis e anfíbios, conforme é pontuado por MARTINS (2011).

*“Na ilha de Japariquara, baía de Turiaçu, encontram-se exemplares do tamanduá, Tamandua tetradactyla, dentro dos ocos de A. germinans e jibóias, Boa sp, sobre os galhos de R. mangle. Nos campos de Periezs e na ilha de São Luís pode-se encontrar a jararaca, Bothrops sp, sobre A. germinans, nas áreas de sedimento argiloso mais compacto. Em Cururupu, registra-se a ocorrência de uma rã, Scynax nebulosa, capturada no interior dos manguezais. Os primatas, como a guariba (Alouatta sp), o macaco-prego (Cebus apella), o capijuba (Saimiri sp) e o cuxiú (Chiropotes satanas) ocorrem com frequência nos manguezais mais exuberantes e protegidos da intervenção humana, como em determinadas ilhas do Delta do Parnaíba e nas Reentrâncias Maranhenses.”*

Os biomas da Amazônia e Cerrado compõe o ecossistema presente no Golfão Maranhense, sendo ainda recortado pela área de transição entre os dois biomas. Cada região do bioma apresenta características que definem o nicho ecológico da fauna presente (FERRO, 2009).

A EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária realizou em 2016 um macrozoneamento ecológico-econômico do Estado do Maranhão e observou o cenário de que embora 19% do Estado seja protegido por unidades de conservação, menos de 5% podem ser considerados áreas de proteção integral e estão localizadas fora do bioma amazônico e da Amazônia Legal. As áreas prioritárias de conservação, especialmente as de grau de importância extremamente alta, estão pouco representadas em unidades de conservação de proteção integral (EMBRAPA, 2016).

Considerando o cenário exposto, é evidente a necessidade de atuar na elaboração de

conhecimentos que possam subsidiar ações de conservação da biodiversidade presente no Golfão Maranhense. Com isso, o objetivo deste trabalho consiste na análise espaço-temporal dos registros de fauna, do Golfão Maranhense, ao longo de 300 anos (1700 – 2020) e sua correlação com as mudanças de uso e ocupação do solo, que resultará no status do conhecimento sobre o tema, além de um diagnóstico sobre as áreas preferenciais onde os estudos de fauna, historicamente, tem se desenvolvido e como a biodiversidade do golfão tem respondido às interferências antrópicas na paisagem.

O intuito da pesquisa é servir de subsídio para embasar a reflexão sobre a efetiva conservação da biodiversidade faunística do Golfão Maranhense e contribuir com possíveis caminhos na atuação da pesquisa científica em regiões menos alcançadas.

## **PROBLEMATIZAÇÃO**

A manutenção e o desenvolvimento do conhecimento sobre o funcionamento e dinâmica das espécies presentes nos ambientes que cercam as cidades, subsidiam as ações de conservação e preservação da biodiversidade e conseqüentemente da vida (CORRÊA; RIBEIRO e RUIZ, 2012).

GAMBA E RIBEIRO (2017) e OLIVEIRA (2018) elencam a importância do conhecimento integrativo entre as espécies e da cobertura dos ambientes em que vivem, portanto, este estudo apresenta as seguintes questões a serem respondidas:

- Em quais áreas do Golfão, historicamente, tem ocorrido a maior parte das amostragens de fauna?
- Como a paisagem do Golfão tem sido alterada no período de 1985 a 2020?
- Como os diferentes grupos faunísticos têm respondido às alterações de uso e ocupação do solo no Golfão Maranhense?
- Como os índices de diversidade, equitabilidade e riqueza de espécies estão correlacionadas à dinâmica de uso e ocupação do solo no Golfão?

## **HIPÓTESES**

- Os registros de fauna no Golfão Maranhense encontram-se espacialmente concentrado em pequenas áreas e com pouca cobertura de áreas naturais.
- As áreas naturais são as mais sensíveis ao registro de fauna.
- As mudanças de uso e ocupação do solo têm favorecido a uma diminuição da biodiversidade no Golfão Maranhense

## OBJETIVOS

- Avaliar as mudanças de uso e ocupação do solo no Golfão Maranhense no período de 1985 a 2020
- Identificar em quais unidades de uso há maiores e menores registros de fauna para os últimos 300 anos
- Associar a evolução do uso e ocupação do solo no Golfão com diferentes grupos faunísticos registrados na área, bem como à diversidade, equitabilidade e riqueza de espécies.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### *Mapeamento da Fauna*

Os primeiros estudos envolvendo o mapeamento da fauna eram, normalmente, limitados a simples observações das condições de pastagem, regeneração e vegetação arbustiva, concentrando-se em generalizações dos habitats. Portanto, poucas pesquisas tratavam de informações sistemáticas e sintetizadas (FIRKOWSKI, 1991).

A partir da década de 70, esse cenário começou a mudar com a disseminação do conceito de desenvolvimento sustentável e da necessidade de integrar e melhorar o acesso as informações científicas. Citando GURSKI, GONZAGA e TENDOLINI (2012):

*“A partir, principalmente da Conferência de Estocolmo, em 1972, cujos impactos mudaram os rumos da discussão sobre o tema; e o documento conhecido como Nosso Futuro Comum, de 1987, que possibilitou um amplo diagnóstico da situação em que o mundo se encontrava e as estratégias nas relações internacionais defendendo o acesso equitativo aos recursos e as riquezas produzidas a partir deles.”*

De maneira análoga ao aumento da conscientização da população em relação ao desenvolvimento sustentável, cresceram as tecnologias envolvendo o sensoriamento remoto. Dessa forma, as ferramentas de SIG vêm sendo utilizada nos estudos da fauna, inicialmente, através de fotografias aéreas para mapeamento da cobertura vegetal e, posteriormente, pela radiotelemetria, para determinar o movimento dos animais. Assim, o aprimoramento dessas

tecnologias, notadamente nos últimos anos, tem permitido aos pesquisadores coletar melhores dados e mais eficientemente do que no passado (KUERTEN, 1998).

Os estudos demonstram que a avaliação do mapeamento da fauna garante a compreensão dos reais impactos antrópicos, pois as ferramentas permitem a verificação da evolução destes fragmentos, com o auxílio de fotos aéreas e imagens de satélites, além de facilitarem a elaboração de bancos de dados que integram informações de mapas das reservas ambientais, suas distribuições de fauna e flora e principais características (DE ALMEIDA, 1996).

Na primeira década dos anos 2000, vários pesquisadores utilizaram-se das ferramentas de mapeamento para atuar no manejo sustentável da fauna, assim como na fomentação do entendimento da dinâmica do nicho ecológico e seu relacionamento com a comunidade local (ILLOLDI-RANGEL E ESCALANTE, 2008; ROOS, 2010, BAGER, 2003 e MORAES, 2000).

SILVEIRA, 2010 elenca os principais métodos de captura e sinaliza “gaps” importantes que estão presentes no cotidiano dos pesquisadores, como a baixa detecção da fauna quando da utilização de métodos mais simples de captura e coleta, principalmente, em períodos menores de campanha. O autor aponta também a necessidade da realização dessas coletas de maneira mais padronizada ao longo do tempo para refletir com maior fidelidade a distribuição das espécies na região estudada.

Junto ao crescimento das técnicas de mapeamento de fauna no meio científico, cresceram as evidências para que os pesquisadores utilizem correlações dos registros de fauna com os estados do tipo de uso e ocupação nas regiões, principalmente da vegetação. Esta correlação permite uma visão mais condizente com a saúde do ecossistema, pois demonstra a interligação da fauna e os impactos com seu habitat (VARJABEDIAN, 2010).

Uma análise das vertentes de estudo sobre a fauna que precisa ser entendida é a sua distribuição em uma dada região, ou seja, o entendimento da forma como os seres vivos utilizam o espaço onde habitam (MARTINI, 2013; NEGRINI, 2012).

Nos últimos anos as áreas associadas às ciências ambientais desenvolveram inúmeras ferramentas para o mapeamento da distribuição geográfica das espécies, as quais variam principalmente de acordo com o grupo taxonômico dos indivíduos (LAZARETTI, 2013).

Com o intuito de contribuir com as pesquisas de levantamento de fauna, TEIXEIRA (2021) elenca e analisa a utilização das ferramentas em ambiente SIG no mapeamento das

espécies e aponta benefícios como a diminuição do impacto ao ambiente local, e a facilidade nas análises temporais que podem ser utilizadas em períodos maiores.

FEIJÓ E LANGGUTH (2013) compilaram dados de mamíferos de médio e grande porte utilizando o estudo de coleções em museus e entrevistas com pesquisadores nos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Alagoas e evidenciaram as coletas através da utilização de ferramentas SIGs.

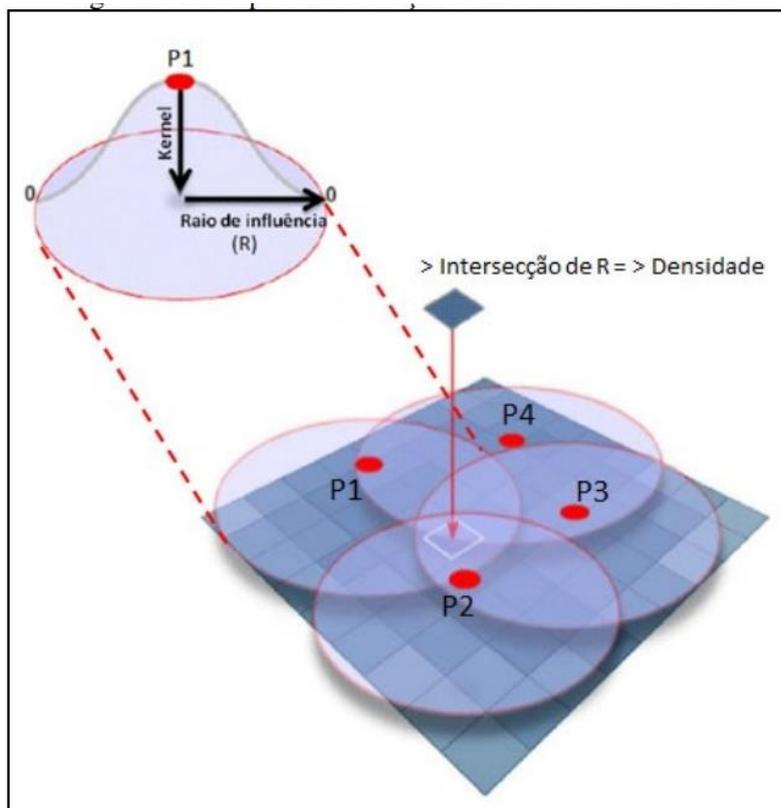
As ferramentas utilizadas para cálculos vetoriais na geoestatística são utilizadas amplamente nos temas ambientais para extração de dados quantitativos e modelagem estatística (YAMAMOTO, 2015).

PENNAY (2011) pondera que o mapeamento de densidade da fauna fornece um nível de detalhe maior do que o transmitido em mapas de contorno simples, frequentemente usados para exibir distribuição de espécies. Os valores exibidos nos mapas como densidade podem ser lidos para estimar a probabilidade de encontrar a espécie em uma determinada área (VAN DYCK E STRAHAN, 2008).

O uso de modelos de densidade ponderados por esforço de amostragem de fundo foi extraído de uma abordagem utilizada por PONDER ET EL. (2001), e, atualmente, o método é difundido através do índice de densidade de Kernel (ASSIS et al., 2022; BATISTA et al., 2022; TEIXEIRA, 2015; DO MAR, 2013).

O índice de densidade de Kernel calcula a área de magnitude da densidade por unidade do pixel da imagem, a partir de uma função que realiza contagem de todos os pontos dentro de uma região de influência, ponderando-os pela distância de cada um (**Figura 4**) (RIZZATTI et al., 2020).

O desenvolvimento da função do índice de densidade de Kernel (**Figura 5**) gera uma superfície suavemente cônica para cada ponto onde se pretende avaliar a densidade. Assim, a densidade de Kernel mede a distribuição dos eventos, calculando a intensidade do processo em uma superfície contínua, que tem como resultado um raster de densidade para o fenômeno analisado, sendo o resultado utilizado para verificar, em escala global, possíveis tendências de dados (TSUDA, 2018; AIRES e COLLISCHONN, 2021).

**Figura 4** - Princípio da estimação de Kernel

Fonte: RIZZATTI, et al. (2020)

**Figura 5** - Função de estimação de Kernel

$$\lambda_R(P) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R^2} \times k \times \left( \frac{P - P_i}{R} \right)$$

Fonte: RIZZATTI, et al. (2020)

Sendo,  $k$  a função de estimação,  $P$  representa uma localização qualquer em  $R$  (Raio de influência e  $P_1, P_2, \dots, P_n$  são as localizações dos  $n$  eventos observados (RIZZARRI, et al, 2020).

*Estudos de fauna e banco de dados integrados*

Estudos consolidados de fauna foram realizados em regiões específicas do Golfão, como a Ilha de Upaon-Açu (RÊBELO, 1999) e Ilha dos Caranguejos (CARVALHO, 2008).

CARVALHO NETA (2008) estudou a diversidade da assembleia de peixes presentes na Ilha do Caranguejo através do uso do número de espécies, riqueza de Margalef e curva de

rarefação de Sanders, os quais representaram as tendências de distribuição dessas espécies ao longo da região.

Estudos envolvendo o mapeamento de uma espécie de relevância também foram identificados, como o estudo desenvolvido por LUNA (2008), envolvendo a distribuição do peixe-boi no litoral norte para subsidiar a conservação da espécie ameaçada. Porém, a região ainda carece de análise mais abrangente, que possa refletir o status atual da pesquisa da fauna maranhense inserida no estuário.

Em relação ao cenário de conservação da biodiversidade no estado do Maranhão, MARTINS E DE OLIVEIRA (2011) apontam a fragmentação da fisiologia dos ecossistemas e Unidades de Conservação do Estado como o fator principal na diminuição da representatividade faunística maranhense, e a precariedade de estudos relacionados a compreensão da evolução do cenário de avistamento da fauna em todas as regiões, além do baixo desenvolvimento de estudos de fauna no Estado.

No nível federal, estudos envolvendo consolidação de informações científicas advindas de registros de fauna se tornam mais presentes. Exemplo desse cenário foi a pesquisa realizada por MOREIRA ET AL. (2008) através da consolidação de registros de avistamento de fauna na literatura científica e museus, espacializando as informações nas microrregiões do Espírito Santo, o que resultou em um status abrangente sobre a presença da mastofauna nessas regiões e muniu outras pesquisas com informações sobre as principais áreas onde tem se concentrado o esforço amostral no Estado, bem como as regiões onde os registros tem sido escassos para o grupo de fauna estudado.

A avaliação integrativa dos registros de fauna em uma área, associada a coberturas bem mapeadas e da correlação com o uso e ocupação do solo auxilia na compreensão da dinâmica que envolve áreas de endemismo e *hotspots*, o que reflete diretamente na conservação da biodiversidade (CARVALHO, 2009). Assim, o entendimento das análises voltadas para identificação de áreas de endemismo pode auxiliar em medidas de proteção de perda e combate a causas de fragmentação de habitat (BRAGA, 2018).

SOUZA (2017) analisou gargalos no Plano de Manejo de Unidades de Conservação do Sul e Norte do Brasil através da utilização de um banco de dados consolidados nas regiões para averiguar o entendimento e nível de conservação do Cerrado.

OLIVO (2020) realizou uma análise da distribuição espaço-temporal dos estudos faunísticos em uma bacia hidrográfica de Santa Catarina, através do uso do indicador de

Kernel e pôde verificar que há uma preferência dos estudos nas regiões mais desenvolvidas, junto aos municípios maiores, e com maiores recursos turísticos, apontando a necessidade de preencher as lacunas devido ao avanço das ações antrópicas no meio.

GARCIA E CANDIANI (2017) elaborou uma análise crítica dos levantamentos de fauna em estudos de impactos ambientais e elencou a falta de padronização e abordagens pouco integrativas das relações entre as diferentes espécies como as principais deficiências nos estudos. A pesquisa demonstrou a importância do aperfeiçoamento desses estudos para melhor geração de contribuições para as tomadas de decisão no intuito de garantir maior conservação da biodiversidade.

### *Uso e Ocupação do Solo*

A inter-relação da expansão urbana e do impacto negativo ao meio ambiente, e, conseqüentemente, à fauna, é argumentado e previsto como realidade, assim como as recomendações ao planejamento territorial urbano na minimização dos impactos (DE MELLO, 1999).

Estudos como os de BROWN E LUGO (1990) e FORSTER (1985) já apontavam a necessidade da avaliação na dinâmica do uso e ocupação do solo, mapeando séries multitemporais para o melhor monitoramento dos impactos ambientais presentes nas regiões estudadas.

Estudos do começo dos anos 2000 aumentaram as discussões sobre a redução da área vegetada nos locais analisados, e foram impulsionados a partir da segunda década (NERI, 2007; BALBINOT, 2008; KERSTEN, 2010).

Essa situação interfere intrinsecamente na sobrevivência da fauna, pois a redução dessas áreas induziu a alterações nas formações vegetais levando à fragmentação de trechos que se encontram em diversos estágios de desenvolvimento (NICOLETTI FLYNN, 2015). O autor ressalta que o equilíbrio entre a fauna e a flora é essencial para o ciclo de vida das espécies.

Com o intuito de proporcionar acesso a mais pesquisadores e fomentar um monitoramento aberto e colaborativo, em 2015, o MapBiomass foi criado por iniciativa do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG) de o Observatório do

Clima. Em seus objetivos é descrito o apoio ao planejamento e à tomada de decisões sobre como guiar as transformações de uso e ocupação do solo, para reduzir os impactos no meio ambiente (MAPA BIOMAS, 2017).

A plataforma é estruturada em metodologia rápida e de baixo custo para classificação de terrenos através do uso e cobertura da terra nas últimas décadas. É produzido por uma rede de ONGs, universidades e empresas de tecnologia, cada um responsável por determinados biomas ou temas específicos (Agricultura, Pastagem e Zona Costeira). São produzidos mapas anuais de 1985 em diante para todos os biomas brasileiros (MAPA BIOMAS, 2017).

O estudo realizado por ROSA (2016) concluiu que a plataforma do MAPBIOMAS tem bons resultados quando objetiva análises relacionadas ao monitoramento do desmatamento de áreas bem conservadas, análises regionais, criação de novas unidades de conservação, identificação de áreas importantes para proteção de áreas de recarga de aquíferos e análises para criação de mosaicos de Unidades de Conservação e Corredores Ecológicos visando à conservação da biodiversidade em longo prazo.

OLIVEIRA JUNIOR ET AL. (2019) acrescenta que o aumento da série de imagens no MapBiomias pode contribuir de forma decisiva no aumento da qualidade das informações de vegetação na Amazônia.

### *Índices de cálculo da diversidade das espécies*

A partir da década de 40 começaram a surgir trabalhos envolvendo a mensuração da biodiversidade, com modelos matemáticos e/ou estatísticos que analisam quantitativamente a presença de fauna em um determinado local. O objetivo desses trabalhos quantitativos acaba sendo também seu maior desafio devido a complexidade das relações e processos nas comunidades bióticas.

WILSON E PETER (1988) utilizaram-se da junção de dois termos “biológica” e “diversidade” para, pioneiramente, inserir na academia científica o conceito de biodiversidade. Os primeiros estudos envolvendo temas que hoje são incorporados a esse conceito apresentavam abordagens diferentes no entendimento da diversidade, sendo essas compiladas em diversidade genética, diversidade de espécies e a diversidade ecológica.

BENSUSAN (2008) diferencia bem os três termos, intercalando o enfoque da diversificação entre as espécies e suas funções em termos de variabilidade de conjuntos de indivíduos da mesma espécie, do tipo de manutenção de serviços ecossistêmicos que realizam

e do contraste de ecossistemas, respectivamente.

MARTINS E SANTOS (1999) elencaram marcos nos estudos de mensuração da biodiversidade e concluíram que o uso dos modelos representa uma boa ferramenta para comparar quantitativamente diferentes comunidades biológicas, mas a distribuição de abundância não é suficiente para interpretar e explicar plenamente os processos operantes em nível de comunidade, carecendo de uma análise mais abrangente.

As avaliações dos pesquisadores envolvidos em estudos de riqueza, abundância e equitabilidade das espécies desenvolveram ao longo do tempo índices de diversidade, sendo os mais difundidos: Shannon-Wiener ( $H'$ ) e Margalef (SOUZA et al., 2016).

O Índice de Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) foi desenvolvido no período de 1948-1949, por Claude Elwood Shannon, baseado na teoria da informação. O uso da teoria da informação para estimar a diversidade de comunidades foi sugerido por Margalef no final da década de 50, onde a informação era baseada na atribuição de todos os indivíduos as suas respectivas espécies, sendo função do número de indivíduos (DE PAULA et al., 2013).

SANTOS FILHO ET AL. (2008) mensuraram a riqueza e a abundância da comunidade faunística mamíferos de pequeno porte, correlacionando-as com a disponibilidade de alimentos nos habitats e ao período sazonal de chuvas, demonstrando a importância da análise dos dados de fauna com as mudanças sazonais.

A importância da preservação e definição de áreas de unidade de conservação foi demonstrada por ROCHA E DALPONTE (2006), os quais avaliaram a abundância e diversidade de mamíferos terrestres de médio e grande porte na Unidade de Conservação - UC da área estudada e classificou-as de acordo com o índice calculado em “raras”, “comuns” e “abundantes” e conseguiu demonstrar o importante papel desempenhado pela UC na conservação da mastofauna local.

MOREIRA ET AL. (2008) realizaram um trabalho de consolidação de registros de avistamento de fauna na literatura científica e museus, e espacializaram as informações nas microrregiões do Espírito Santo, o que resultou em um status abrangente sobre a presença da mastofauna nessas regiões e muniu outras pesquisas com informações sobre a preferência de coleta dos pesquisadores no Estado, bem como as regiões onde os registros estavam escassos.

PELICICE ET AL. (2018) utilizou a análise de abundância para descrever a composição da ictiofauna de água doce da bacia do Mamanguape e avaliar a distribuição espaço-temporal das espécies registradas, através da correlação desses registros com os

períodos de cheia e seca da bacia. O estudo apontou para uma maior abundância de espécies no período de cheia, e a maior diversidade no período de seca.

Desta forma, os levantamentos apontam a importância da integração das técnicas de geoprocessamento a estudos de diversidade biológica a partir de disposição de extensos bancos de dados de registro de fauna permitindo estimar o nível de vulnerabilidade das comunidades biológicas à intervenções ocasionadas, historicamente, pelas atividades antrópicas e, com isso, estabelecer áreas prioritárias para desenvolvimento de pesquisas científicas bem como, para proteção da biodiversidade.

## REFERÊNCIAS

AIRES, Cintia Helenice Löper; COLLISCHONN, Erika. Revisão de literatura sobre estudos de análise espacial da criminalidade. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 2, n. 43, p. 9-28, 2021 ISSN 2176-5774 Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/751>

ALEIXO, A.; ALBERNAZ, A. L.; GRELE, C. E .V.; VALE, M. M & RANGEL, T. F. Mudanças Climáticas e a Biodiversidade dos Biomas Brasileiros: Passado, Presente e Futuro. **Natureza & Conservação**. v 8(2). pag 194-196, December 2010. 1679-0073 Disponível em: <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/natcon.00802016>

ANDERSON, Yata; DA COSTA GURGEL, Helen; LAQUES, Anne-Elisabeth. O Passado e O Presente das Unidades de Conservação do Maranhão, BRASIL. **Caminhos de Geografia**, 2018. ISSN 1678-6343 Disponível em: <https://doi.org/10.14393/RCG196618>

ARTAXO, Paulo. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos Avançados [online]**. 2020, v. 34, n. 100, pp. 53-66. ISSN 1806-9592 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.005>

ASSIS, Pâmela Camila; FARIA, Karla Maria Silva de; BAYER, Maximiliano. Unidades de Conservação e sua efetividade na proteção dos recursos hídricos na Bacia do Rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, v. 34, 2022. ISSN 1982-4513 Disponível em: <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-60335>

BAGER, A. Repensando as medidas mitigadoras impostas aos empreendimentos rodoviários associados a Unidades de Conservação—Um estudo de caso. **Áreas protegidas: conservação no âmbito do cone sul**. Pelotas: edição do autor, p. 159-172, 2003. ISSN 982-2251 Disponível em: <https://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/index.php/estantes/gestao/2974->

[repensando-as-medidas-mitigadoras-impostas-aos-empreendimentos-rodoviarios-associados-a-unidades-de-conservacao-um-estudo-de-caso](#)

BALBINOT, Rafaelo et al. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas  
The forest role in the hydrological cycle at hydrological basins. **Ambiência**, v. 4, n. 1, p. 131-149, 2008. ISSN 2175-9405 Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/294>

BATISTA, Gabriela; RASCON, Nilton; ROSA, Clarissa. Vertebrados Atropelados na BR-163, Entorno da Floresta Nacional do Tapajós, Pará: Influência dos Padrões Espaciais e Climáticos. **Biodiversidade Brasileira-BioBrasil**, v. 12, n. 1, p. 200-219, 2022. ISSN 2236-2886 Disponível em: <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v12i1.1802>

BERTOLDI, Márcia Rodrigues; DE MORAES DAMASCENO, Ádria Tabata. A conservação da biodiversidade na Amazônia e a Governança Transnacional Ambiental: o Programa Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA) e a experiência local com o Parque Nacional do Cabo Orange (PNCO). **Revista de Direito da Cidade**, v. 12, n. 4, p. 2600-2622, 2020. 1809-6077 Disponível em: <https://doi.org/10.12957/rdc.2020.50889>

BENSUSAN, Nurit (Ed.). Seria melhor mandar ladrilhar? Biodiversidade como, para que, por quê. Editora Peirópolis, 2008 ISBN 9788585994082.

BEZERRA, F. G. S.; DE TOLEDO, P. M.; RANDOW, C. V.; DE AGUIAR, A. P. D.; LIMA, P. V. P. S.; DOS ANJOS, L. J. S.; BEZERRA, K. R. A. Spatio-temporal analysis of dynamics and future scenarios of anthropic pressure on biomes in Brazil. **Ecological Indicators**. v 137. 2022. 108749. ISSN 1470-160X. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108749>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X22002205>

BRAGA, Thaís Gleice Martins et al. Caracterização e análise dos fragmentos florestais e uso do solo no município de Colares, nordeste do Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, v. 13, n. 3, p. 383-407, 2018 ISSN 1981-8114. Disponível em: <https://boletimcn.museu-goeldi.br/bcnaturais/article/view/344>

BROWN, Sandra; LUGO, Ariel E. Tropical secondary forests. **Journal of tropical ecology**, v. 6, n. 1, p. 1-32, 1990. ISSN 0266-4674 Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0266467400003989>

BROOKS, T. M. MITTERMEIER, R. A. DA FONSECA, G. A. B. GERLACH, J. HOFFMANN, M. LAMOREUX, J. F. MITTERMEIER, C. G. PILGRIM, J. D. RODRIGUES, A. S.

L. Global Biodiversity Conservation Priorities. **Science**. v 313. nº 5783. 2006. DOI: 10.1126/science.1127609. <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1127609>

CARVALHO, C.J.B. Padrões de endemismos e a conservação da biodiversidade. **Megadiversidade**. v.5, n. 1-2, p. 76-86, 2011. Disponível em: [https://dlwqtxts1xzle7.clo  
udfront.net/3526142](https://dlwqtxts1xzle7.cloudfront.net/3526142)

CARVALHO NETA, Raimunda Nonata Fortes; CASTRO, Antônio Carlos Leal de. Diversidade das assembleias de peixes estuarinos da Ilha dos Caranguejos, Maranhão. **Arq. Ciên. Mar**, v.41, p. 48 – 57, 2008 ISSN 0374-5686. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/53745/1/2008>

CROXALL, J. P.; BUTCHART, S. H.; LASCELLES, B. E. N.; STATTERSFIELD, A. J.; SULLIVAN, B. E. N. SYMES, A. TAYLOR, P. H. I. L. Seabird conservation status, threats and priority actions: a global assessment. **Bird Conserv. Int.** v 22 (1). pp. 1-34. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0959270912000020>

CORRÊA, Rosany; RIBEIRO, Henrique César Melo; RUIZ, Mauro Silva. Perfil e evolução do tema conflitos socioambientais: uma bibliometria dos últimos vinte anos nos periódicos da área de administração no Brasil. **REUNIR Revista de Administração Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 2, n. 4, p. 58-75, 2012. ISSN 2237-3667. Disponível em: <https://reunir.revistas.ufcg.edu.br/index.php/uacc/article/view/83/pdf>

CUI, F.; WANG, B.; ZHANG, Q.; TANG, H.; DE MAEYER, P.; HAMDI, R.; DAI, L. Climate change versus land-use change - What affects the ecosystem services more in the forest-steppe ecotone? **Sci. Total Environ.**, 759 (2021), p. 143525. ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143525>.

CULLEN JR., L. e RUDRAN, R. Transectos Lineares na Estimativa de densidade de mamíferos e aves de médio e grande porte. In: **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo de vida silvestre**. Curitiba: Ed. da UFPR; Fundação O Boticário de Proteção da Natureza, 2003. p. 169-179

CURVO, Lucimar Rodrigues Vieira et al. Atropelamento de fauna silvestre em uma Reserva da Biosfera no Brasil: ameaças à conservação do Pantanal Norte do Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 1, p. 114-125, 2021. ISSN 2179-6858 Disponível em: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.001.0010>

DE ALMEIDA, ÁLVARO FERNANDO. Interdependência das florestas plantadas com a fauna silvestre. **Série Técnica IPEF**, v. 10, n. 29, p. 36-44, 1996. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr29/cap05.pdf>

DE MELLO, Neli Aparecida. Gestão em bacias hidrográficas urbanas para superação de comprometimento ambiental. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 76, p. 23-66, 1999 ISSN 0006-6079. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/index.php/boletim-paulista/article/view/844>

DE PAULA AMARAL, Lúcio et al. Variabilidade espacial do Índice de Diversidade de Shannon-Wiener em Floresta Ombrófila Mista Spatial variability of the Shannon-Wiener Diversity Index in a Mixed Ombrophilous. **Forestv. Sci. For.**, Piracicaba 41, n. 97, p. 083-093. ISSN 0015-749X Disponível em: <https://www.ipef.br/PUBLICACOES/SCIENTIA/nr97/cap09.pdf>

FARINHA, Maycon Jorge Ulisses Saraiva; DA SILVA, Luciana Ferreira; MARIO, Luciana Virginia. O estado da arte das Unidades de Conservação como instrumento de preservação da Biodiversidade Brasileira. **Revista Espacios[online]**, v. 38, 2017, p. 15. ISSN 1515-3983 Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n07/a17v38n07p16.pdf>

FAO, ITPS, GSBI, SCBD and EC. **State of knowledge of soil biodiversity – Status, challenges and potentialities. Summary for policy makers**. FAO. Rome, Italy. 40 p. 2020. Disponível em: <https://policycommons.net/artifacts/1526136/state-of-knowledge-of-soil-biodiversity-status-challenges-and-potentialities/2214245/> CID: 20.500.12592/8dftf0.

FAO. **The future of food and agriculture: trends and challenges, Bibliographie prospective**. n. 29/09. FAO, Rome. 2017.

FEIJÓ, Anderson; LANGGUTH, Alfredo. Mamíferos de médio e grande porte do Nordeste do Brasil: distribuição e taxonomia, com descrição de novas espécies. **Revista Nordestina de Biologia**, v.22, p. 3-225, 2013. ISSN - 0100-7653 Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/revnebio/article/view/16716>.

FERRO, Viviane Gianluppi; TESTON, José Augusto. Composição de espécies de Arctiidae (Lepidoptera) no sul do Brasil: relação entre tipos de vegetação e entre a configuração espacial do hábitat. **Revista Brasileira de entomologia**, v. 53, n. 2, p. 278-286, 2009 ISSN

0085-5626. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262009000200010>

FIRKOWSKI, Carlos. O habitat para a Fauna: Manipulações em Micro Escala. **Floresta**, v. 21, n. 1/2, 1991 ISSN 0015-3826 Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/viewFile/6419/4611>

FORSTER, B. C. An examination of some problems and solutions in monitoring urban areas from satellite platforms. **International journal of remote sensing**, v. 6, n. 1, p. 139-151, 1985. ISSN 0143-1161 Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01431168508948430>

GAMBA, Carolina; RIBEIRO, Wagner Costa. Conservación ambiental en Brasil: una revisión crítica de su institucionalización. **Revista de Estudios Brasileños**, v. 4, n. 6, 2017. ISSN 2386-4540 Disponível em: <https://doi.org/10.3232/REB.2017.V4.N6.2556> ISSN 2386-4540

GARCIA, Dante Cavalhero; CANDIANI, Giovano. Diagnóstico dos inventários de fauna em estudos de impacto ambiental de aterro sanitário. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, n. 45, p. 100-114, 2017 ISSN 2176-9478. Disponível em: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820170236>

GUERRA, C. A.; BARDGETT, R. D.; CAON, L. et al. Tracking, targeting, and conserving soil biodiversity. **Science**, 371, n° 6526. pp. 239-24. 2021. DOI: [10.1126/science.abd7926](https://doi.org/10.1126/science.abd7926)

ILLOLDI-RANGEL, PATRICIA; ESCALANTE, TANIA. De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. **Biogeografía**, v. 3, p. 7-12, 2008 ISSN 2177-5230. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/issue/view/3497>

JEFFERSON, T.; COSTELLO, M. J.; ZHAO, Q., LUNDQUIST, C. J. Conserving threatened marine species and biodiversity requires 40% ocean protection. **Biological Conservation**. Volume 264. 2021. 109368. ISSN 0006-3207. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109368>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320721004201>)

KÖNINGER, J.; PANAGOS, P.; JONES, A.; BRIONES, M. J. I.; ORGIAZZI, A. In defence of soil biodiversity: Towards an inclusive protection in the European Union. **Biological Conservation**. Volume 268. 2022. 109475. ISSN 0006-3207. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109475>.

KERSTEN, Rodrigo de Andrade. Epífitas vasculares: histórico, participação taxonômica e aspectos relevantes, com ênfase na Mata Atlântica. **Hoehnea**, v. 37, p. 09-38, 2010 ISSN

2236-8906. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S2236-89062010000100001>

LIMA, Mauro Sergio Cruz Souza et al. Qual índice de diversidade usar?. **Cadernos UniFOA**, v. 11, n. 30, p. 129-138, 2016 ISSN 1982-1816. Disponível em: <https://doi.org/10.47385/cadunifoa.v11.n30.406>

MARTINS, Fernando Roberto; SANTOS, FAM dos. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. **Revista Holos**, v. 1, n. 1, p. 236-267, 1999 ISSN 1518-1634. Disponível em: <http://www2.ib.unicamp.br/profs/fsantos/refer/Holos-1999-1-236.pdf>

MARTINS, Marlúcia Bonifácio; DE OLIVEIRA, Tadeu Gomes (Ed.). Amazônia maranhense: diversidade e conservação. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2011 978-85-61377-52-6.

MARTINI, André Giuntini et al. Distribuição espacial e temporal da fauna de invertebrados bentônicos na APA do município de Coqueiral, MG, com ênfase em Odonata. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 15, n. 1, 2, 3, 2013 ISSN 1517-6770. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/zoociencias/article/view/24520>

MAO, D.; HE, X.; WANG, Z.; TIAN, Y.; XIANG, H.; YU, H. MAN, W.; JIA, M.; REN, C.; ZHENG, H. Diverse policies leading to contrasting impacts on land cover and ecosystem services in Northeast China. **Journal of Cleaner Production**. v 240. 2019. 117961. ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117961>

MOLOTOKS, A.; SMITH, P. DAWSON, T. P. Impacts of land use, population, and climate change on global food security. **Food Energy Secur.** 2021; 10:e261. <https://doi.org/10.1002/fes3.261>

MORAES, André Steffens et al. Embrapa Pantanal: 25 anos de pesquisas em prol da conservação do pantanal. Anais do III Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal: Os desafios do novo milênio. Corumbá, 2000.

MOREIRA, Danielle de Oliveira; COUTINHO, Bruno Rocha; MENDES, Sérgio Lucena. O status do conhecimento sobre a fauna de mamíferos do Espírito Santo baseado em registros de museus e literatura científica. **Biota Neotropica**, v. 8, p. 163-173, 2008 ISSN 1676-0603. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032008000200017>

NEGRINI, Marcelo et al. Dispersão, distribuição espacial e estratificação vertical da comunidade arbórea em um fragmento florestal no Planalto Catarinense. **Revista Árvore**, v. 36, p. 919-930, 2012 ISSN 1806-9088. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100->

[67622012000500014](https://doi.org/10.67622012000500014)

NERI, Ana Carolina Abrão et al. Consequências do uso e ocupação do solo sobre florestas ribeirinhas na região de Teresópolis, RJ. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. ISSN 444-446, 2007. Disponível em: <https://orcid.org/0000-0001-9461-2179>

NICOLETTI FLYNN, Maurea et al. Relações Ecológicas entre fauna e flora das áreas de preservação permanente (APP) do Médio e Alto Tiete. **RevInter**, v. 8, n. 2, 2015 ISSN 1984-3577. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/324615069>

OLIVEIRA JUNIOR et al. **Análise Comparativa do Mapeamento de Vegetação Secundária dos Projetos Terraclass e Mapbiomas**. In: ANAIS DO XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2019, Santos. Anais eletrônicos. São José dos Campos, INPE, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/analise-comparativa-do-mapeamento-de-vegetacao-secundaria-dos-projetos-terraclass-e-mapbiomas>

OLIVEIRA, Thuany Gomes; FRANCISCO, Cristiane Nunes. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente e as Mudanças no Código Florestal/Mapping of the Areas of Permanent Preservation and the changes of Forest Code. **Caderno de Geografia**, v. 28, n. 54, p. 574-587, 2018 ISSN 2318-2962. Disponível em: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2018v28n54p574-587>

OLIVO, Eduarda Fraga et al. **Distribuição espaço-temporal de estudos faunísticos na bacia hidrográfica do Rio Araranguá, no período de 1985-2020** ISBN: 978-65-87458-07-6. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18616/planar20>

PELICICE, Fernando Mayer et al. Fish diversity in the cascade of reservoirs along the Paranapanema River, southeast Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 16, 2018 ISSN 1679-6225. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170150>

PENNAY, Michael; LAW, Bradley; LUNNEY, Daniel. **Review of the distribution and status of the bat fauna of New South Wales and the Australian Capital Territory**. 2011. ISBN ; 978-0-9803272-4-3. Disponível em: <https://doi.org/10.7882/9780980327243>

PONDER, Winston F. et al. Evaluation of museum collection data for use in biodiversity assessment. **Conservation biology**, v. 15, n. 3, p. 648-657, 2001 ISSN 0888-8892. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2001.015003648.x>

REBÊLO, José Manuel Macário et al. Flebótomos (Diptera, Phlebotominae) da Ilha de São

Luis, zona do Golfão Maranhense, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 32, n. 3, p. 247-253, 1999 ISSN 0037-8682. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0037-86821999000300005>

RIZZATTI, Maurício et al. Mapeamento da COVID-19 por meio da densidade de Kernel. **Metodologias e Aprendizado**, v. 3, p. 44-53, 2020.- Disponível em: <https://doi.org/10.21166/metapre.v3i0.1312>

ROCHA, Ednaldo Cândido; DALPONTE, Julio César. Composição e caracterização da fauna de mamíferos de médio e grande porte em uma pequena reserva de cerrado em Mato Grosso, Brasil. **Revista árvore**, v. 30, p. 669-677, 2006 ISSN 1806-9088. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000400021>

SANTOS-FILHO, M.; DA SILVA, D. J.; SANAIOTTI, T. M. Seasonal variation in richness and abundance of small mammals and in forest structure and arthropod availability in forest fragments, at Mato Grosso, Brazil. **Biota Neotrop.**, vol. 8, no. 1, Jan./Mar. 2008 ISSN 1676-0611 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032008000100014>

SILVEIRA, Luís Fábio et al. Para que servem os inventários de fauna?. **Estudos avançados**, v. 24, n. 68, p. 173-207, 2010 ISSN 0103-4014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100015>

SOUZA, C.; AZEVEDO, Tasso. MapBiomas general handbook. MapBiomas: São Paulo, Brazil, p. 1-23, 2017.

SOUZA-FILHO, P. W. M. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos remotos, mapeamento de áreas usando dados de sensores. **Rev. Brasil. Geof.** vol 23 (4). págs 427-435. 2005. <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2005000400006>

TEIXEIRA, Fernanda Zimmermann. Trilhando caminhos para avaliar padrões espaciais de mortalidade e fragmentação em rodovias. 2015. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

TEIXEIRA, Isabella Florentino. Uso de tecnologias ambientais a favor da gerência consciente de mamíferos exóticos em Fernando de Noronha. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 3, p. 3563-3569, 2021 ISSN 2595-573X. Disponível em: <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n3-062>

TEIXEIRA, Sheila Gatinho; SOUZA FILHO, Pedro Walfir Martins. Mapeamento de ambientes costeiros tropicais (Golfão Maranhense, Brasil) utilizando imagens de sensores remotos orbitais. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, p. 69-82, 2009 ISSN 0102-261X. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2009000500006>

UN. World population prospects 2019: highlights (ST/ESA/SER. A/423). 2019.

VARJABEDIAN, Roberto. Lei da Mata Atlântica: retrocesso ambiental. **Estudos avançados**, v. 24, p. 147-160, 2010 ISSN 0103-4014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100013>

VAN DYCK, S. AND STRAHAN, R. (EDS). **The Mammals of Australia (3rd edition)**. Reed New Holland, Sydney, 2008.

YAMAMOTO, Jorge Kazuo; LANDIM, Paulo M. Barbosa. Geoestatística: conceitos e aplicações. Oficina de textos, 2015 ISBN 978-85-7975-077-9.

WILSON, E.O. & PETER, F.M. (eds). 1988. Biodiversity. Washington: **National Academy Press**. Disponível em: <https://doi.org/10.17226/989>

ZAMADEI, Tamara; HEIMANN, Jaqueline de Paula; PIRES, Paulo de Tarso de Lara. Recategorização de unidades de conservação: estudo de caso Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo-PA, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 1796-1808, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509831421>

## CAPÍTULO 1

# ESPACIALIZAÇÃO E ANÁLISE DOS REGISTROS DE FAUNA DO GOLFO MARANHENSE NOS ÚLTIMOS 300 ANOS E SUA CORRELAÇÃO COM USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Camila Everton Guterres<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal do Maranhão, dos Portugueses Ave, 1966, Vila Bacanga, 65080805, São Luís – MA – Brazil.

### ABSTRACT

In view of the profound changes seen in recent years in land use and occupation, the scientific academy has guided studies on the correlation between anthropic interventions in the landscape with the impacts caused to the functioning of natural systems and consequent loss of biodiversity. Due to the decrease in these environments and the threat to biodiversity, this study intends to map the records of different faunal groups for the Golfo Maranhense - GM region, in order to demonstrate the places less covered by scientific research and evaluate the evolution of the land use and occupation correlating it with the fauna mapped for the GM. Data from fauna records that supported the analysis of this research were collected in a secondary way, through consolidated fauna databases, and spatialized through the GIS QGIS. The records were correlated with the categories of land use and occupation using the MAPBIOMAS platform. The results point to a concentration of studies in the north of the Maranhense Gulf, and the loss of vegetated/natural areas by areas associated with agriculture and livestock activities and urbanization, making forest formations increasingly fragmented, a scenario considered negative because the fragmentation directly impacts the balanced life of the fauna. Mammals were sensitive to the advance of urbanization since their records showed a negative correlation with the increase in area of this use category. Fish and reptiles showed a positive correlation with forest formation and the greater presence of mangroves. The presence of forest formation, as well as rivers, lakes and oceans were important conditions for greater Shannon diversity and Margalef richness. In general, the results demonstrated the sensitivity of different faunal groups to changes in land use and occupation that have historically occurred in the GM region. Therefore, there is a need to encourage research on different faunal groups, through funding notices, to sectors on the east-west contour of the Gulf, at the same time it brings a warning so that research whose methodological proposals result in the capture of species, that these records can be deposited in official databases, such as Sisbio, SiBBR, among others, in order to facilitate holistic and integrative approaches on the relationship of different faunal groups with anthropic interventions, and, with this, the information can be better incorporated to the possible actions of ecological restoration and conservation biology of the GM.

**Key-words:** Biodiversity, Forest fragment, Fauna database, MAPBIOMAS

## INTRODUÇÃO

A perda de habitat e as mudanças no uso e ocupação do solo não apenas afetam diretamente os ecossistemas, por meio da remoção de habitat para a fauna, mas também têm inúmeros impactos secundários, como a perda de diversidade genética ou conectividade por meio da diminuição da capacidade dos animais de se dispersarem pelas paisagens (KELLER E LARGIADÈR 2003; EWERS E DIDHAM 2006; DIXON et al., 2007).

As alterações de uso do solo podem levar à fragmentação de habitats as quais tendem a aumentar os riscos de mortalidade de animais que tentam cruzar entre manchas de habitat separadas por estradas ou rodovias (CUYCKENS et al. 2016; DELGADO et al. 2018; HASTINGS et al., 2019), ou contribuir para a redução da população através da facilitação da caça ilegal e maior comércio de vida selvagem através do aumento do acesso fornecido pelas redes rodoviárias (RAITER et al. 2014). A fragmentação também pode facilitar os impactos de espécies predadoras (DAWSON et al. 2018), além de ser particularmente deletéria para espécies raras e endêmicas de curto alcance que são tipicamente restritas a habitats especializados e podem enfrentar maiores riscos de extinção (SPINOZZI et al. 2012; CULLEN e RUDRAN, 2003).

As alterações de uso e ocupação do solo são, predominantemente, fruto do aumento populacional e consequente urbanização. Esta situação pode ser observada para o Golfão Maranhense, principalmente em função da urbanização observada na Ilha do Maranhão nos últimos 20 anos (RÊGO et al., 2018). O Golfão do Maranhense (GM) está localizado no extremo sul da costa amazônica brasileira, sendo formado pelas baías de São Marcos e São José, em ambos os lados da Ilha de São Luís (CASTRO et al., 2018; TEIXEIRA E SOUSA FILHO, 2009). Toda a região do GM forma um complexo estuarino que abrange uma área de 5.414 km<sup>2</sup> (SOUSA FILHO, 2005) e possui um regime de macromarés semidiurno extremo, com amplitude de maré média de 3 a 7 m (CASTRO et al., 2018 ; TEIXEIRA E SOUSA FILHO, 2009).

Segundo RÊGO ET AL. (2018) as pressões antrópicas ameaçam os sistemas naturais da ilha do Maranhão, e, conseqüentemente, do Golfão Maranhense levando a mudanças na geomorfologia, hidrologia e processos sedimentares afetando toda a comunidade faunística com ocorrência e distribuição na área. Com isso, estudos de mapeamento da fauna têm sido empregados na identificação da extensão dos impactos sobre as populações e na proposição

de medidas mitigadoras (SILVEIRA, 2010).

Ao longo do tempo estudos como o de VITALI 2010 e MACHADO 2020 tem se dedicado ao registro da fauna pertencente ao meio em que a população vive, e em relação ao Golfão Maranhense, estudos como o de CARVALHO 2008 e CHAVES 2016 tem se proposto a mapear as espécies dessa localidade.

As pesquisas acumuladas, somadas as coleções de museus e informações locais geográficas, trouxeram a oportunidade de avaliar a espacialização de diferentes grupos faunísticos. MOREIRA e COUTINHO (2008) pontuam a necessidade de uma avaliação sistemática dos registros de fauna dessas pesquisas para a identificação de áreas menos cobertas de estudo.

O mapeamento sistemático das espécies associado às mudanças de cobertura da paisagem, principalmente aquelas vinculadas a substituição das áreas naturais por antrópicas, tem se tornado um verdadeiro desafio perante o desaparecimento de habitats e corredores ecológicos. Por exemplo, DAMAME ET AL. (2019) apontam os impactos negativos da diminuição dos ambientes naturais e sua associação à perda da biodiversidade ou até mesmo ao desaparecimento de espécies.

Devido a diminuição desses ambientes e a ameaça a biodiversidade, esse estudo pretende mapear os registros de diferentes grupos faunísticos para a região do GM, de modo a demonstrar os locais menos cobertos pelas pesquisas científicas e avaliar a evolução do uso e ocupação do solo correlacionando-o à fauna mapeada para o GM bem como à índices ecológicos de diversidade, equitabilidade e riqueza.

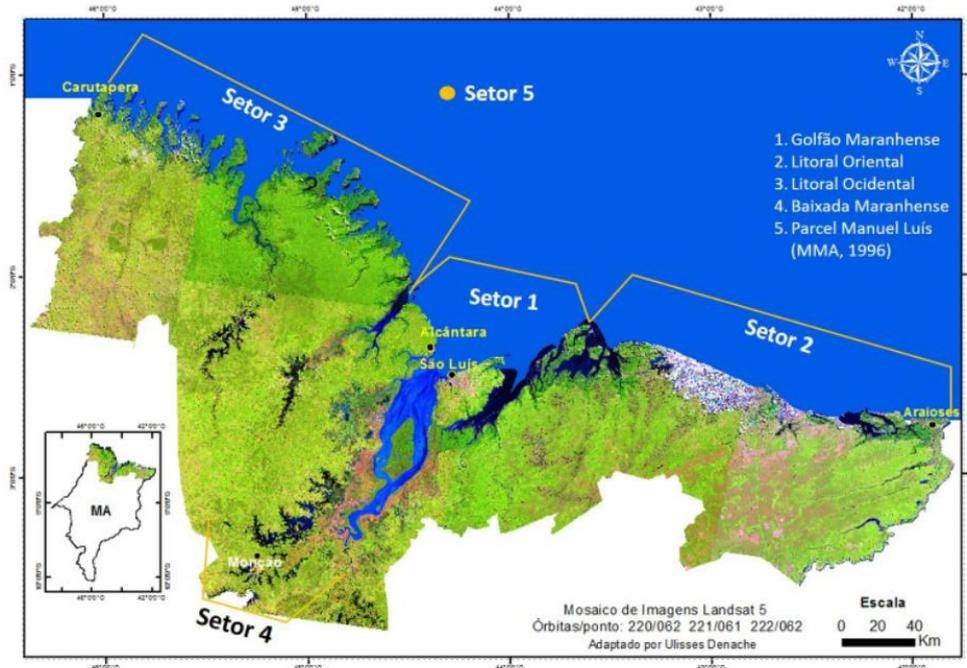
## **METODOLOGIA**

A área de estudo compreende a região do Golfão Maranhense, porção central da zona costeira do estado do Maranhão. Trata-se de uma região representada por estuários e reentrâncias, sendo constituída por um complexo ambiente manguezal volume alto de água doce e amplitudes de maré caracterizado por macromaré semidiurna, e correntes de marés superiores a 4 m/s (REBELO-MOCHEL, 1997).

A região do Golfão Maranhense é caracterizada pelo clima tropical, com precipitação anual de aproximadamente 2.300 mm com estações seca entre julho e dezembro e chuvosa entre janeiro e junho, com temperatura média em torno de 26°C (CASTRO et al., 2018 TEIXEIRA E SOUZA, 2009).

Para delimitar a área de estudo foi utilizada a proposição de EL-ROBRINI ET AL. (2018) para a extensão do Golfão Maranhense (**Figura 1**).

**Figura 1** - Mapa de localização do Golfão Maranhense delimitado pelo setor 1 da costa do Maranhão.



Fonte: MMA (1996)

Os dados de registros de fauna que subsidiaram a análise dessa pesquisa foram coletados de maneira secundária através do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão – ZEE/MA publicado em 2019 e do levantamento bibliográfico dos estudos que publicaram registros de fauna, disponibilizados pelos sistemas eletrônicos dos principais órgãos ambientais que atuam no meio biótico, sendo eles o SiBBR – Sistema de informação sobre a Biodiversidade Brasileira, o Sisbio-Dibio do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade ICMBio, e o SIMMAM – Sistema de Apoio ao Monitoramento de Mamíferos Marinhos.

O ZEE/MA constituiu na elaboração de relatórios e visitas de campo, subdivididos no biomas maranhenses, realizado pelo Governo do Maranhão com o apoio de instituições diversas, como o IMESC - Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos e a UEMA – Universidade do Estado do Maranhão.

Os outros bancos de dados que subsidiaram essa pesquisa consistem em sistemas de atendimento virtuais, onde pesquisadores cadastram as informações dos estudos realizados, no total foram contabilizados 200 autores, associados a artigos científicos, 18 Institutos e suas coleções de fauna e 15 Estudos de manejo de fauna realizados em parceria de instituições públicas e privadas. A relação dos autores e institutos podem ser visualizados no APÊNDICE 2.

Esse trabalho consistiu em 4 etapas diferentes, sendo a primeira realizada através do levantamento bibliográfico e consolidação do banco de dados para diferentes grupos de fauna, a segunda na análise quantitativa de registros fauna por ano, a terceira na avaliação dos tipos de uso e ocupação do solo do Golfão Maranhense (GM) e por último, na correlação dos registros mapeados com as classificações dos tipos de uso e ocupação do solo.

Ao realizar a etapa de levantamento bibliográfico, foi elaborado um banco de dados consolidado com as informações taxonômicas (Domínio, Reino, Filo, Classe, Ordem, Gênero, Família e Espécie), assim como coordenadas geográficas do registro, mês e ano de coleta.

Em seguida foi realizada análise quantitativa dos dados considerando os diferentes anos de registro de fauna. Nesta etapa o banco de dados foi tratado utilizando a biblioteca Pandas com a função Pivot Table criada para a linguagem Python visando a manipulação e análise de dados (MCKINNEY et al., 2011). Uma das possíveis aplicações do Python é na automatização de tarefas permitindo uma potencialização das análises de dados, em especial para bancos de dados robustos. Através da função pivot table algumas colunas dos dados foram agrupadas, filtradas e/ou agregadas em um novo banco de dados em aplicativos de planilhas no Microsoft Excel, permitindo assim, a rápida observação para a retirada e correção dos erros oriundo diretamente da base de dados.

Na terceira etapa foi realizado o download dos dados de classificação de uso e ocupação do solo na plataforma MapBiomas, referentes aos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2020. Após o download foram elaborados mapas de uso e ocupação para cada ano a fim de comparar as mudanças na extensão de cada tipo mapeado.

Na última etapa de avaliação, foi realizada uma correlação dos registros de fauna do banco de dados consolidado com os tipos de uso e ocupação do solo no GM, sendo os

registros categorizados pelos períodos das imagens conforme **Quadro 1**.

**Quadro 1** - Categorização dos períodos com registros de fauna para o Golfão e a respectiva associação às imagens de diferentes anos obtidas no MapBiomias.

<b>Anos com registros de fauna</b>	<b>Ano da imagem utilizada no MapBiomias</b>
1700-1985	1985
1986-1995	1995
1996-2005	2005
2006-2010	2010
2011-2020	2020

A metodologia do MapBiomias envolve a construção de uma biblioteca espectral para realizar a Análise de Mistura Espectral (SMA). As imagens fracionárias resultantes do SMA são empregadas para calcular a Fração Diferencial Normalizada da Imagem (NDFI) (NEVES, 2020).

O conjunto de dados de imagens usado no projeto MapBiomias, nas coleções 1 a 7, foi obtido pelos sensores Landsat Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) e o Operational Land Imager e o Sensor Termal Infravermelho (OLI-TIRS), a bordo do Landsat 5, Landsat 7 e Landsat 8, respectivamente. O Landsat coleções de imagens com resolução de pixel de 30 metros foram acessíveis via Google Earth Engine e produzido pela NASA e USGS.

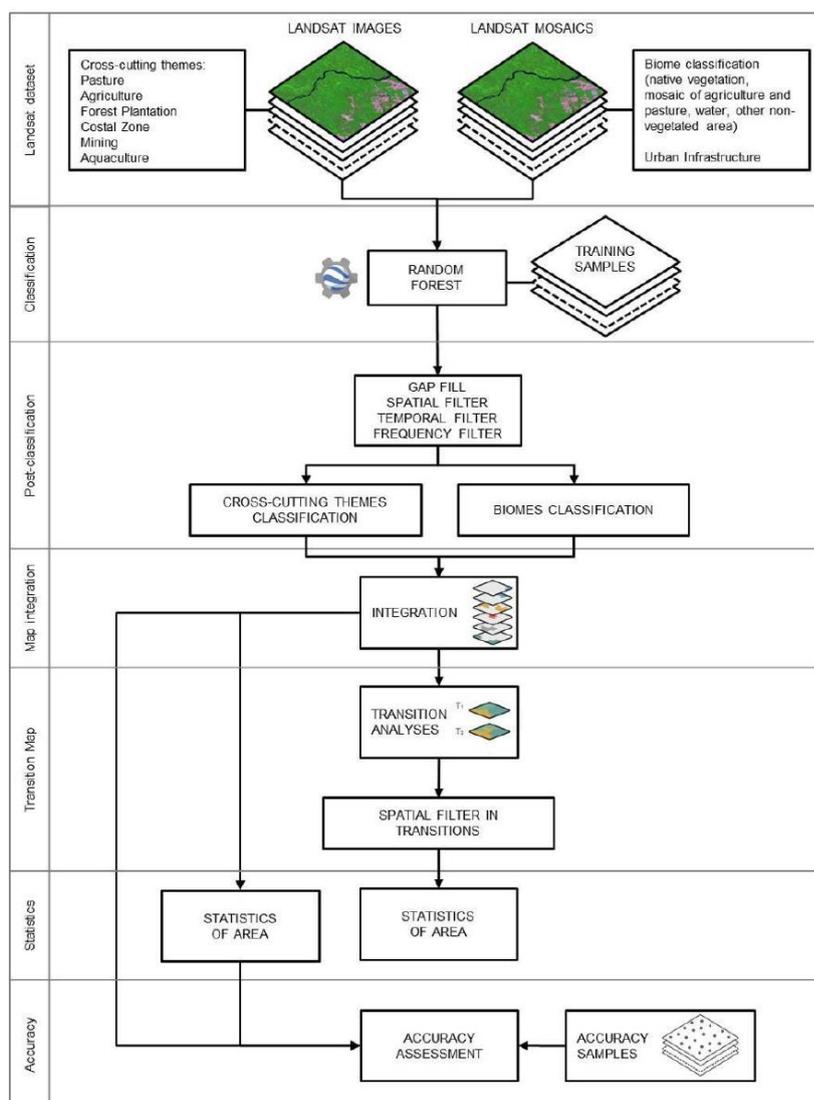
Em coleções anteriores, MapBiomias utilizou principalmente USGS Collection 1 Tier 1 do topo da reflectância da atmosfera (TOA). Nas Coleções 6 e 7, o novo Landsat mosaicos foram processados usando dados de reflectância de superfície (SR). No entanto, a Coleção 7 usou o USGS Landsat Collection 2 (Tier 1).

Para classificar as áreas, a plataforma utiliza amostras de interpretação visual para cada classe dentro de cada zona. As amostras foram geradas usando dados espectrais, índices de vegetação e suas métricas temporais. Estes foram divididos em amostras de treinamento e amostras de teste sendo usado apenas para realizar uma pré-classificação com o algoritmo de

floresta aleatória.

A coleta de amostras estáveis (ou seja, amostras obtidas de locais com a mesma classe ao longo do período de estudo) foi estabelecida e usada como base para a classificação final usando o algoritmo referente ao tipo mapeado novamente. Para melhorar a classificação dentro de cada sub-região, um conjunto de amostras estáveis de treinamento mental foram coletadas por meio de interpretação visual por especialistas. O pós-processamento da classificação foi constituído por um conjunto de filtros espaciais, temporais e de frequência, que resultou em mapas anuais da área de estudo em conjunto com estatísticas sobre áreas e transições anuais de cobertura da terra (BAEZA, 2022) (**Figura 2**).

**Figura 2** - Etapas metodológicas gerais para treinamento do algoritmo (MapBiomias coleção 7)

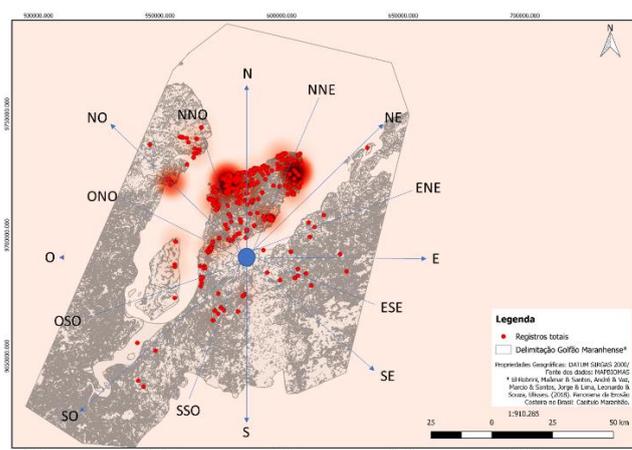


Fonte: MapBiomias (2022)

Após primeira análise quantitativa, foram utilizadas as coordenadas geográficas disponíveis para espacializar os registros de fauna nos tipos de uso e ocupação do Golfão Maranhense a fim de verificar tendências e/ou preferências dos diferentes grupos faunísticos historicamente registrados no GM.

Para realizar a análise espacial dos registros de fauna no GM foi inserido um Ponto Central – PC no polígono que representou a delimitação do Golfão Maranhense, e que serviu de ponto inicial de localização cartográfica, subsidiando a avaliação das áreas que se localizam seguindo os pontos cardeais da rosa dos ventos (**Figura 3**).

**Figura 3** - Ponto central e pontos cardeais posicionados sobre a área do Golfão Maranhense



Fonte: Elaboração própria<sup>1</sup> (2022)

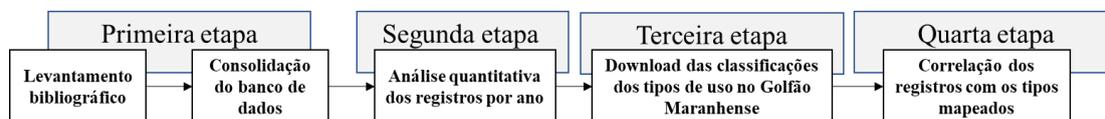
Para a espacialização e análise dos registros, foram sobrepostas as camadas de registros (pontos vetoriais) com os shapefiles de polígonos gerados pelo MapBiomias através da utilização do software Quantum Gis 3.22.4 (livre).

Na realização de extração das informações referentes à quantidade de registros pela camada do tipo de uso e ocupação, utilizou-se a ferramenta de contagem de pontos por polígonos. Após a extração da informação de quantidade de registros de fauna por tipo de uso do solo, foi aplicado o índice de densidade de Kernel através do SIG, visando analisar os diferentes níveis de densidade de registro de fauna em toda área classificada por tipo de uso.

<sup>1</sup> Ponto Central inserido no círculo azul do mapa

As etapas do trabalho podem ser visualizadas na **Figura 4**.

**Figura 4** - Fluxograma indicando as etapas de desenvolvimento do trabalho



Fonte: Elaboração própria

Após a aplicação da Estimativa de densidade por Kernel (EDK) foram elaborados os quadros de análise, tomando por referência os pontos cardeais definidos por ROSA e BRITO (2013) para cada tipo de uso e ocupação do solo a fim de evidenciar as áreas mais e menos cobertas pelas amostragens de fauna, historicamente, desenvolvidas na região do GM (**Quadro 2**).

**Quadro 2** – Modelo do quadro de análise para aplicação da estimativa de densidade de Kernel para os registros de fauna observados no Golfão Maranhense.

	ONO	NO	NNO	N	NNE	NE	ENE	
O	PC							E
OSO								ESSE
	SO	SSO	S	SSE	SE			
	LEGENDA							
		Alta densidade						
		Média densidade						
		Baixa densidade						

A relação entre as categorias de uso e ocupação do solo e os diferentes grupos de fauna, bem como os índices de diversidade, equitabilidade, riqueza e abundância de espécies foi avaliado através da Análise de Correspondência Canônica (CCA) (TER BRAAK, 1986), onde os dados de abundância da fauna foram transformados em  $\log(x+1)$ . A significância estatística dos autovalores e correlações espécie-ambiente para os eixos gerados pelo CCA foi testada pelo método de Monte Carlo, com base em 999 permutações e um nível de

significância de  $p < 0,05$  (LEGENDRE et al., 2011).

A CCA bem como os cálculos de diversidade de Shannon ( $H'$ ), riqueza de espécies (S), riqueza de Margalef e Equitabilidade de Pielou (J) foram efetuados com auxílio do programa PAST versão 4.03 (HAMMER et al., 2003), os gráficos demonstrando os índices ecológicos durante o período avaliado podem ser visualizados no APÊNDICE 1.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Análise quantitativa x Ano*

No total foram computados 7.952 registros, contabilizando os filos Annelida, Arthropoda (representado pelos grupos de aracnídeos, crustáceos e insetos), Cnidaria, Echinodermata, Mollusca e Chordata, nesse último caso representado pelos anfíbios, avifauna, hepertofauna, ictiofauna e mastofauna.

A maior concentração de dados sobre fauna para o Golfão Maranhense se deu no período entre 2010-2020 com 3.980 registros, representando cerca de 50% do total, e a menor foi no período de 1700-1985 com 442 registros, representando 5,5% dos registros ao longo de todo o período considerado no estudo **Tabela 1**

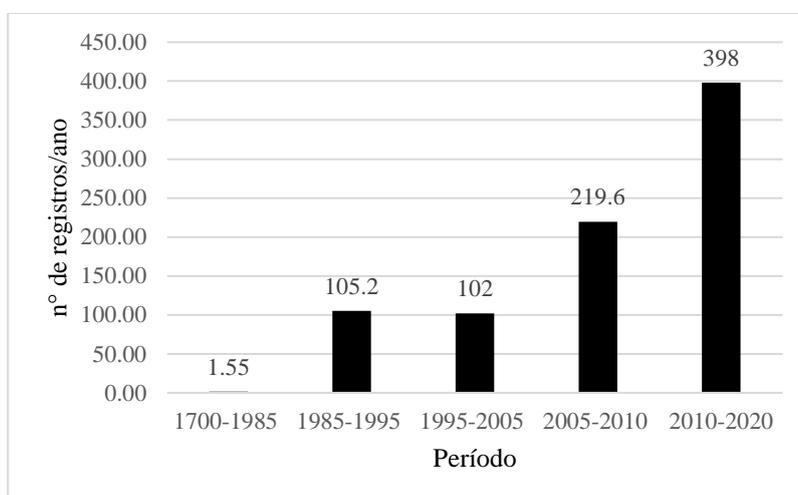
O levantamento total de fauna observada através da análise do banco de dados indicou uma média anual de 1.55, 105.2, 102, 219.6 e 398 registros ao ano considerando cada intervalo de tempo analisado, demonstrando um hiato de informações nos primeiros 285 anos, seguido de aumento a partir de 1985 (**Figura 5**).

Considerando os diferentes táxons, o grupo avifauna se destacou dos demais com 5.131 registros, representando 68% do total levantado. Em seguida o ordenamento decrescente, em função do número de registros, apresentou o seguinte arranjo para os diferentes grupos de fauna: insetos, mamíferos, anfíbios, crustáceos, peixes, répteis, anelídeos, moluscos, aracnídeos e cnidários.

**Tabela 1** - Total de registros de fauna obtidos para o Golfão Maranhense considerando os diferentes intervalos de tempo estabelecidos no estudo

<b>Registros</b>	<b>Período</b>
442	1700-1985 (285 anos)
1.052	1986-1995 (10 anos)
1.020	1996-2005 (10 anos)
1.098	2006-2010 (5 anos)
3.980	2011-2020 (10 anos)
<b>TOTAL</b>	<b>7.952</b>

**Figura 5** – Média anual de registros de fauna no Golfão Maranhense considerando os diferentes intervalos de tempo proposto no estudo.



A avaliação dos resultados demonstra certa dispersão dos estudos, assim como a existência de poucas análises consolidadas e/ou integrativas envolvendo o meio faunístico do Golfão Maranhense, sendo, desta forma, antagônico ao recomendado por CARVALHO (2009) e BRAGA (2018). A alimentação das plataformas de dados pelos pesquisadores precisar se tornar uma rotina no meio acadêmico com intuito de permitir avaliações integradas da fauna e sua clara associação às intervenções causadas pelas atividades humanas.

Os dados também apontaram para uma concentração das informações nos últimos períodos (a partir da década de 1980), cenário corroborado por de ALMEIDA (1996), o qual afirma que, nos primeiros estudos de fauna realizados, principalmente na década de 70, as informações científicas eram limitadas, nas regiões tropicais e sub-tropicais, caso da região do Golfão.

As informações registradas para os primeiros anos, iniciando a série estudada em

1700, demonstram a dificuldade e complexidade de se manter um registro para essas épocas, concomitantes aos primeiros passos das ciências ambientais, cenário que também foi evidenciado pela série histórica de registros avaliado e indicado por ROSA, 2010. Desta forma, é possível verificar a importância dos museus na conservação dos registros dos primeiros anos avaliados, uma vez que até 1960 os registros foram, aproximadamente, em sua metade advindos de museus.

BRUNO (1999) e SILVA (2020) complementam a importância e o papel dos museus científicos na conservação e na democratização dos estudos, mesmo com uma diferença de 21 anos, o cenário ainda sinaliza a necessidade do crescimento da conservação dos bens culturais, como da educação através do patrimônio.

Na análise quantitativa dos registros, por período avaliado, foi possível verificar um hiato de dados nos primeiros 285 anos, seguido de aumento a partir de 1985, este último marcando um cenário histórico de revolução digital que iniciou na década de 60 e alavancou-se nas décadas seguintes. Esse cenário tornou o acesso aos bancos de dados, em algo mais democrático e facilitado, assim como aos estudos realizados (BARRETO, 2005; VILAÇA e ARAÚJO, 2016).

### Uso e ocupação do solo no Golfão Maranhense (1985-2020)

Foram classificados 11 tipos de uso e ocupação do solo no Golfão Maranhense, cuja descrição pode ser observada na **Tabela 2**.

**Tabela 2** - Categoria de uso e ocupação do solo mapeado para o Golfão Maranhense considerando o período de 1985-2020

<b>Categoria de uso</b>	<b>Descrição</b>	<b>Natural/Antrópico</b>	<b>Cobertura (km<sup>2</sup>) 1985</b>	<b>Cobertura (km<sup>2</sup>) 2020</b>	<b>Aumentou/ Diminuiu</b>
<i>Agropecuária</i>	Área de pastagem, predominantemente plantada, vinculada às atividades de pecuária.	Antrópico	751.6	1969.8	Aumentou
<i>Áreas não vegetadas</i>	Superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeado em suas classes.	Antrópico	0.048	0.64	Aumentou
<i>Formação Campestre</i>	Formações campestres com predominância de estratos herbáceos (sujos, limpos e campos rupestres) e algumas áreas de formações savânicas	Natural	605.1	672	Aumentou

	como o cerrado rupestre.				
<i>Área urbanizada</i>	Áreas urbanas com predominância de superfícies não vegetadas, incluindo estradas, rodovias e construções.	Antrópico	101	377.3	Aumentou
<i>Campo Alagado</i>	Vegetação de várzea ou pastagem que sofre influência fluvial e/ou lacustre.	Natural	1157.3	1247	Aumentou
<i>Formação Florestal</i>	Tipos de vegetação com predominância de espécies arbóreas, com dossel contínuo. Floresta Ombrófila Densa/Aberta/Estacional/Perene/Semidecídua/Decídua/Aluvial, Arborizada, Áreas que sofreram incêndio ou extração de madeira, Floresta resultante de processos sucessionais, após a supressão total ou parcial da vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, que podem ter árvores remanescentes de vegetação primária.	Natural	5749.1	4426.4	Diminuiu
<i>Formação Florestal – Apicum</i>	Formações muitas vezes sem vegetação arbórea, mais alta, hipersalina e menos inundada que o mangue, geralmente representa a transição entre esta área e o continente.	Natural	99.8	102.2	Aumentou
<i>Mangue</i>	Formações florestais densas e perenes, muitas vezes inundadas pela maré e associadas com o ecossistema costeiro de mangue.	Natural	1393.7	1339.3	Diminuiu
<i>Praia/Duna/ Areal</i>	Áreas arenosas, de cor branca brilhante, onde não há predominância de vegetação de qualquer tipo.	Natural	10.9	8.5	Diminuiu
<i>Rio/Lago/Oceano</i>	Rios, lagos, barragens, reservatórios e outros corpos d'água em contato com a área continental. Ressalta-se que os polígonos são fechados pela delimitação com o contato no continente.	Natural	1136.5	864.5	Diminuiu
<i>Mineração</i>	Áreas onde há sinais claros de extensas extrações minerais, mostra exposição clara do solo pela ação de máquinas pesadas.	Antrópico	0	0.3	Aumentou

No período avaliado todas as categorias de uso de natureza antrópicas apresentaram aumento de área, sendo o mais expressivo verificado em Área Urbanizada, com um aumento de 276,3 km<sup>2</sup>. Essa categoria representava 0.9% da cobertura total do GM em 1985, passando

para 3.4% em 2020.

Ressalta-se que a categoria Área Não Vegetada não apresentou registros e não possuiu cobertura representativa (<1%).

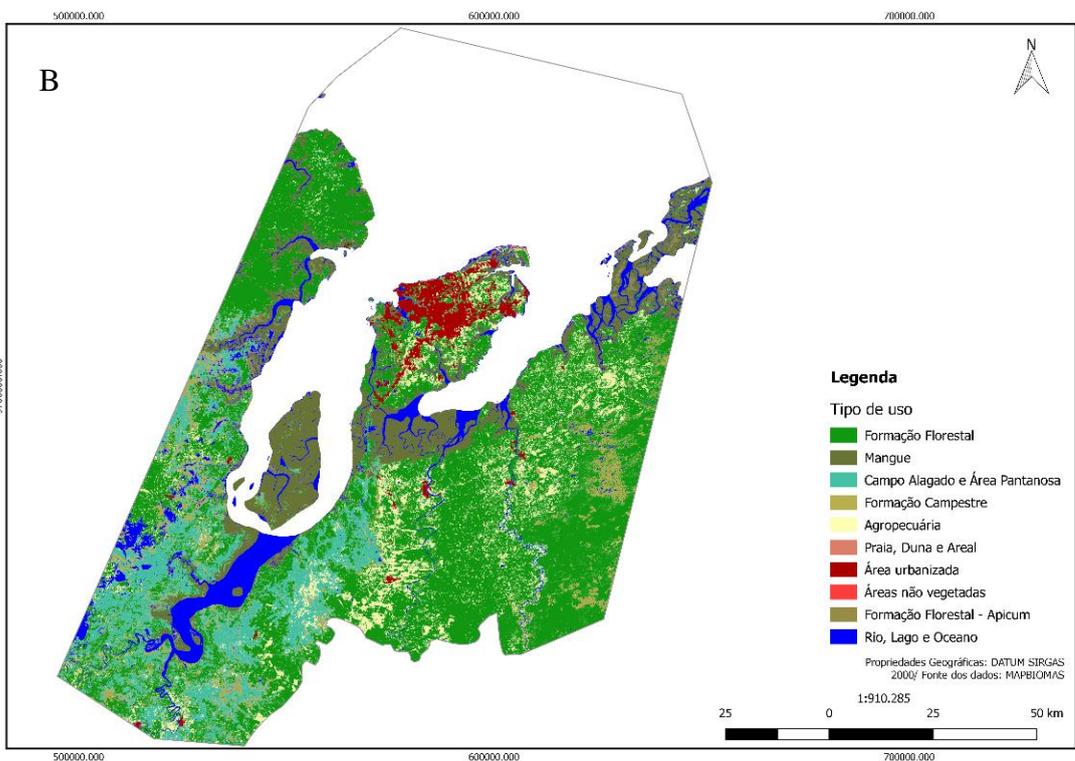
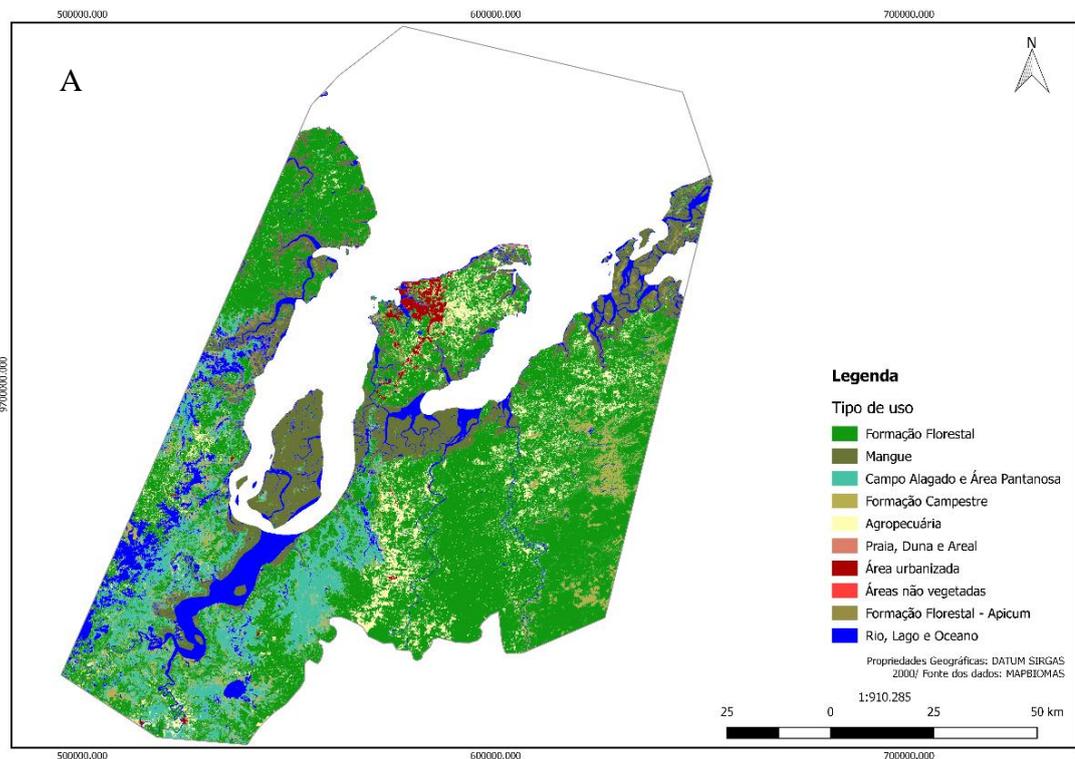
Em seguida foi obtido um aumento de 1218.1 km<sup>2</sup> na categoria de uso Agropecuária, sendo que em 1985 essa categoria representava 6.8% da cobertura total da terra e 17.9% em 2020. Por último, o tipo de Mineração não foi classificado em 1985, sendo computada uma área de 0.3 km<sup>2</sup> em 2020.

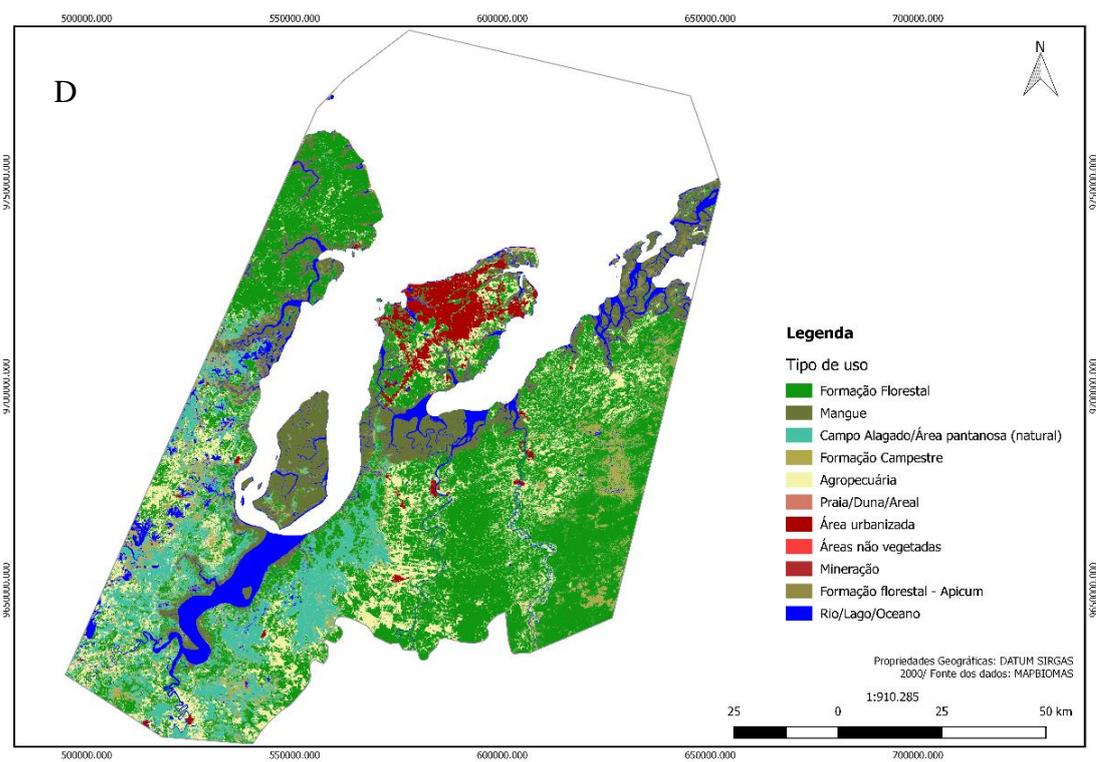
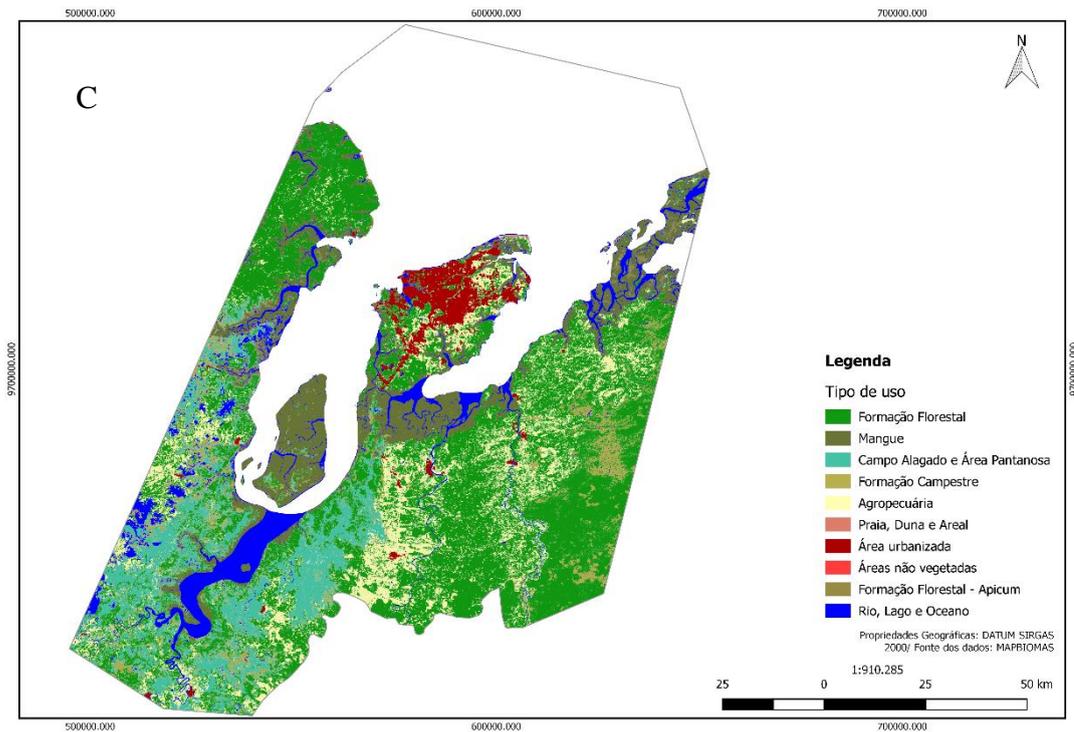
Nas categorias de usos classificadas como naturais houve aumento de representatividade de cobertura de terra de 5.5% (1985) a 6.1% (2020), 10.5% (1985) a 11.3% (2020) e 0.91% (1985) a 0.93% (2020), para Formação Campestre, Campo Alagado e Formação Florestal – Apicum, respectivamente.

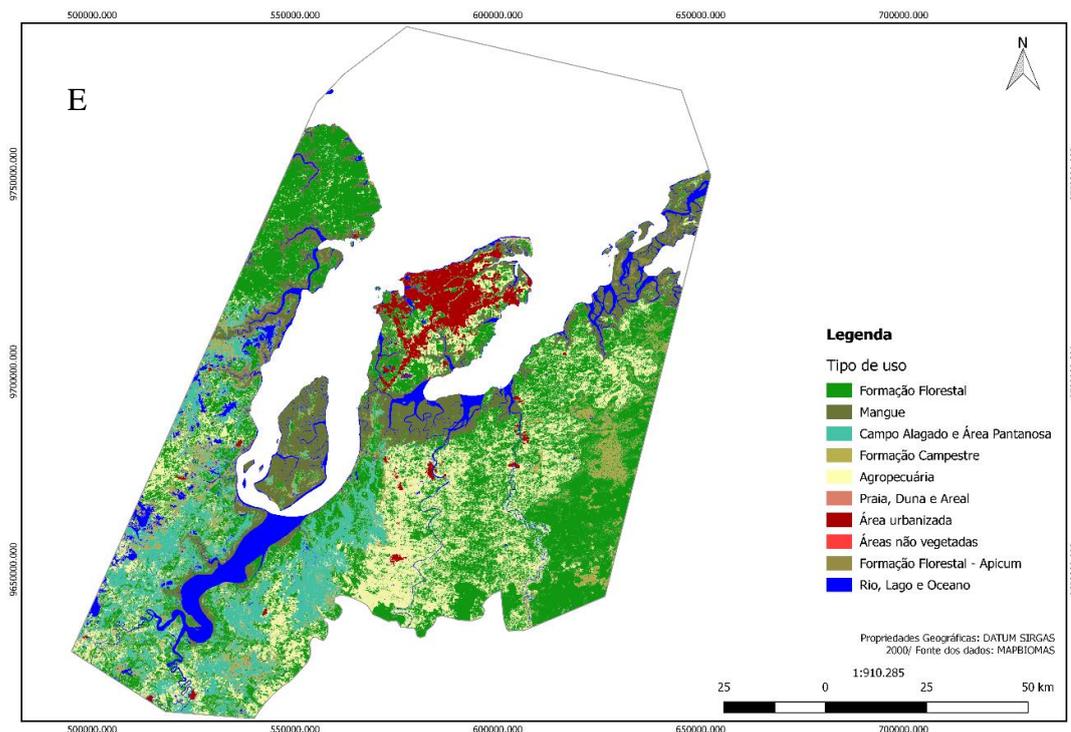
Em contraponto, a categoria Rio/Lago/Oceano, Formação Florestal e Praia/Duna/Areal obtiveram em 1985 uma representatividade de 10.3%, 52.3% e 0.10% com diminuição para 7.9%, 40.3% e 0.08% em 2020, respectivamente. Ademais, a categoria Mangue obteve uma redução na sua área em 54.4 km<sup>2</sup>, representando 12.7% da cobertura total do GM em 1985 e 12.2% em 2020.

A evolução da mudança de uso e ocupação do solo no Golfão Maranhense pode ser verificada na **Figura 6**.

**Figura 6** – Evolução do uso e Ocupação do Solo para a área do Golfão Maranhense. A – classificação para 1985, B – para 1995, C – para 2005, D – para 2010, E – para 2020.







Os resultados demonstram aumento da extensão dos tipos de uso e ocupação antrópicos, e da redução dos tipos de uso de Formação Florestal, Praia/Duna/Areal e Manguezais. Esse cenário vem sendo evidenciado também em diversos estudos (CORRÊA, 2022; DAMASCENO, 2021; ANDERSON et al., 2018; COSTA, 2016). Os resultados apontam a perda das áreas vegetadas/naturais por áreas associadas a atividade de agropecuária e urbanização, tornando cada vez mais fragmentada as formações florestais.

A fragmentação florestal é responsável por impactos negativos significativos sobre a fauna, incluindo a degradação do solo, erosão e perda de recursos extrativistas, e efeitos globais, incluindo: diminuição da biodiversidade; ruptura do regime hidrológico; e mudanças no balanço de CO<sub>2</sub> e outros gases de efeito estufa, que podem afetar o clima (MARCIAL, 2020 e MARQUES 2019).

O aumento, discreto, da formação natural de Apicum pode ser explicado devido a relação intrínseca desse ambiente com os manguezais. Nesta linha, HADLICH (2009) aponta que a relação entre as duas formações pode demonstrar estabilização, redução ou aumento associados, o que acaba tornando necessária a análise mais aprofundada de vários apicuns em uma mesma região, pois, em uma mesma baía, localidades diversas podem apresentar comportamento evolutivo espacial diferenciado dos apicuns.

Ressalta-se que a associação de aumento de apicuns e diminuição de manguezais, para o caso deste estudo, pode indicar degradação do manguezal, pois, estando o manguezal em constante modificação, durante as enchentes de preamar são depositados, sobre os manguezais, areias finas, que seriam responsáveis por tornar o banco de manguezal cada vez mais arenoso provocando sua degradação (SCHMIDT, BEMVENUTI, DIELE, 2013; UCHA et al., 2008; BIGARELLA, 2001). DE OLIVEIRA, 2018 sinaliza que as zonas de apicum acabam sendo território de desenvolvimento de diversas atividades de carcinicultura trazendo impactos e redução para as áreas de mangue

HADLICH (2009) ressalta ainda a importância do cuidado na utilização dos apicuns como indicadores de modificações do nível médio do mar, quando são limitados e também a necessidade de aprofundamento da origem de formação dos apicuns, que pode ser desencadeada por processo antrópicos como também por processos geomorfológicos (UCHA et al., 2004).

Em relação às categorias de uso e ocupação de Campo Alagado e Formação Campestre foi indicado um aumento que pode decorrer de uma associação a utilização dessas áreas para a agropecuária, devido principalmente a composição herbácea, gramínea e arbustiva-esparça da vegetação (Formação Campestre), interessante para a atividade de agropecuária. Essa associação decorre da utilização e abandono dessas áreas ao longo do tempo (RODRIGUES, 2022; LEITE, 2021).

Ademais, o Campo Alagado é diretamente aproveitado no processo produtivo da pecuária extensiva, sendo utilizado no período em que as áreas não estão alagadas (RIBEIRO e DE CRISTO, 2021; VIANA, 2018).

Diante desse cenário contrastante do desenvolvimento da economia e da saúde dessas paisagens é necessário fomentar as práticas de conservação do solo, dos recursos naturais e da recuperação ambiental, as quais são fundamentais ao pleno desenvolvimento sustentável das terras do Golfão.

Importante destacar a redução da categoria de uso referentes a Rio/Lago/Oceano – RLO, que pode estar associada ao desmatamento das vegetações próximas das áreas, que acaba por acarretar no assoreamento de rios, lagos e ambientes estuarinos. Vários estudos têm sido desenvolvidos para avaliar os impactos das interferências antrópicas na qualidade e quantidade dos corpos hídricos, assim como de sua área superficial de ocupação, sendo que

boa parte das conclusões estão atreladas à processos de assoreamento, cujo gatilho estão ligados a ocupação das matas ciliares (FRANÇA et. al., 2021; LIMA,2020; AZEVEDO et al., 2016).

A redução verificada em Praia/Duna/Areal pode indicar perda de área pela pressão de crescimento da urbanização na costa, cenário apresentado neste estudo e nos de Sartorio e ZANOTTA (2019) e LINS (2021).

A linha de costa tende a variar de posição ao decorrer do tempo devido a processos naturais e/ou antrópicos, logo, por conta do dinamismo morfológico presente nesse tipo de uso e ocupação, a recomendação, subsidiada pelos estudos de SOBRINHO (2013) e RODRIGUES, ET AL. (2021), é a de monitoramento contínuo.

### *Análise quantitativa de registros por categoria de uso e ocupação*

Na análise quantitativa dos registros de fauna por categoria de uso e ocupação da terra no GM, em todos os períodos analisados, foram identificados registros em Praia/Duna/Areal, Mangue, Campo Alagado, Formação Campestre, Agropecuária, Área Urbanizada, Formação Florestal de Apicum, Rio/Lago/Oceano e Formação Florestal. Entretanto, não foram computados registros nas categorias de uso do tipo Áreas Não vegetadas e Mineração.

A **Tabela 3** apresenta a extensão em km<sup>2</sup> das CUO – Categoria de uso e ocupação no Golfão Maranhense nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2020, seguido de uma média de extensão ao longo do período, representatividade da extensão, total de registros computados em cada uma das CUO e a densidade.

Os maiores registros foram computados nas categorias do tipo de Rio/Lago/Oceano, Formação Florestal, Área Urbanizada e Mangue. Já as categorias de uso com menores registros foram os de Campo Alagado e Formação Florestal de Apicum.

**Tabela 3** - Evolução das categorias de uso e ocupação do solo (km<sup>2</sup>) acompanhado do número de registros de fauna e dos valores de densidade.

<b>Categoria de uso (km<sup>2</sup>)</b>	<b>1985</b>	<b>1995</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>	<b>Média</b>	<b>% cobertura</b>	<b>Nº de registros</b>	<b>Densidade de registros (nº de regs/km<sup>2</sup>)</b>
Agropecuária	751.6	997.8	1407.9	1469.5	1969.7	1319.3	12.0%	289	0.22
Área urbanizada	101	294.2	338.7	351.3	377.3	292.5	2.7%	1769	6.05
Áreas não vegetadas	0.048	0.8	0.02	0.08	0.6	0.3096	0.0%	0	0.00
Campo Alagado	1157.3	1251.6	1295.8	1207.6	1246.8	1231.82	11.2%	74	0.06
Formação Campestre	605.1	641.4	642.8	637.8	671.8	639.78	5.8%	121	0.19
Formação Florestal	5749.1	5375.1	4916.2	4920.7	4426.4	5077.5	46.2%	1957	0.39
Formação florestal - Apicum	99.8	97.3	90.5	99.7	102.2	97.9	0.9%	51	0.52
Mangue	1393.7	1429.27	1402.05	1409.2	1339.3	1394.704	12.7%	883	0.63
Praia/Duna/Areal	10.9	13.8	13.9	14.3	8.5	12.28	0.1%	153	12.46
Rio/Lago/Oceano	1136.5	888	880.7	878	864.4	929.52	8.5%	2295	2.47
Mineração	0	0	0	0.2	0.3	0.1	0.0%	0	0
<b>Total</b>	<b>11005.04</b>	<b>10989.2</b>	<b>10988.5</b>	<b>10988.3</b>	<b>11007.</b>	<b>10995.71</b>	<b>100.0%</b>	<b>7592</b>	<b>0.6</b>

O cálculo da densidade foi importante, pois demonstrou que não foram em todos os casos que as CUOs com maiores registros significaram maior cobertura, ou seja, mais ou menos povoado, pois a densidade demonstra a distribuição dos registros pelo total de área

coberta da CUO.

De modo geral o GM apresentou pouca cobertura de estudos, com a maioria das CUO registrando valores inferiores a 1 estudo por km<sup>2</sup>, este cenário evoca a necessidade de impulsionamento dos estudos no Golfão Maranhense, pelo menos a nível de disponibilização em bases de dados oficiais.

A análise de cada CUO apresentou que Praia/Duna/Areal obteve pouca representatividade de extensão, <0.1%, contudo é a CUO de maior densidade, com 12.46 regs/km<sup>2</sup>. Isso demonstra que essa CUO foi o que obteve maior cobertura de registros. Mineração e Área não Vegetada tiveram mínima representatividade de extensão e zero registro.

Formação Florestal teve maior quantidade de registros, mas com densidade menor que 1, demonstrando pouca cobertura de estudos. Este cenário merece atenção devido a representatividade dessa CUO na localização de habitats (SOUZA e REIS, 2021), além de ser a maior representatividade de extensão do GM (46%).

Formação Florestal – Apicum obteve poucos registros, considerando todo banco de dados com <1 registro por km<sup>2</sup>, porém, é uma CUO com baixa representatividade de extensão, 3%, o que pode explicar a baixa preferência por esses ambientes. Todavia, é uma CUO com importância ambiental podendo ser associado com os manguezais e sua degradação, sendo, desta forma, importante para uma análise completa da dinâmica do ecossistema natural.

A CUO de Campo Alagado chamou atenção pela representatividade importante de extensão e a mínima densidade associada, <0.1. Esse resultado indica uma baixa preferência dos estudos por este ambiente, que apesar de apresentar importância estratégica para várias espécies também tem sido utilizado na pecuária.

A área urbanizada foi a segunda CUO com maior densidade, apesar de apresentar baixa representatividade de extensão, <3% em comparação as outras categorias. Este resultado demonstra uma preferência alta das pesquisas por esta CUO. Isso pode ser explicado pela proximidade dessas categorias aos polos científicos, principalmente a Ilha de Upaon Açu.

As categorias Formação Campestre e Agropecuária obtiveram menos de 1 registro por km<sup>2</sup> e possuem média representatividade de extensão, 6% e 12% respectivamente. Essas

categorias são associadas à locais de alto impacto a fauna, portanto a baixa de densidade de registros pode indicar a baixa biodiversidade nessas categorias (ZANZINI e PRADO FILHO, 2000; GALVES et al., 2007; CURVO et. al, 2021).

A categoria de Mangue demonstrou a necessidade de maior cobertura, pois obteve menos de 1 registro/km<sup>2</sup>, e possui representatividade de extensão de aproximadamente 12.7%. Este ambiente é sensível e considerado APP, com espécies endêmicas associadas ao local (BERTOLDI e DE MORAES, 2020).

Rios/Lagos/Oceano obteve média densidade de registros, apesar de obter o maior número dentre as categorias, representando 9% da área total com aproximadamente 3 regs/km<sup>2</sup>. Esta categoria representa o habitat específico da fauna marinha, e é o local menos conhecido a nível de número e tipos de espécies, portanto este cenário endossa a necessidade de maiores coberturas de estudos nessas categorias (MAY, 2011).

#### *Análise da densidade de registros por tipo de uso e ocupação x ano*

A aplicação da densidade de Kernel nos registros encontrados no Golfão Maranhense, de todos os períodos avaliados, demonstrou uma intensidade maior na ilha de Upaon Açu, principalmente entre as regiões NNO (Norte-Noroeste) e NNE (Norte-Nordeste) em relação ao ponto central do GM.

A Ilha de Upaon-Açu comporta os Municípios de Raposa, Paço do Lumiar e São José de Ribamar, sob as intermediações das Bacias do Rio Paciência e Santo Antônio. No sentido NNO encontram-se as Bacias do Rio Anil, Bacanga e Calhau.

Também registrou intensidade de densidade a região no sentido NO (Noroeste), onde se encontra o Igarapé Cujupe, próximo a Bacia do Rio Aurá, nas intermediações da delimitação política de Alcântara.

Registram-se médias intensidades de densidade as regiões N (Norte) e ONO (Oeste-Noroeste), onde estão presentes as Praias do Olho D'água e Araçagi ao N, e Ilha dos Caranguejos a ONO.

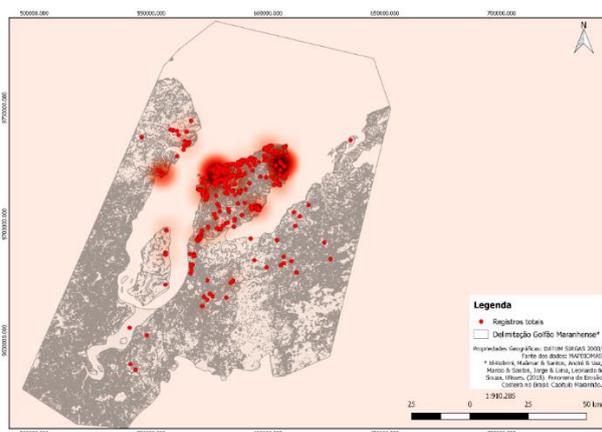
As regiões ao Sul do ponto central do GM, entre os pontos laterais e colaterais de Leste-Oeste, obtiveram registros com as menores intensidades demonstradas pela aplicação de Kernel. Essas regiões cobrem os municípios cortados pela Baía do Arraial, assim como as formações ao Leste-Sul (ESE e SE) da Baía de São José e região a Oeste-Sul (OSO, SO e

SSO) da Baía de São Marcos (**Figura 7**) e (**Quadro 3**)

Ressalta-se que essas regiões são compostas por importantes Bacias Hidrográficas do Maranhão, entre elas a Bacia do Mearim, Munim e Itapecuru, as quais possuem ampla biodiversidade, com espécies endêmicas associadas (GUIMARÃES2, et al. 2020,).

Também foi possível notar baixa intensidade na região a Nordeste do ponto central do GM, onde se encontram as ilhas cortadas pela Baía do Tubarão como a Ilha de Santana e Carrapatal. Essas ilhas possuem mínima cobertura de estudos, sendo, deste modo, pouco investigadas em termos de avaliação biológica e ambiental.

**Figura 7** - Mapa de calor dos registros de fauna no Golfão Maranhense - Delimitação com todos os registros (1700-2020)



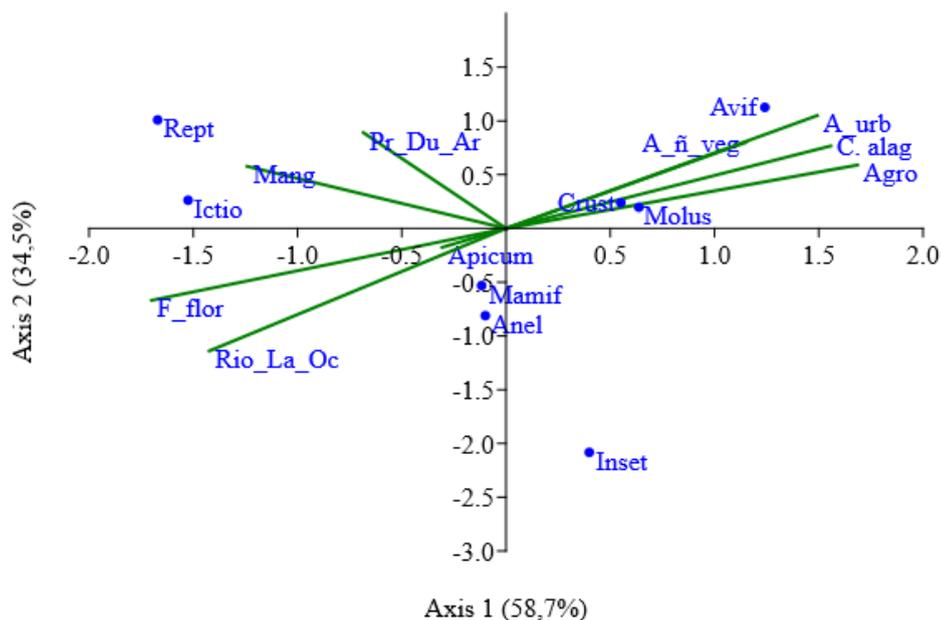
**Quadro 3** - Quadro de análise da intensidade de densidade por pontos cardeais do Golfão Maranhense

	ONO	NO	NNO	N	NNE	NE	ENE		
O	PC								E
OSO									ESE
	SO	SSO	S	SSE	SE				
<b>LEGENDA</b>									
		Alta densidade							
		Média densidade							
		Baixa densidade							

### Correlação dos registros de fauna com as Categorias de Uso e Ocupação

A ACC indicou a tendência de respostas diferenciadas aos grupos de fauna mediante as alterações de usos. O primeiro eixo contribuiu com 58.7% da variância dos dados, enquanto o eixo 2 contribuiu com 34.5%, totalizando 93.2% da variância total. O arranjo ordenado na CCA sinalizou maior correlação positiva do grupo reptéis e peixes às formação florestal, mangue, presença de rios, lagos e oceanos e, em menor intensidade à formação apicum. Já o grupo avifauna, crustáceo e molusco foram positivamente correlacionados à presença dos campos alagados, à maior urbanização, áreas agrícolas e áreas não vegetadas. A análise indicou a tendência de relação negativa dos mamíferos e anelídeos à maior formação de praias e dunas e área urbanizada (**Figura 8**).

**Figura 8** - Análise multivariada para a evolução das categorias de uso e ocupação com os grupos faunísticos registrados para o Golfão Maranhense nos últimos 300 anos.

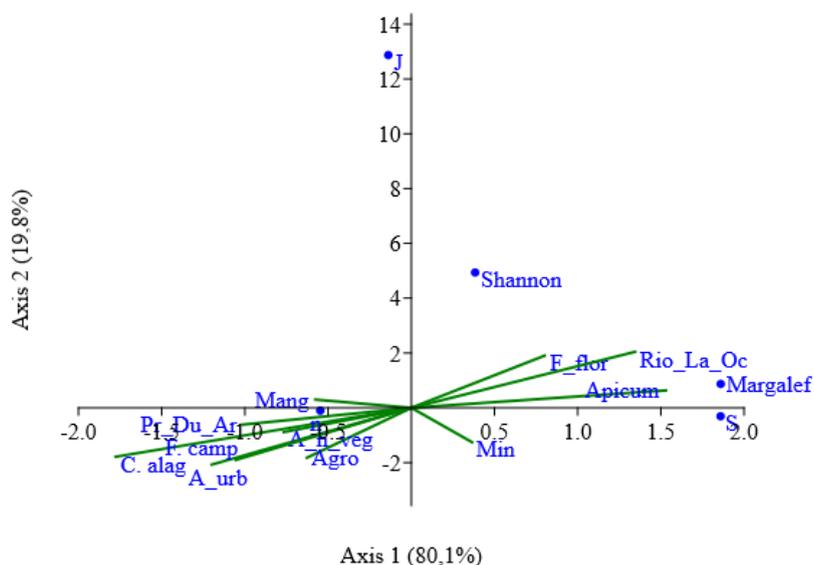


A ACC considerando os índices ecológicos para todos os grupos de fauna enquadraram em seu eixo 1 80.1% da variância dos dados e no eixo 2, 19.8%, resultando em 99.9% da variância total dos dados, e, portanto, sendo os dois eixos bem representativos para explicar o ordenamento dos índices ecológicos em função das mudanças de uso do solo no Golfão Maranhense. Com isso, foi possível observar uma tendência de correlação direta entre

a diversidade de Shannon, a riqueza de espécies e a riqueza de Margalef à maior presença de Formação Florestal, presença de rios lagos e oceanos e formação florestal associada a presença de apicuns. Aparentemente, com base na avaliação histórica, o comprometimento dessas categorias citadas tendem a interferir na diversidade e riqueza da fauna presente no Golfão Maranhense.

A maior abundância dos diferentes grupos de fauna parece estar associada à unidade de campo alagado, ambientes de mangue, além das áreas de praia, dunas e areal. A distribuição mais equitativa das espécies mostrou correlação positiva com a formação florestal, além da maior presença dos rios, lagos e oceanos, dentro das unidades de uso do Golfão. Além disso, os resultados indicam a tendência de dominância de certos grupos faunísticos em função da evolução das áreas agrícolas, das áreas urbanizadas, das áreas não vegetadas, da maior formação campestre e da maior presença de áreas de mineração, uma vez que o ordenamento sinalizou relação inversa da equitabilidade com essas unidades citadas (**Figura 9**).

**Figura 9** - Índices ecológicos de diversidade associados à evolução do uso e ocupação do solo no Golfão Maranhense.



Os resultados demonstram a sensibilidade dos diferentes grupos faunísticos à alterações de uso e ocupação do solo que vieram ocorrendo, historicamente, na região do Golfão Maranhense.

Percebe-se a relação direta dos grupos dos peixes e reptéis à formação florestal,

aos ambientes de mangue, além dos rios, lagos e oceanos, categorias de uso cujos resultados sinalizam drásticas diminuições de área, podendo comprometer a diversidade biológica para esses grupos faunísticos. SILVA e LONGO (2020) e HIRSCH (2003) observaram que a diminuição da cobertura vegetal tem provocado o aumento da fragmentação florestal e do efeito de borda, o que pode diminuir a qualidade ambiental das áreas remanescentes, provocando sérios prejuízos à fauna e flora, provocando, por exemplo, extinções locais e comprometendo a organização de espécies sob a forma de metapopulações.

ALHO ET AL. (2019) estudando a região do pantanal brasileiro também sinalizou o comprometimento da biodiversidade associado à diferentes interferências humanas, tais como degradação dos habitats naturais, presença de atividades agropecuárias com avanço das pastagem, introdução de espécies exóticas entre outros.

Entre os grupos faunísticos contabilizados, as aves foram as mais abundantes, e, com isso, acabou mostrando-se presentes, inclusive, nas áreas urbanizadas e agropecuárias, o que pode está associado a sua notória capacidade de deslocamento (migração) (NAVARRO et al., 2022). Entretanto essa associação não foi observada para os mamíferos, o que demonstra como a evolução de uso e ocupação do solo do Golfão Maranhense pode está comprometendo a espécies pertencentes a este grupo. A vulnerabilidade dos mamíferos não voadores à fragmentação florestal em território maranhense também é observada por VIEIRA e OLIVEIRA (2020).

Do ponto de vista dos índices ecológicos os resultados sugerem a tendência de perda da biodiversidade e riqueza faunística do golfão caso se mantenha os níveis acelerados de diminuição da formação florestal, induzindo a dominância de pequenos grupos. Nesta linha, MEDEIROS ET AL. (2022) sinaliza que no nível ecológico, a perda da diversidade de habitats impacta diretamente na perda de biodiversidade e na ruptura de funções essenciais da paisagem, levando a distúrbios nos serviços ecossistêmicos prestados por essa paisagem. Com isso, a falta de atenção e de políticas de ordenamento territorial para a região do Golfão, podem comprometer substancialmente os serviços ecossistêmicos da região. Adicionalmente, a expansão das investigações nas áreas ainda pouco estudadas e reveladas no presente estudo é estratégica para ampliação dos conhecimentos a aplicação de ações tanto pontuais como difusas para o desenvolvimento sustentável da área do GM.

## CONCLUSÃO

A avaliação do Quadro de análise evidenciou uma concentração intensa ao norte do ponto central, demonstrando pouca pulverização dos registros no Golfão. Essa avaliação demonstra a oportunidade de estudos de fauna na maior parte da região avaliada, sendo que o setor norte, apontado como de maior concentração de registros, corresponde a aproximadamente 7% da cobertura total do Golfão Maranhense, demonstrando alta densidade de registros.

No período avaliado todas as categorias de uso de natureza antrópicas apresentaram aumento de área, sendo o mais expressivo verificado em Área Urbanizada. Os resultados apontam a perdas das áreas vegetadas/naturais por áreas associadas à atividade de agropecuária e urbanização, tornando cada vez mais fragmentada as formações florestais, cenário negativo, pois a fragmentação impacta diretamente a vida equilibrada da fauna, tornando-a mais vulnerável.

Os maiores registros de fauna foram computados nos tipos de Rio/Lago/Oceano, Formação Florestal, Área Urbanizada e Mangue, e os tipos com menores registros foram os de Campo Alagado e Formação Florestal de Apicum. Contudo, o cálculo da densidade foi importante, pois demonstrou que não foram em todos os casos que as categorias de uso e ocupação com maiores registros significaram maior cobertura.

De modo geral o GM apresentou pouca cobertura de estudos, com a maioria das categorias registrando  $<1$  estudo por  $\text{km}^2$ , este cenário evoca a necessidade de impulsionamento dos estudos no Golfão Maranhense.

Como conclusão, o presente estudo traz um alerta para que as pesquisas cujas propostas metodológicas resultarem na captura de espécies, que esses registros possam ser depositados em base de dados, tais como o Sisbio, SiBBr, entre outros, de modo a facilitar abordagens holísticas e integrativas sobre a relação dos diversos grupos faunísticos com as intervenções antrópicas. Adicionalmente entende-se ser fundamental a expansão das pesquisas empíricas, por meios de editais de financiamento, sobre as profundas e complexas perturbações humanas aos ecossistemas e, ao mesmo tempo, que essas descobertas sejam apresentadas de forma clara e pragmática para que possam ser melhor incorporadas às possíveis ações de restauração ecológica e biologia da conservação do GM.

## REFERENCIAS

ALHO, C. J. R.; MAMEDE, S. B.; BENITES, M.; ANDRADE, B. S.; SEPÚLVEDA, J. J. O. Threats to the biodiversity of the Brazilian pantanal due to land use and occupation. **Ambiente & Sociedade** [online]. 2019, v. 22 [Accessed 16 October 2022] , e01891. Available from: <<https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc201701891vu2019L3AO>>. Epub 25 Nov 2019. ISSN 1809-4422. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc201701891vu2019L3AO>.

AZEVEDO, J. W. DE J.; DE CASTRO, A. C. L. AND DOS SANTOS, M. C. F. V. Siltation rate and main anthropic impacts on sedimentation of the São Luís tidal inlet - State of Maranhão, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography** [online]. v. 64, n. 1 pp. 9-18. 2016 Available from: <<https://doi.org/10.1590/S1679-87592016092106401>>. ISSN 1982-436X. <https://doi.org/10.1590/S1679-87592016092106401>.

BARRETO, Angela Maria. Informação e conhecimento na era digital. **Transinformação**, v. 17, p. 111-122, 2005 ISSN 0103-3786. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tinf/a/LppjXSGVkrQxmNxqpQNrSXXK/abstract/?lang=pt>

BAEZA, S. et al. Two decades of land cover mapping in the Río de la Plata grassland region: The MapBiomass Pampa initiative. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, p. 100834, 2022 ISSN 2226-4353. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100834>

BIGARELLA, J. J. Contribuição ao estudo da planície litorânea do estado do Paraná. **Brazilian Archives of Biology and Technology, Jubilee Volume 1946- 2001**, p. 65-110. 2001. (Artigo original: Boletim Geográfico, 1947, n. 55, p. 747-779) ISSN 1516-8913. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132001000500005>

BRUNO, Maria Cristina Oliveira. A importância dos processos museológicos para a preservação do patrimônio. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**. Suplemento, p. 333-337, 1999 ISSN 0103-9709. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2594-5939.revmaesupl.1999.113477>

COSTA, Bruno Cesar Pereira da. **Sensoriamento remoto em suporte ao mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) em manguezais do litoral setentrional do Rio Grande do Norte, Brasil**. 2016 Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

CARVALHO, Dorinny Lisboa de et al. **Distribuição espacial e temporal de aves limícolas**

**(Charadriiformes) na Ilha dos Caranguejos, Golfão Maranhense, Brasil.** 2008 Tese de doutorado. Universidade Federal do Maranhão.

CASTRO, A. C. L.; ESCHIRQUE, S. A. SILVEIRA, P. C. A.; AZEVEDO, J. W. J.; FERREIRA, H. R. S.; SOARES, L. S.; MONTELES, J. S.; ARAUJO, M. C.; NUNES, J.; SILVA, M. H. L. Physicochemical properties and distribution of nutrients on the inner continental shelf adjacent to the Gulf of Maranhão (Brazil) in the Equatorial Atlantic. *Applied Ecology and Environmental Research*. vol 16 (4). pp. 4829-4847. 2018. DOI: [10.15666/aeer/1604\\_48294847](https://doi.org/10.15666/aeer/1604_48294847)

CORRÊA, Bruno Araújo. **Mudanças no uso e ocupação do solo e suas implicações para a cadeia produtiva do Babaçu (*Attalea speciosa*) na região dos Cocais, Estado do Maranhão, Brasil.** 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

CHAVES, Lianne Pollianne Fernandes Araújo et al. Biogeographical diversity of north mesoregion of the Maranhão state (Brazil). *Journal of Geospatial Modelling*, p. 19-31, 2016 ISSN 2526-1746. Disponível em: <https://doi.org/10.22615/jgm-1.1-5811>

CREPANI, Edison; MEDEIROS, JS de. Carcinicultura em apicum no litoral do Piauí: uma análise com sensoriamento remoto e geoprocessamento. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, v. 11, p. 1541-1548, 2003.

CROSS, A. T.; KRUEGER, T. A.; GONELLA, P. M.; ROBINSON, A. S.; FLEISCHMANN, A. S. Conservation of carnivorous plants in the age of extinction. *Global Ecology and Conservation*. v 24. 2020. e01272. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01272>

CUYCKENS, G. A. E.; MOCHI, L. S.; VALLEJOS, M.; PEROVIC, P. G.; BIGANZOLI, F. Patterns and composition of road-killed wildlife in northwest Argentina. *Environmental Management*. v 58 (5). pp. 810-820. 2016. DOI: [10.1007/s00267-016-0755-6](https://doi.org/10.1007/s00267-016-0755-6).

DAMASCENO, João Paulo Tavares. **Conservação de aves limícolas no Brasil: padrões de distribuição e riqueza no presente e no futuro.** 2021. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

DAMAME, Desiree Baldin; LONGO, Regina Marcia; DE OLIVEIRA, Everton Dias. Impactos ambientais pelo uso e ocupação do solo em sub bacias hidrográficas de Campinas,

São Paulo, Brasil. **Acta Brasiliensis**, v. 3, n. 1, p. 1-7, 2019 ISSN 2526-4338. Disponível em: <https://doi.org/10.22571/2526-4338108>

DA SILVA RIBEIRO, Lucas; DE CRISTO, Sandro Sidnei Vargas. A análise da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do ribeirão água suja, municípios de chapada da natividade e natividade–Tocantins (Brasil). **Revista Interface (Porto Nacional)**, v. 21, n. 21, p. 52-64, 2021 ISSN 1516-0033. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/interface/article/view/11835>

ZANZINI, Antônio Carlos da Silva; DO PRADO FILHO, José Francisco. Impacto da atividade agropecuária sobre a fauna silvestre. **O ambiente é responsabilidade de toda a sociedade**, v. 21, n. 202, p. 78-87, 2000. Disponível em: [http://www.cecs.unimontes.br/biblioteca\\_virtual/detalhardoc.php?id=2903&pg=13&&tipo=artigos&menu=datap](http://www.cecs.unimontes.br/biblioteca_virtual/detalhardoc.php?id=2903&pg=13&&tipo=artigos&menu=datap).

DAWSON, S.J.; ADAMS, P. J.; MOSEBY, K. E.; WADDINGTON, K. I.; KOBRYN, H. T.; BATEMAN, P. W.; FLEMING, P. A. Peak hour in the bush: linear anthropogenic clearings funnel predator and prey species. **Austral Ecology**. v 43 (2). pp. 159-171. 2018. DOI: [10.1111/aec.12553](https://doi.org/10.1111/aec.12553).

DELGADO, J. D.; MORELLI, F.; ARROYO, N. L.; DURAN, J.; RODRIGUEZ, A.; ROSAL, A.; del VALLE PALENZUELA, M.; RODRIGUEZ, J. D. Is vertebrate mortality correlated to potential permeability by underpasses along low-traffic roads? **Journal of Environmental Management**. v 221, Pages 53 – 62. 2018 ISSN 0301-4797. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.043>

DE PROENÇA ROSA, Carlos Augusto. História da ciência. Fundação Alexandre de Gusmão, 2010, ISBN 978-85-7631-396-0.

DE OLIVEIRA, Liliana Maria Mota. Identificação de mangue, salgado e apicum através da interpretação visual de imagens LANDSAT: evolução multitemporal da planície fluviomarina do rio Coreaú/CE. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 35, n. 2, 2018 ISSN 2238-6211. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/>

DIXON, J. D.; OLI, M. K.; WOOTEN, M. C.; EASON, T. H.; MCCOWN, J. W.; CUNNINGHAM, M. W. Genetic consequences of habitat fragmentation and loss: the case of the Florida black bear (*Ursus americanus floridanus*). **Conservation Genetics**. Volume 8, Issue 2, Pages 455 – 464. 2007. DOI: [10.1007/s10592-006-9184-z](https://doi.org/10.1007/s10592-006-9184-z).

EWERS, R. M.; DIDHAM, R. K. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**. v 81(1). pp. 117 – 142. 2006. DOI: [10.1017/S1464793105006949](https://doi.org/10.1017/S1464793105006949).

FRANÇA, Bruna Thomazinho et al. Dinâmica do uso do solo e alterações na vazão na bacia do Rio São Francisco no início do Séc. XXI. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 18, n. 2021, 2021 ISSN 2359-1919. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/OJS/index.php/REGA/article/view/537>

GALVES, Wanner; JEREP, FERNANDO CAMARGO; SHIBATTA, OSCAR AKIO. Estudo da condição ambiental pelo levantamento da fauna de três riachos na região do Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), Londrina, PR, Brasil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 2, n. 1, p. 55-65, 2007. Disponível em: < [https://panamjas.org/pdf\\_artigos/PANAMJAS\\_2\(1\)\\_55-65.pdf](https://panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_2(1)_55-65.pdf).>

GUIMARÃES, Erick C. et al. Inventário da ictiofauna da drenagem do rio Pindaré, bacia do rio Mearim, nordeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 20, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-1023>

HADLICH, Gisele Mara; UCHA, José Martin. Apicuns: aspectos gerais, evolução recente e mudanças climáticas globais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 2, 2009 ISSN 2236-5664. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v10i2.126>

HASTINGS, H.; BARR, J.; BATEMAN, P.W. Spatial and temporal patterns of reptile road-kill in the north-west Australian tropics. **Pacific Conservation Biology**. v 25, Issue 4, Pages 370 – 376. 2019. DOI: [10.1071/PC18082](https://doi.org/10.1071/PC18082)

HIRSCH, A. Habitat fragmentation and priority areas for primate conservation in the Rio Doce Basin, Minas Gerais. **Neotropical Primates**, Belo Horizonte, v. 11, n. 3, p. 195-196, 2003 ISSN 1413-4705. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/280311601>

KELLER, I.; LARGIADER, C. R. Recent habitat fragmentation caused by major roads leads to reduction of gene flow and loss of genetic variability in ground beetles. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B Biol. Sci.* v 270 (1513). págs . 417-423. 2003. DOI: [10.1098/rspb.2002.2247](https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2247).

LEITE, Emerson Figueiredo et al. Uso e ocupação da terra, aspectos físicos e econômicos do município de Aquidauana-MS. **Revista Pantaneira**, v. 19, p. 1-19, 2021 ISSN 1677-0609. Disponível em: <https://desafioonline.ufms.br/index.php/revpan/article/view/13705>

LIMA, Jéssica Fernanda de. **Índices espectrais, temperatura e o albedo de superfície no bioma da caatinga utilizando imagens orbitais**. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

MACHADO, Yasmim Piffer et al. **Apreensão de animais silvestres em Unidades de Conservação: estudo de caso no Parque Estadual da Serra da Tiririca, RJ**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Fluminense.

MARCIAL, Carolina Sousa. **Fragmentação da paisagem nas últimas décadas na região do Matopiba**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Brasília.

MARQUES, Fernanda; ROCHA, Marcelo Borges. Revisão bibliográfica sobre o modal de transporte rodoviário no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 3, p. 01-17, 2019.

MAY, Robert M. Why worry about how many species and their loss?. *PLoS Biology*, v. 9, n. 8, p. e1001130, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001130>

MEDEIROS, A.; FERNANDES, C.; GONÇALVES, J. F.; FARINHA-MARQUES, P. A diagnostic framework for assessing land-use change impacts on landscape pattern and character – A case-study from the Douro region, Portugal, *Landscape and Urban Planning*. v 228. 2022. 104580, ISSN 0169-2046. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104580>

MOREIRA, Danielle de Oliveira; COUTINHO, Bruno Rocha; MENDES, Sérgio Lucena. O status do conhecimento sobre a fauna de mamíferos do Espírito Santo baseado em registros de museus e literatura científica. **Biota Neotropica**, v. 8, p. 163-173, 2008.

NAVARRO, A.B.; MAGIOLI, M.; MOREIRA, M. Z.; SILVEIRA, L. F. Perspectives and challenges on isotopic ecology of terrestrial birds in Brazil. **Zoologia** (Curitiba) [online]. v. 39. 2022. [Accessed 17 October 2022], e21023. Available from: <<https://doi.org/10.1590/S1984-4689.v39.e21023>>. Epub 16 May 2022. ISSN 1984-4689. <https://doi.org/10.1590/S1984-4689.v39.e21023>

NEVES, Alana Kasahara et al. Assessment of TerraClass and MapBiomas data on legend and map agreement for the Brazilian Amazon biome. **Acta Amazonica**, v. 50, p. 170-182, 2020.

Python Software Foundation. **Python Language Site: Documentation**, 2022. Disponível em:

<<https://www.python.org/doc/>>. Acesso em: 06 de out. de 2022.

RAITER, K.G.; POSSINGHAM, H. P.; PROBER, S. M.; HOBBS, R. J. Under the radar: mitigating enigmatic ecological impacts. **Trends in Ecology and Evolution**. Open Access. v 29, Issue 11. Pages 635 – 644. 2014. DOI: [10.1016/j.tree.2014.09.003](https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.09.003).

REIS, FABIO. (2014). Emprego de Técnicas de Sensoriamento Remoto na Compartimentação Fisiográfica da Região Abrangida Pelas Folhas Topográficas São José Dos Campos e Jacareí (SP). **Revista Brasileira de Cartografia**. 66. 1281-1294.

RÊGO, J. C. L.; SOARES-GOMES, A.; DA SILVA, F. S. Loss of vegetation cover in a tropical island of the Amazon coastal zone (Maranhão Island, Brazil). **Land Use Policy**. volume 71. pages 593 - 601. 2018. ISSN 0264-8377. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.055>.

RODRIGUES, G. G. D. S.; TOLEDO, P. VON Z. DE.; ARRIAGADA, C. A. H. Estratégias de adaptação frente a ressacas marítimas provenientes de mudanças climáticas: O caso de Ponta da Praia, cidade de Santos - SP. **Periódico Técnico E Científico Cidades Verdes**, 9(24). 2021. <https://doi.org/10.17271/2317860492420212945>

RODRIGUES, Stênio Lima; GOMES, Jaíra Maria Alcobaça; CERQUEIRA, Emiliana Barros. Dinâmica do uso e cobertura da terra nos municípios produtores da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) no Maranhão. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 60, 2022.

ROSA, Roberto; BRITO, Jorge Luis Silva. Introdução ao geoprocessamento. UFU: Apostila. Uberlândia, 2013.

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>.

SCHMIDT, A.J.; BEMVENUTI, C.E; DIELE, K. Sobre a definição da zona de apicum e sua importância ecológica para populações de caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763). Bol. Téc. Cient. CEPENE, Tamandaré - PE - v. 19, n. 1, p. 9-25, 2013.

SILVA, A. L. DA; 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]. 2020, v. 30, n. 4 [Acessado 16 Outubro 2022], pp. 1176-1191. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509842640>

SILVEIRA, Luís Fábio et al. Para que servem os inventários de fauna?. **Estudos avançados**, v. 24, p. 173-207, 2010.

SPINOZZI, F.; BATTISTI, C.; BOLOGNA, M. A. Habitat fragmentation sensitivity in mammals: a target selection for landscape planning comparing two different approaches (bibliographic review and expert based). **Rendiconti Lincei**. V 23, Issue 4, Pages 365 – 373. December 2012. DOI: [10.1007/s12210-012-0184-2](https://doi.org/10.1007/s12210-012-0184-2)

TEIXEIRA, S.G.; SOUZA FILHO, P. W. M. Mapeamento de ambientes costeiros tropicais (Golfão Maranhense, Brasil) utilizando imagens de sensores remotos orbitais. **Revista Brasileira de Geofísica**. 27. Issue SUPPL. 1, Pages 69 – 82. 2009. DOI: [10.1590/s0102-261x2009000500006](https://doi.org/10.1590/s0102-261x2009000500006)

UCHA, J. M.; HADLICH, G. M.; CELINO, J. J. Apicum: transição entre solos de encostas e de manguezais. **Revista ETC, Salvador**, p.58-63, 2008.

VIANA, Willian Carboni. Territórios rurais sub-integrados na economia agrária globalizada: o povoado Curral da Igreja, Arari, Maranhão-Brasil. **Revista Científica Estudios e Investigaciones**, v. 7, n. 1, p. 69-91, 2018.

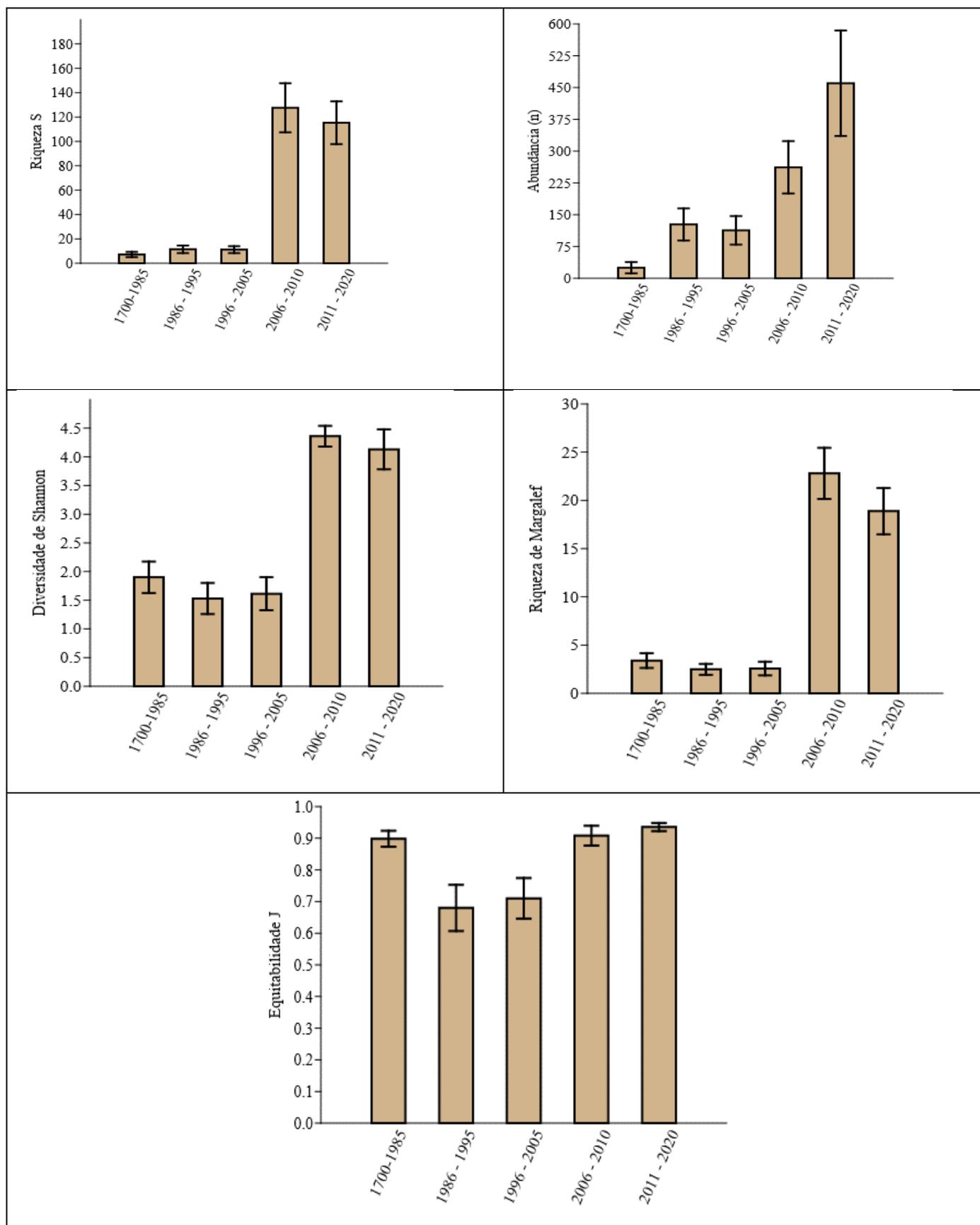
VIEIRA, O. Q.; OLIVEIRA, T. G. Non-volant mammalian species richness in the ecotonal Brazilian midnorth: checklist for Maranhão State. **Biota Neotropica** [online]. v. 20, n. 2. 2020. e20190912. Available from: <<https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0912>>. Epub 15 June 2020. ISSN 1676-0611. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0912>.

VILAÇA, Márcio Luiz Corrêa; ARAÚJO, Elaine Vasquez Ferreira de. Tecnologia, sociedade e educação na era digital. Duque de Caxias: UNIGRANRIO, 2016.

VITALI, Mariana; UHLIG, Vivian Mara. Unidades de Conservação de Santa Catarina. **Sustainability in Debate**, v. 1, n. 1, p. 43-62, 2010.

MCKINNEY, W. et al. Pandas: a foundational Python library for data analysis and statistics. **Python for high performance and scientific computing**, v. 14, n. 9, p. 1-9, 2011.

## **APÊNDICE 1 - GRÁFICOS DOS ÍNDICES ECOLÓGICOS (1700-2020)**



**APÊNDICE 2 – RELAÇÃO DE AUTORES E INSTITUTOS CADASTRADOS NOS  
BANCOS DE DADOS UTILIZADOS**

<b>Autor</b>
PASSOS, P.
CORREA, M.M.G
COSTA, E.R.
CARVALHO, A.L.G.
FERREIRA CORREIA, M.M
FERNANDES, R.
MIELKE, CARLOS G. C.
CARAMASCHI, U.
PEDRO, SILVIA
SILVA, R.A.
MARTINS, AMILCAR VIANNA
CRUZ, C.A.G.
HADDAD, CELIO F. B.
PINNA, P.
SALLUM, MARIA AM.
SILVA, E.
YOUNG, F. N.
NUNES, I.
BAÍTA, D.
DECAENS, THIBAUD
HAAS, F.
PIMENTA, B.V.S.
MEDEIROS, P.S.
MOTTA, M. A.
BERTACO, VINICIUS A.
CANEDO, C.;PIMENTA, B.V.S.
MAGALHÃES, C.
CARDOSO, M.W.
P.S.YOUNG
CASSINI, C.
MALAGOLI, L.R.
REICHARDT
PINTO, R.R.
DANIEL HERBIN
SILVEIRA, A.L.
POMBAL JR., J.P.
EDELBERTO SANTOS DIAS
STRUMPEL, R.
PINTO, R.R. E LIMA, A.
GINGERICH, OWEN J.
SARMENTO-SOARES, L.M.

PRADO, A.
MELO, G.A.S.
MORALES, M. N.
LIMEIRA-DE-OLIVEIRA, F.
SAKAKIBARA, A. M.
CARVALHO, G.
POMBAL, J.
MARINONI, L.
BRUM, I.N.S.
OLIVEIRA, CLAUDIO
MAIA, DIANA
COELHO, P.A.
NASCIMENTO PEREIRA, A.C.
GASPARINI, J.L.
ANDRADE, G. S.
MIELKE, C. E BRISOLLA, A.
BÉRNILS, R.S.
MEDINA, R.
FERREIRA, C.S.
S.FERREIRA E O. FONTOURA
LEITE, GABRIEL
ARAUJO DE OLIVEIRA, JAYRSON
CARDOSO, A. J.
FEITOSA, L.
FALCÃO, ALBERTO ROCHA
DA SILVA, JOÃO EVANGELISTA
DUARTE, M. E SILVA, R.O
SCHUNCK, F. E PONGILUPPI, T.
LIMEIRA-DE-OLIVEIRA, T. SILVA & LIMA, T.
FERREIRA, A. O.
DECAENS, T.
BARBOSA, T. A. P.
COSTA, CHRISTOPHE
ANDRADE, G. V.
LIMA, ANDRADE J. R. FERREIRA
FIGUEIREDO, N.
SOUSA, SANDRIEL; HERNANDEZ, LUIS; ROUSSEAU, GUILLAUME
BECKER, BARBARA
WILSON UIEDA; ATÁLIO STORTI FILHO; CAMARGO, C.D.E. E FERAZ, C.P.A
BOKERMANN, W. C. A.
ROSA, GUSTAVO
HERNANDEZ, LUIS; ROUSSEAU, GUILLAUME; SOUSA, SANDRIEL
J. F. PACHECHO, F. OLMOS E E. M. C. LIMA

BARBOSA, THIAGO
PIACENTINI, V. Q.; ALBANO, C. E MOREIRA-LIMA, L.
MORAES, S; PINHIRO L; E MARCONATO, G.
LIMA-DE-OLIVEIRA, F.
OLALLA, ALFONSO M.
FREITAS, TIAGO
FREITAS, T. M. S.
SILVEIRA, L. F. E SANTOS, M. P. D.
COSTA, JOÃO CARLOS LOPES
FERREIRA, JANAINA R. E LIMA, JUCIVALDO D.
PINTO, CHRISTIAN SILVA
RODRIGUES, ANTONIA ALICE COSTA
PACHECO, J. F.; OLMOS, F. E LIMA, E. M. C.
ANDRADE, GILDA V.
FERREIRA, JANAINA REIS E LIMA, JUCIVALDO DIAS
WARONTZOW, C.
SOUSA, ANNY; SOUSA, SANDRIEL; HERNANDEZ, LUIS
REGO, MARCO A. E SCHUNCK, FABIO
RUFFEIL, TIAGO
AKAMA, A.; AZEVEDO, B.
FERREIRA CORREIA; BRANDÃO
PIACENTINI, V. Q. E REGO, M. A.
EVANGELISTA DA SILVA, J.
SCHUNCK, F. E DE LUCA, A.
SILVEIRA, L. F. E MENDEZ, A. C.
A. J. CARDOSO, W. UEDA E STORTI FILHO, A.
DANTAS, SIDNEI
PACHECO, J. F. ; OLMOS, F. E MACHADO, E.
WALDIR, P.
MONTEIRO, ANA LETICIA
SILVEIRA, R. D.
AGUIAR-NETO, M. B.
OLIVEIRA, V.M.
DENTE, EMILIO
ANDREOTTI, R.
LAROCA, S.
G. MARCONATO, L. R. PINHEIRO E MORAES, S.
ATHANAS, NICK
SCHUNCK, F. E REGO, M. A.
CARDOSO, C.A.R. E CLEVERSON, R.M
SANTOS, B.
UCHOA, J. M.
ARAUJO, ELIZABETH
RODRIGUES, A. A. C.

SCHMIDT, F. A.; REZENDE F. E JESUS, R.
MACEDO, W.
ANDRADE, GILDA
CARDOSO, A. J. ; CAMARGO, C. E. , VIEDA, N. E STORTI FILHO, A.
GABARDO, J. C.
GARBE, E
RODRIGUES, T.
LIMA, JOSE
SEVERI, W. E MEDEIROS, T.
DIAS LIMA, JUCIVALDO E FERREIRA, JANAÍNA
AGUIAR-NETO, M. A.
PIACENTINI, V. Q. ; ALBANO, C.; MOREIRA-LIMA, L E RODRIGUES, T.
CANDIA-GALLARDO, C.
FERREIRA, JOSÉ ADÃO
KANAGAWA, A.I.
CHRISTOFFERSEN, M.L.
BRANDÃO, YAMAMOTO
PIACENTINI, V. Q.
PACHECO, J. F. ; OLMOS, F. E COSTA LIMA, E.
FORBES, WILLIAM C.
CHRISTOFFERSEN, MARTIN LINDSEY
FERREIRA, MOCHEL
SILVA E SILVA, ROBSON
SERAGLIA, D.
FELIPE, ANDERSON
CARDOSO, A. J. ; CAMARGO, C. E.; UIEDA, W. E STORTI-FILHO, A.
MORAES JR., D. F.
SARDINHA, DIOGO
GARCIA, M.
PINTO, OLIVEIRO
OLIVEIRA, C. O. E BENINE, R.
PACHECO, J.F ET AL.
VIEIRA, GILBERTO DA SILVA E DA SILVA, M. CONCEIÇÃO PEREIRA
FRANÇA, W.
SARAIVA, RITA
MACHADO, LEONARDO DE JESUS
RODRIGUES, T. ; PIACENTINI, V. Q. , MOREIRA-LIMA, L. E ALBANO, A.
FERREIRA, ANDERSON
BLASER, JOSÉ
SCHUNCK, F.
FERREIRA, JANAÍNA E LIMA, JUCIVALDO DIAS

MIRANDA, J. PINHEIRO
PINTO, O. M. O
VALENTE, R.; SILVA, J.M.C.; STRAUBE, F.C. E NASCIMENTO, J.L.X.
OLMOS, F. E BRITO, G.R.R
SANTOS, M.P.D. E VASCONCELOS, M.F.
MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M. E PAGLIA, A.P
NOVAES, F.C.
GRISCOM, L. E GREENWAY, J.C. JR.
ROMA, J.C.
SICK, H.
REISER, O.
DE LUCA, A.C.; DEVELEY, P.F.; BENCKE, G.A.E GOERCK, J.M.
LIMA, D.M. E RAICES, D.S.L.
HELLMAYR, C.E.
LANYON, W.E.
SANTOS, M.P.D.; CERQUEIRA, P.V. E SOARES, L.M.S.
OLMOS, F.
HELLMAYR, C.E
SILVA, J.M.C. E OREN, D.C.
OLMOS, F. E BRITO, G.R.R.
LIMA, D.M.; MARTÍNEZ, C. E RAÍCES, D.S.L.
FERRARI, S.F. E PORT-CARVALHO, M.
RODRIGUES, A.A.F.; OREN, D. E LOPES, A.T.
MORRISON, R.I.G., ANTAS, P.T.Z. E ROSS, R.K.
WHITNEY, B.M.; PACHECO, J.F.; BUZZETTI, D.R.C. E PARRINI, R.
TEIXEIRA, D.M.; NACINOVIC, J.B. E TAVARES, M.S.
MALLET-RODRIGUES, F.
LOPES, F.M.; CARVALHO, S.T. & SANTOS, M.P.D.
LIMA, D.M. & RAICES, D.S.L.
GYLDENSTOLPE, N
CARVALHO, D.L. & RODRIGUES, A.A.F.

<b>Instituto</b>
Museu Nacional do Rio de Janeiro
Universidade Federal do Maranhão
Museu de Zoologia de São Paulo
Universidade Estadual de Campinas
Fundação Oswaldo Cruz
Museu Paraense Emílio Goeldi
Universidade Federal do Paraná
Instituto Nacional da Mata Atlântica
Universidade Federal do Paraná
National Center for Biotechnology Information
Universidade de Kansas
Universidade de Harvard
Universidade de Ohio
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)
Museu de História Natural de Londres
Universidade do Vale do Itajaí
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Fundação de Apoio a Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina

<b>Estudo</b>
Catálogo das aves do Brasil e lista dos exemplares existentes na coleção do Departamento de Zoologia, 2ª parte. Ordem Passeriformes (continuação): Superfamília Tyrannoidea e Subordem Passeres. São Paulo: Departamento de Zoologia, Secretaria de Agricultura, Indústria e Comércio. 700p.,

<p>Ibama (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). 2003. Plano de Manejo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses. Anexos. Brasília. 34p.,</p>
<p>Ibama (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). 1999. Plano de Manejo da Reserva Biológica do Gurupi. 285p.,</p>
<p>ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). 2009. Caracterização de aspectos socioambientais e econômicos da unidade e propostas de estudos complementares. Reserva Extrativista Marinha de Cururupu/ MA. 143p.,</p>
<p>Schmidt et. Al. 2008. Aves ameaçadas de extinção no Brasil, p. 378-679.</p>
<p>Soares, E.S.; Amaral, F.S.R; Carvalho-Filho, E.P.M.; Granziolli, M.A.; Albuquerque, J.L.B.; Lisboa, J.S.; Azevedo, M.A.G.; Moraes, W.; Sanaiotti, T. &amp; Guimarães, I.G. 2008. Plano de ação nacional para a conservação de aves de rapina. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 136p.,</p>
<p>Schunck, F.; Somenzari, M.; Lugarini, C. &amp; Soares, E.S. 2011. Plano de Ação Nacional para a conservação dos papagaios da Mata Atlântica. Série salves Ameaçadas, 20: 1-130.,</p>
<p>Aguirre, A.C. &amp; Aldrichi, A.D. 1987. Catálogo das aves do museu da fauna. Segunda parte. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 83p.,</p>
<p>Hidasi, J. 1983. Aves de Goiás. Fundação Museu de Ornitologia de Goiânia. 37p.,</p>
<p>Catálogo das aves do museu da fauna. Primeira parte. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 83p.,</p>
<p>Soares, E.S.; Amaral, F.S.R; Carvalho-Filho, E.P.M.; Granziolli, M.A.; Albuquerque, J.L.B.; Lisboa, J.S.; Azevedo, M.A.G.; Moraes, W.; Sanaiotti, T. &amp; Guimaraes, I.G. 2008. Plano de ação nacional para a conservação de aves de rapina. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 136p</p>
<p>Silveira, L.F. &amp; Straube, F.C. 2008. Aves ameaçadas de extinção no Brasil, p.378-679.</p>
<p>Machado, A. B. M.; Drummond, G. M. &amp; Paglia, A.P. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Ministério do Meio Ambiente e Fundação Biodiversitas. v.2, 1420p.,</p>

Soares, E.S.; Amaral, F.S.R; Carvalho-Filho, E.P.M.; Granziolli, M.A.; Albuquerque, J.L.B.; Lisboa, J.S.; Azevedo, M.A.G.; Moraes, W.; Sanaiotti, T. & Guimaraes, I.G. 2008. Plano de ação nacional para a conservação de aves de rapina. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 136p.,

CEMAVE, ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). 2013. Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Passeriformes dos Campos Sulinos. 213p.,