



Universidade Federal do Maranhão

Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ANTROPOGÊNICOS SOBRE A  
ESTRUTURA DA PAISAGEM DO PARQUE NACIONAL DOS  
LENÇÓIS MARANHENSES**

YURI TEIXEIRA AMARAL

São Luis/MA

2018

YURI TEIXEIRA AMARAL

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ANTROPOGÊNICOS SOBRE A  
ESTRUTURA DA PAISAGEM DO PARQUE NACIONAL DOS  
LENÇÓIS MARANHENSES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Orientadora: Prof. Dra. Larissa Barreto

São Luis/MA

2018

Amaral, Yuri Teixeira

Avaliação dos Impactos Antropogênicos Sobre a  
Estrutura da Paisagem do Parque Nacional dos Lençóis  
Maranhenses / Yuri Teixeira Amaral – São Luis/MA, 2018.

58 p.

Orientadora: Prof. Dra. Larissa Barreto

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do  
Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e  
Conservação, 2018.

YURI TEIXEIRA AMARAL

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ANTROPOGÊNICOS SOBRE A  
ESTRUTURA DA PAISAGEM DO PARQUE NACIONAL DOS  
LENÇÓIS MARANHENSES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Aprovada em: 28 de Março de 2018.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dra. Larissa Barreto (Orientadora)  
Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. Milton César Ribeiro  
Universidade Estadual Paulista – *Campus* Rio Claro

---

Prof. Dr. Eduardo Bezerra de Almeida Júnior  
Universidade Federal do Maranhão



“Densas matas cortadas de rios,  
Borboletas, mil aves e flores.  
Palmeiras, campos, dunas e praias.  
És um mundo de sonhos e amores.”

Padre Jocy Neves Rodrigues  
*Trecho do Hino Municipal de Barreirinhas/MA*

Dedico

A meu filho, Igor Ramos Amaral

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Prof. Dra. Larissa Barreto por ter acreditado desde o início neste projeto e por ter dado todo o suporte ao seu desenvolvimento.

Aos meus pais, Prof. Dra. Simonne Teixeira e Dr. Osvaldo Luis Campos Amaral pelo exemplo de vida e incentivo à vida acadêmica.

Ao meu irmão, Pedro Jonas, por simplesmente existir.

À minha companheira, Selma Ramos Sousa, pela paciência e compreensão ao longo desta jornada.

Ao Chefe do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Adriano R. D. R. de Souza, pela confiança depositada e por todos os anos de amizade.

À Prof. Dra. Márcia Maria Correa Rego pelo auxílio no meu ingresso ao Programa.

À Ma. Edyane Moraes pela ajuda com o mapeamento e delineamento do projeto.

Ao Prof. Dr. Milton Ribeiro e o Laboratório de Ecologia Espacial da Universidade Estadual Paulista em Rio Claro, pelos valiosos ensinamentos sobre cálculo de métricas de paisagem.

Aos Prof. Dr. Marcio Váz, Prof. Dr. Eduardo Bezerra de Almeida Júnior e à Prof. Dra. Danielle Celentano pelas preciosas contribuições nas bancas de Seminário.

A todos os colegas e professores que tive o prazer de conviver nestes 2 anos de mestrado.

À Universidade Federal do Maranhão e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, por garantir educação pública, gratuita e de qualidade ao povo maranhense.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, pela oportunidade de desenvolver este projeto.

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                        |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....</b>                                                                                             | <b>iii</b>  |
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>                                                                                                           | <b>v</b>    |
| <b>LISTA DE TABELAS.....</b>                                                                                                           | <b>vi</b>   |
| <b>RESUMO.....</b>                                                                                                                     | <b>vii</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                                                                                                   | <b>viii</b> |
| <br>                                                                                                                                   |             |
| <b>1. CAPÍTULO 1.....</b>                                                                                                              | <b>1</b>    |
| <b>1.1. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>                                                                                                      | <b>1</b>    |
| <b>1.2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>                                                                                                 | <b>4</b>    |
| a) Ecologia de Paisagem.....                                                                                                           | 4           |
| b) Efeitos da redução de habitat sobre a biodiversidade.....                                                                           | 6           |
| c) Os Lençóis Maranhenses.....                                                                                                         | 10          |
| e) Uso e ocupação da Terra.....                                                                                                        | 13          |
| f) Situação fundiária e Estratégias de Conservação.....                                                                                | 15          |
| <b>1.3. HIPÓTESE.....</b>                                                                                                              | <b>18</b>   |
| <b>1.4. OBJETIVOS.....</b>                                                                                                             | <b>18</b>   |
| a) Geral.....                                                                                                                          | 18          |
| b) Específicos.....                                                                                                                    | 18          |
| <b>1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                                                                                            | <b>19</b>   |
| <br>                                                                                                                                   |             |
| <b>2.CAPÍTULO – ANÁLISE DA ESTRUTURA DA PAISAGEM DO PARQUE NACIONAL<br/>DOS LENÇÓIS MARANHENSES: IMPLICAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO.....</b> | <b>28</b>   |
| <b>2.1 RESUMO.....</b>                                                                                                                 | <b>28</b>   |
| <b>2.2 INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                             | <b>29</b>   |
| <b>2.3 METODOLOGIA .....</b>                                                                                                           | <b>31</b>   |
| a) Área de estudo.....                                                                                                                 | 31          |
| b) Modelo Conceitual.....                                                                                                              | 33          |
| c) Mapeamento.....                                                                                                                     | 33          |
| d) Análise da Estrutura da paisagem.....                                                                                               | 34          |

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| e) Taxa de Desmatamento Anual Médio..... | 36 |
| 2.4 RESULTADOS.....                      | 37 |
| a) Análise da Estrutura da Paisagem..... | 37 |
| b) Taxa de Desmatamento.....             | 39 |
| c) Estratégias de Conservação.....       | 40 |
| 2.5. DISCUSSÃO.....                      | 42 |
| a) Análise da estrutura da paisagem..... | 42 |
| b) Taxa de desmatamento.....             | 46 |
| c) Estratégias de conservação.....       | 46 |
| 2.6. CONCLUSÃO.....                      | 48 |
| 2.7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....     | 48 |

**APÊNDICE A** – Quadro descritivo das Classes de Cobertura Ampla

**APÊNDICE B** – Tabelas

**ANEXO I** – Autorização para atividade com finalidade científica - SISBIO

**ANEXO II** – Normas de publicação do periódico *Journal for Nature Conservation* - JNC

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANOVA – Análise de Variância

CA-ANTRO – Área de Cobertura Antrópica

CA-DENSE – Área de Cobertura de Restinga Densa

CA-DUNES – Área de Cobertura do Campo de Dunas

CA-GRASS – Área de Cobertura de Campos de Restinga

CA-MANG – Área de Cobertura de Manguezais

CA-SANDY – Área de Cobertura de Solo Arenoso

CA-SCATTER – Área de Cobertura de Moitas de Restinga Espalhadas

CA-SECOND – Área de Cobertura de Vegetação Secundária

CA-WATER – Área de Cobertura de Corpos D'água

CEMAR - Companhia Energética do Maranhão

CS-CONS – Estratégia de Conservação: Conservação

CS-CONS-MANAG – Estratégia de Conservação: Conservação e Manejo

CS-RES – Estratégia de Conservação: Restauração

CS-MANAG – Estratégia de Conservação: Manejo

CS-MANAG-RES – Estratégia de Conservação: Manejo e Restauração

ha - hectares

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

INPE – Instituto de Pesquisas da Amazônia

IUCN – União Internacional para Conservação da Natureza, do inglês “*International Union for Conservation of Nature*”

NV-COV – Porcentagem de Cobertura de Vegetação Nativa

PDBFF – Projeto Dinâmicas Biológicas em Fragmentos Florestais

PNLM – Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses

SAF – Sistema Agroflorestal

SHDI – Índice de Diversidade de Shannon

SIG – Sistema de Informações Georreferenciadas

SLOS - Poucas Grandes ou Várias Pequenas, do inglês: “*Single Large or Several Small*”,

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

TC – Termo de Compromisso

UA – Unidade de Análise

UC - Unidade de Conservação

UCPI – Unidade de Conservação de Proteção Integral

UCUS – Unidade de Conservação de Uso Sustentável

UEMA – Universidade Estadual do Maranhão

UFMA – Universidade Federal do Maranhão

ZA – Zona de Amortecimento

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – Localização da área de estudo e classes amplas de cobertura da terra.....p. 32
- FIGURA 2 – Resultado das métricas nas UA.....p. 39
- FIGURA 3 – Mapa com a localização e resultado da taxa de desmatamento anual médio nas unidades amostrais hexagonais de 100 ha.....p. 40



## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                    |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| TABELA 1 – Resultados das áreas de cobertura (CA) no mapa de classes amplas e restritas.....       | p. 38      |
| TABELA 2 – Resumo das ações a serem desenvolvidas nas UA conforme resultado do NV-COV.....         | p. 41      |
| TABELA B.1 - Resultado das correlações de Pearson entre as métricas.....                           | APÊNDICE B |
| TABELA B.2 - Distribuição da frequência do NV-COV nas UA.....                                      | APÊNDICE B |
| TABELA B.3 - Resultados da taxa de desmatamento anual médio das unidades amostrais hexagonais..... | APÊNDICE B |

## RESUMO

A perda de habitat por meio da conversão do uso da terra é considerada uma das principais causas da redução da biodiversidade terrestre no planeta Terra. O Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (PNLM) foi criado em 1981 no litoral oriental do Maranhão, Brasil, para proteger o maior campo de dunas das Américas e os ecossistemas de manguezais e restinga associados. Embora Parque Nacionais Brasileiros não permitam a ocupação humana, o PNLM foi criado em uma área ocupada por populações tradicionais e até hoje nenhuma ação de regularização fundiária ou estabelecimento de Termos de Compromisso (TC) com as famílias foram implementadas para reduzir as ameaças à conservação da biodiversidade. Estas famílias praticam agricultura de subsistência no PNLM e entorno, afetando ecossistemas por meio da conversão do uso da terra. Diante disto, este trabalho tem como objetivo fazer uma análise da conversão de uso e ocupação da terra no PNLM e entorno para fins de conservação e planejamento territorial; calcular a taxa de desmatamento médio anual nos últimos 15 anos e verificar se há diferença estatística entre esta taxa dentro e fora do PNLM, e; propor estratégias de conservação adequadas. Foi realizado um mapeamento em escala fina de imagens de satélite de alta resolução por meio de classificação supervisionada da cobertura da terra do PNLM e 3 km de seu entorno imediato. A área mapeada foi dividida em Unidades de Análise (UA) hexagonais de 1000 ha cada. As seguintes métricas ao nível de classe foram calculadas: as áreas de cobertura das distintas classes de cobertura da terra - campo de dunas (CA-DUNES), corpo d'água (CA-WATER), restinga densa (CA-DENSE), campos de restinga (CA-GRASS), restinga esparsa (CA-SCATTER), solo arenoso (CA-SANDY), manguezais (CA-MANG), atividade antrópica (CA-ANTRO), vegetação secundária (CA-SECOND) - e porcentagem de vegetação nativa na UA (NV-COV). Ao nível de paisagem foi calculado o Índice de Diversidade de Shannon (SHDI). Correlações de Pearson foram realizadas entre as métricas para verificar aquelas mais correlacionadas com atividades antrópicas. A taxa de desmatamento médio anual dos últimos 15 anos foi calculada em 30 unidades de amostragem de 100 ha cada situadas fora e dentro do PNLM. Uma ANOVA foi realizada entre a taxa de desmatamento dentro e fora do PNLM para verificar se há diferença estatística entre elas. As análises realizadas mostraram que os efeitos antrópicos estão presentes por toda a extensão da área protegida, mas afetam em maior grau as formações de restinga esclerófitas (CA-DENSE), em detrimento de formações de restinga em moias espalhadas (CA-SCATTER), campos de restinga (CA-GRASS) e manguezais (CA-MANG). Os cultivos foram os principais responsáveis pela perda de habitat, seguidos das trilhas e povoados. A conversão do uso da terra teve como resultado o aumento da heterogeneidade ambiental (SHDI) com perdas de fragmentos de habitats prístinos e aumento da vegetação secundária, indicando empobrecimento da vegetação. A taxa de desmatamento médio anual calculada foi de 0,5% ao ano e não foi encontrada diferença significativa desta taxa em áreas localizadas fora e dentro do PNLM, indicando que o status de conservação não impede a destruição de habitats. Estratégias de conservação foram definidas com base na cobertura vegetal das UA: Conservação sem manejo; Conservação com Manejo; Manejo; Manejo e Restauração, e; Restauração.

Palavras-chave: Estrutura da paisagem, Planejamento Territorial, Uso da Terra, Métricas de Paisagem, Parque Nacional, Lençóis Maranhenses.

## ABSTRACT

Loss of habitat through the conversion of land use is considered a major cause of the reduction of terrestrial biodiversity on planet Earth. The Lençóis Maranhenses National Park (PNLM) was created in 1981 on the eastern coast of Maranhão State, Brazil, to protect the largest dune field in the Americas and associated mangrove and sandbank vegetation ecosystems. Although Brazilian National Parks do not allow human occupation, the PNLM was created in an area occupied by traditional populations and to this day no land regularization action or establishment of Commitment Terms (TC) with families have been implemented to reduce threats to the conservation of the biodiversity. These families practice subsistence agriculture in the PNLM and surroundings, affecting ecosystems through the conversion of land use. This work aims to make an analysis of the conversion of land use and occupation in PNLM and surroundings for conservation and territorial planning purposes; to calculate the average annual deforestation rate in the last 15 years and to verify if there is a statistical difference between this rate inside and outside the PNLM; propose appropriate conservation strategies. A fine-scale mapping of high resolution satellite images was performed by supervised classification of the PNLM land cover and 3 km of its immediate surroundings. The mapped area was divided into hexagonal Analysis Units (AU) of 1000 ha each. The following class-level metrics were calculated: the core areas of the different land cover classes - dune fields (CA-DUNES), water bodies (CA-WATER), dense restinga (CA-DENSE), grassland (CA-SANDY), mangroves (CA-MANG), anthropogenic activity (CA-ANTRO), secondary vegetation (CA-SECOND) - and percentage of vegetation in the UA (NV-VOC). At the landscape level, the Shannon Diversity Index (SHDI) was calculated. Pearson correlations were performed among the metrics to verify those more correlated with anthropic activities. The average annual deforestation rate for the last 15 years was calculated at 30 sampling units of 100 ha each located outside and within the PNLM. An ANOVA was performed between the deforestation rate inside and outside the PNLM to verify if there is statistical difference between them. The analyzes carried out showed that the anthropic effects are present throughout the protected area, but they affect to a greater degree the formations of sclerophyte restinga (CA-DENSE), to the detriment of restinga formations in scattered moats (CA-SCATTER), restinga (CA-GRASS) and mangroves (CA-MANG). Cultures were mainly responsible for the loss of habitat, followed by trails and settlements. Conversion of land use resulted in increased environmental heterogeneity (SHDI) with loss of fragments of pristine habitats and increase in secondary vegetation, indicating impoverishment of vegetation. The mean annual deforestation rate calculated was 0.5% per year and no significant difference was found in areas located outside and within the PNLM, indicating that conservation status does not prevent the destruction of habitats. Conservation strategies were defined based on the UA vegetation cover: Conservation; Conservation with Management; Management; Management and Restoration, and; Restoration.

Key words: Landscape Structure, Territorial Planning, Land Use, Landscape Metrics, National Park, Lençóis Maranhenses.

## 1. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ANTROPOGÊNICOS SOBRE A ESTRUTURA DA PAISAGEM DO PARQUE NACIONAL DOS LENÇÓIS MARANHENSES

### 1.1. INTRODUÇÃO GERAL

Atividades antrópicas têm alterado os padrões naturais de distribuição das espécies ao longo do planeta (PRIMACK; RODRIGUES, 2001, p. 82). O desmatamento ou substituição da cobertura vegetal original é tido como um dos maiores problemas para a conservação da biodiversidade terrestre, pois reduz e modifica os habitats disponíveis aos organismos, transformando a paisagem original em manchas de vegetação isoladas por uma matriz modificada (BARBALHO; DUTRA E SILVA; GIUSTINA, 2015; KRISHNA et al., 2014; RIBEIRO, et al., 2009). O estabelecimento de Unidades de Conservação (UC) é uma das estratégias que têm sido adotadas por conservacionistas para tentar reverter a perda de biodiversidade associada à conversão do uso da terra, pois permite a conservação de grandes áreas de interesse para conservação e a manutenção dos processos ecológicos naturais necessários para a sobrevivência dos organismos (DIAMOND, 1975; FAHRIG; MERRIAM, 1985). Entretanto, a simples criação legal de uma UC não é suficiente para garantir a conservação da biodiversidade, são necessárias também ações de manejo adequadas e restrições a atividades antrópicas sejam estabelecidas na área.

O Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (PNLM) foi criado pelo Decreto nº 86.060, de 02 de junho de 1981 (BRASIL, 1981) com objetivo de proteger a biodiversidade e os processos geológicos do maior campo de dunas das Américas e promover o ecoturismo de forma sustentável. Embora pertença à categoria de Proteção Integral conforme preconiza a Lei nº 9985 de 18 de julho de 2000 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), o parque é ocupado por 1160 famílias, totalizando 5572 pessoas em 2010, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016). Estas famílias são descendentes de populações que colonizaram a área no século XVII, e exercem até hoje atividades tradicionais como instalação de roças de subsistência, criação de animais soltos, caça e pesca na área protegida (IBAMA, 2002).

Estas atividades tradicionais já foram citadas como prejudiciais à conservação da biodiversidade do PNLM, principalmente pela prática agrícola baseada no corte e queima da vegetação para o preparo da terra, que promove o empobrecimento da vegetação, mas também pela prática de caça e pesca desordenada (IBAMA, 2002). A prática de queima da vegetação de restinga pode afetar também a distribuição da abelha *Melipona subnitida*, espécie que tem tido sua área de distribuição reduzida na caatinga mas foi redescoberta no PNLM (REGO; ALBUQUERQUE, 2006). A abertura de trilhas para acesso tanto de moradores quanto de turistas é uma ameaça à conservação da herpetofauna, principalmente durante o período chuvoso, quando as trilhas se tornam lamacentas e motoristas precisam abrir novos caminhos para trafegar (MIRANDA; LOPES COSTA; ROCHA, 2012).

Por outro lado, alguns autores têm ressaltado que as comunidades tradicionais fazem uso sustentável dos recursos naturais do Parque e que o paradigma conservacionista tem servido apenas para beneficiar projetos empresariais ligados à indústria do turismo em detrimento do reconhecimento da tradicionalidade e história de vida dessas populações (ABAKERLI, 2001; SILVA; SILVA FILHO, 2008). Muito embora as críticas sejam importantes, elas não foram fundamentadas por estudos que verifiquem (ou não) os impactos das atividades antrópicas sobre o Parque Nacional do ponto de vista da Ecologia da Paisagem e de análises que subsidiem uma gestão mais adequada.

A região dos Lençóis Maranhenses passou por um rápido processo de crescimento e instalação de infraestrutura básica no início do século XXI, acelerando o desenvolvimento econômico dos três municípios maranhenses que abrangem os limites do Parque: Barreirinhas, Santo Amaro e Primeira Cruz. Em 2002 foi concluída a construção da rodovia BR-420 que liga a cidade de Barreirinhas à capital do estado, São Luís, em via asfáltica, facilitando o acesso de turistas e serviços básicos. Em 2008 a Companhia Energética do Maranhão (CEMAR) iniciou a expansão de linhas de baixa tensão para eletrificação rural de povoados, tendo instalado energia elétrica em parte dos povoados situados dentro do Parque sem anuência do órgão gestor do Parque, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (IBGE, 2016). Em 2017 o Governo do Estado do Maranhão concluiu o asfaltamento da rodovia de acesso a Santo Amaro do Maranhão.

A despeito da importância deste Parque Nacional, nenhum estudo científico foi desenvolvido desde a elaboração do Plano de Manejo em 2002 (IBAMA, 2002) com objetivo de avaliar seu atual estado de conservação e os efeitos dos distúrbios antrópicos crônicos do manejo tradicional sobre a biodiversidade. De fato, apenas 18 artigos desenvolvidos na região são encontrados na literatura científica, mediante consulta do termo “Lençóis+Maranhenses” na “Web of Science”: sete sobre geologia e dinâmica de dunas (ALMEIDA-FILHO et al., 2009; GUEDES et al., 2013; HERRMANN et al., 2005; HILBERT; GUEDES; GIANNINI, 2016; LEVIN et al., 2007; LUNA; PARTELI; HERRMANN, 2012; PARTELI et al., 2006), seis de entomofauna (REGO; ALBUQUERQUE, 2006; MACARIO REBELO et al., 2010; VAN DAMME; DUMONT, 2010; PEREIRA FILHO et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2016; GOSTINSKI et al., 2016), um sobre crustáceos (ELMOOR-LOUREIRO et al., 2009), um levantamento de herpetofauna (MIRANDA; LOPES COSTA; ROCHA, 2012), um levantamento de aves aquáticas (SOARES; RODRIGUES, 2009), um sobre cadeia produtiva do turismo (KELLER, 2011), e um de estudos socio-ambientais (ABAKERLI, 2001). Embora estes artigos sejam importantes para o conhecimento da biodiversidade, processos ambientais e sociais e apresentem sugestões para conservação, nenhum teve como objetivo avaliar o estado de conservação do PNLM ou auxiliar a tomada de decisões por parte dos gestores da UC.

A conversão do uso da terra para produção agrícola tradicional no interior do Parque Nacional, bem como abertura de trilhas na vegetação, afeta ecossistemas e espécies importantes do ponto de vista da conservação. O manejo e gestão de unidades de conservação deve sempre levar em consideração informações científicas atualizadas para que os seus objetivos de criação sejam atingidos e ofereça serviços ambientais relevantes para a sociedade. Desta forma, a avaliação dos impactos antropogênicos associados ao manejo tradicional e visitação, existentes na unidade, auxiliará o ICMBio e gestores da unidade a tomar medidas assertivas quanto às medidas administrativas de gestão, priorizando ações de proteção, regularização fundiária, recuperação da vegetação nativa e a revisão do Plano de Manejo.

A proposta deste projeto é analisar os efeitos da conversão do uso da terra sobre a estrutura da paisagem e cobertura vegetal no Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses por

meio da análise de imagens de satélite e de métricas de paisagem. As questões que se pretendem responder são: (i) Como foram as perdas de vegetação em tempos passados até a atualidade? (ii) Como se encontra atualmente a cobertura vegetal no PNLM? (iii) Qual a taxa de desmatamento média anual na área de estudo dentro e fora do PNLM?

## 1.2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### a) Ecologia da paisagem

A ecologia da paisagem é uma área do conhecimento que busca compreender a relação entre os padrões de cobertura da terra e os processos ambientais e antrópicos que estejam ocorrendo em determinado território do globo terrestre e/ou ao longo do tempo. Desta forma, a ecologia de paisagens se assemelha em muito com a ecologia de ecossistemas, entretanto a primeira busca compreender as relações horizontais em um espaço heterogêneo, enquanto a última estuda as interações da comunidade biológica com o sistema abiótico, portanto, uma relação vertical (METZGER, 2001). O termo “ecologia de paisagens” surgiu em 1939 na Europa, utilizado pela primeira vez pelo biogeógrafo alemão Carl Troll, e deu início à escola europeia que se fundamenta em uma abordagem geográfica sob uma ótica antrópica, buscando compreender o espaço do homem e sua relação com o ambiente natural. Mais recentemente, na década de 1980, nos Estados Unidos, surgiu uma abordagem ecológica da ecologia da paisagem, que busca integrar a teoria de biogeografia de ilhas à gestão ambiental, principalmente com relação à disposição espacial das Unidades de Conservação terrestres, portanto, sob a ótica dos organismos de interesse conservacionista (METZGER, 2001; PAESE; SANTOS, 2004). Atualmente busca-se integrar estas duas abordagens, com objetivo de consolidar a ecologia de paisagens como uma disciplina integradora com arcabouço teórico sólido (METZGER, 2008; TURNER, 1989, 2005).

Justamente pelo seu caráter holístico e interdisciplinar, e também por interpretar o ambiente numa escala espacialmente abrangente, a ecologia de paisagens tem se destacado no estudo dos efeitos da perda de habitat e consequente fragmentação sobre as populações dos organismos, bem como, no convencimento de tomadores de decisão a respeito do

planejamento ambiental visando a manutenção do equilíbrio ecológico dos sistemas naturais, seminaturais e antrópicos, seja para atender demandas da população humana ou projetos conservacionistas (METZGER, 2001; PAESE; SANTOS, 2004).

Com o desenvolvimento dos satélites e programas computacionais de análise de imagem o sensoriamento remoto tem sido cada vez mais utilizado como ferramenta de avaliação do estado de conservação e padrões da estrutura da paisagem, principalmente para planejamento territorial e convencimento de tomadores de decisão (BARRETO et al., 2010; METZGER, 2008). Diversos Sistemas de Informação Geográficas (SIG) e programas de análise da paisagem comerciais e gratuitos foram desenvolvidos nas últimas décadas, muitos deles com fonte aberta (ZARAGOZÍ et al., 2011), permitindo aos operadores personalização das funções e criação de extensões e complementos aplicados a suas necessidades (CARDILLE et al., 2005; MCGARIGAL; MARKS, 1995; STEINIGER; HAY, 2009). Desta forma, o mapeamento e o cálculo de métricas de paisagem hoje podem ser realizados de forma prática, rápida e em alguns casos, com baixo custo.

A análise de métricas e sua relação com a estrutura e função de paisagem possibilita uma compreensão abrangente dos processos que estão ocorrendo e de medidas que podem ser tomadas para garantir uma maior qualidade ambiental e melhorar o nível de conservação da biodiversidade (FAHRIG, 2001; LINDENMAYER; FRANKLIN; FISCHER, 2006; RIITTERS et al., 1995). Diversas métricas têm sido propostas para serem utilizadas em avaliações da estrutura e função da paisagem e como elas influenciam a conservação dos recursos e da biodiversidade que ela abriga, sendo que a escolha de qual métrica utilizar depende em grande parte dos objetivos da pesquisa e da paisagem em questão (NEEL; MCGARIGAL; CUSHMAN, 2004; RIITTERS et al., 1995). Alguns autores têm proposto classificações para as paisagens dependendo do resultado obtido na análise das métricas e proposto ações de manejo visando a conservação de organismos específicos (FAHRIG; MERRIAM, 1985; MCINTYRE; HOBBS, 1999).

Mais de 20 anos após o desenvolvimento das principais métricas de paisagem (MCGARIGAL; MARKS, 1995) o uso adequado delas e seu real significado nos processos ecológicos ainda são tema de discussões (KUPFER, 2012). Métricas relacionadas à área de cobertura (porcentagem de cobertura vegetal, por exemplo) têm, apresentado resultados mais



parcimoniosos (CUNNINGHAM; JOHNSON, 2011) e consistentes (LUSTIG et al., 2015) para estudos relacionados à fragmentação da paisagem, apresentando respostas mais claras aos padrões de diversidade. Entretanto, para uma análise mais aprofundada quanto aos efeitos dessa fragmentação sobre a biodiversidade, pode-se utilizar também métricas relacionadas à configuração dos fragmentos, como “número de fragmentos”, “relação área/borda dos fragmentos”, “isolamento de fragmentos” e “formato dos fragmentos” (NEEL; MCGARIGAL; CUSHMAN, 2004; RIITTERS et al., 1995). Estas métricas auxiliam a determinar o grau de permeabilidade ambiental, qualidade de habitat e matriz e conectividade na paisagem estudada (AUFFRET; PLUE; COUSINS, 2015), e podem apresentar respostas mais adequadas a organismos especialistas de habitat (MARTENSEN et al., 2012).

Embora o mapeamento e a análise de padrões sejam importantes para o planejamento e tomada de decisões, é fundamental correlacionar padrões de paisagem com os processos ecológicos e sociais que estejam ocorrendo (LI; WU, 2004), bem como levar em conta as alterações temporais que levaram ao padrão atual da paisagem. Desta forma, ao analisar a paisagem devemos incluir os agentes que estão promovendo a mudança, seja ele um evento natural, ou antrópico (METZGER, 2008).

#### b) Efeitos da redução de habitat sobre a biodiversidade

Organismos biológicos são evolutivamente adaptados a condições específicas de habitat para o desenvolvimento de sua história de vida e garantir a permanência de sua espécie ao longo do tempo, de maneira que alterações nas condições abióticas e disponibilidade de recursos afetam a taxa de sobrevivência das espécies. Obviamente que diferentes espécies apresentarão respostas diferentes à conversão de habitats, mas a quantidade e qualidade do habitat remanescente são primordiais para se garantir resultados positivos na conservação da biodiversidade de uma forma mais ampla.

A fragmentação da paisagem tem início com a redução da área de habitat e aumento de área da matriz, tendo como resultado fragmentos isolados apresentando maior densidade de borda (relação borda/área) (BARBALHO; DUTRA E SILVA; GIUSTINA, 2015). Conforme o processo continua a ocorrer os fragmentos de habitat restantes vão sendo fragmentados,

reduzidos e isolados até o ponto em que a matriz passa a representar mais da metade da área total de habitat (limiar da fragmentação), situação na qual o número de fragmentos de habitat, a densidade de borda e o grau de isolamento dos fragmentos são grandes, afetando o habitat disponível aos organismos, os processos ecossistêmicos e a conectividade funcional entre habitats (NEEL; MCGARIGAL; CUSHMAN, 2004). O processo de permanência de determinada espécie em uma paisagem fragmentada é tido como a relação entre a extinção local, que depende da quantidade e qualidade de habitat disponível e a capacidade de recolonização, que depende da conectividade desses fragmentos e a distância do fragmento fonte mais próximo (MOILANEN; HANSKI, 1998).

De acordo com a teoria da Biogeografia de Ilhas, desenvolvida a partir de estudo de populações que habitam ilhas, é esperado encontrar maiores índices de biodiversidade conforme aumenta o tamanho da ilha, pois em ilhas pequenas a competição intra e interespecífica é maior acarretando em taxas de extinções mais elevadas do que em ilhas maiores. Outro postulado dessa teoria é de que a chance de uma espécie colonizar uma ilha nova é inversamente proporcional à distância dessa ilha com o continente mais próximo (MACARTHUR; WILSON, 1967). Esta teoria tem sido utilizada para explicar os efeitos da fragmentação de habitats terrestres sobre a biodiversidade, comparando os fragmentos de habitat às ilhas e a matriz ao oceano (DIAMOND, 1975; HAILA, 2002).

Tradicionalmente a riqueza de espécies (ou abundância, ou presença) em paisagens fragmentadas têm sido relacionada aos tamanhos e grau de isolamento dos fragmentos de habitat, fazendo-se analogia ao efeito de ilhas (DIAMOND, 1975). Conhecido como estudos tipo SLOSS (uma grande ou várias pequenas, do inglês: “Single Large or Several Small”), diversas pesquisas buscam verificar os efeitos de diferentes configurações e composições dos fragmentos remanescentes na paisagem para determinar sua efetividade na conservação das espécies (VILLARD; METZGER, 2014). Recentemente foi sugerida a ‘hipótese de quantidade de hábitat’, que têm postulado que a quantidade total de habitat numa paisagem é mais determinante que o tamanho e grau de isolamento dos fragmentos, e que estes últimos teriam pouca ou nenhuma influência sobre a biodiversidade (FAHRIG, 2013).

Trabalhos recentes testaram a hipótese da quantidade de habitat e observaram que a riqueza de espécies está mais relacionada à quantidade de habitat na paisagem, que à métricas

referentes ao formato, tamanho e conectividade dos fragmentos. Em uma revisão bibliográfica, envolvendo 118 artigos científicos que testavam os efeitos da fragmentação *per se* sobre a biodiversidade (sem perda de habitat) descobriu-se que 76% dos efeitos da fragmentação são de fato positivos para a biodiversidade, independente do grupo taxonômico estudado, grau de ameaça de extinção da espécie ou região climática (FAHRIG, 2017). Ou seja, a quantidade de habitat na paisagem foi mais significativa que a fragmentação. Esta hipótese foi testada também em besouros saprófagos (SEIBOLD et al., 2017) e pequenos mamíferos (MELO et al., 2017), com resultados semelhantes. Em um estudo com aves de sub-bosque na mata atlântica, entretanto, apesar da quantidade de habitat ter respondido melhor à riqueza de espécies, em paisagens com menos habitat (<30%), métricas relacionadas ao tamanho do fragmento e conectividade foram importantes para explicar a riqueza (MARTENSEN et al., 2012).

Embora o modelo da fragmentação seja amplamente utilizado para explicar padrões e processos ecológicos em paisagens fragmentadas, a simples classificação da paisagem em habitat e não-habitat não representa de fato a realidade, pois a área entre habitats nem sempre é totalmente desinteressante aos organismos. Autores têm proposto novos modelos para interpretar o processo de fragmentação, como o modelo da “variação” (*variegation*, em inglês) onde os fragmentos de vegetação são classificados como intacto, “variegado”, fragmentado e relictual, seguindo um gradiente de mais a menos conservado (MCINTYRE; HOBBS, 1999). Nesse contexto, a heterogeneidade da matriz é importante, principalmente em paisagem altamente fragmentadas, e pode ser crucial na conectividade entre as manchas de habitat, de tal sorte que o manejo de áreas da matriz pode ser tão positivo para a conservação de meta-populações quanto corredores ecológicos (KUROE et al., 2011). Outros autores têm interpretado a paisagem do ponto de vista dos organismos, o modelo de contorno de habitat, onde a paisagem é classificada espacialmente conforme a probabilidade de se encontrar um determinado organismo em habitats específicos da paisagem (FISCHER; LINDENMAYER; FAZEY, 2004).

Em um estudo de longo prazo no Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF) do Instituto de Pesquisas da Amazônia (INPE) em Manaus/AM, os autores observaram que a ave insetívora *Formicarius colma* (galinha-do-mato) não

frequentava áreas de vegetação secundária com menos de 27 anos após o abandono do pasto (POWELL et al., 2016). Isso pressupõe que duas populações de *Formicarius colma* que habitem fragmentos de floresta primária, isolados por uma matriz, permanecerão isoladas por no mínimo 27 anos após o início da recuperação da floresta, antes de poder se encontrar e formar uma meta-população viável novamente.

A escala em que a conectividade funcional entre fragmentos ocorre depende do organismo em análise. Aves pequenas, especialistas em interior de floresta como *Formicarius colma*, tem sua conectividade funcional reduzida por pequenas áreas de matriz degradada (POWELL et al., 2016), entretanto, aves frugívoras de grande porte mantém a conectividade funcional de árvores frutíferas mesmo entre fragmentos isolados por 15 km (MUELLER et al., 2014).

Lindenmayer et al. (2002), em um estudo sobre as assembleias de aves em uma paisagem fragmentada heterogênea de 100.000 ha em New South Wales, na Austrália, composta por florestas de eucalipto nativas (*Eucalyptus* sp.), áreas de cultivo de pinus (*Pinus radiata*) representando a matriz, e remanescentes de floresta primária de eucalipto circundadas por áreas de cultivo de pinus, observaram um claro gradiente em que a riqueza de espécie era alta na floresta continua de eucalipto (23.1 espécies, em média), mediana em remanescentes de eucalipto (20.6 espécies) e menores em floresta plantada de pinus (16.7 espécies). Os autores consideraram elevado o número de espécies encontradas na matriz e concluíram que a presença de remanescentes de florestas nativas dentro das culturas de pinus ajudava a elevar o índice. Ainda, observaram que quanto maior o fragmento remanescente, maior o número de espécies encontradas.

As paisagens que têm sido fragmentadas, portanto, apresentam configurações complexas e heterogêneas em nível de habitat e matriz (MCINTYRE; HOBBS, 1999), e os organismos também responderão de forma diferente à fragmentação e ao longo do tempo. Áreas que foram desmatadas para estabelecimento de culturas, ou que possam vir a ser utilizadas por um tempo e posteriormente abandonadas — agricultura intermitente, típico de uso da terra entre as populações tradicionais maranhenses —, poderão possuir recursos de interesse para alguns organismos, que utilizarão essas áreas de forma diferente dependendo da

cultura ou estágio de sucessão secundária que a matriz ou fragmento se encontre (LINDENMAYER et al., 2002; POWELL et al., 2016; SILVEIRA et al., 2016).

### c) Os Lençóis Maranhenses

Os Lençóis Maranhenses situam-se no litoral nordeste brasileiro, no macro-compartimento chamado de costa semi-árida norte. Nesta parte do litoral há domínio dos depósitos sedimentares do Grupo Barreiras, onde ocorrem numerosos campos de dunas, alimentados pelos sedimentos provenientes da plataforma continental carreados principalmente pelos rios Preguiças e Parnaíba. O Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses situa-se no litoral oriental maranhense, precisamente entre as coordenadas 02°19' e 2°45' S; 42°44' e 43°29' W, abrangendo os municípios de Primeira Cruz e Santo Amaro a leste e Barreirinhas a oeste e sul (IBAMA 2002; GASTÃO, 2010).

Os Lençóis Maranhenses abrangem uma vasta área maranhense caracterizada pela formação de campos de dunas quartzosas originados da planície de deflação costeira e que avança sobre a vegetação de restinga e manguezais. Eventos climáticos ao longo do quaternário influenciaram a transgressão e regressão marinha e o transporte e deposição dos sedimentos no litoral, levando a formação dos campos de dunas ativos (móveis) e inativos (dunas fósseis ou paleo dunas), sobre o continente (GASTÃO, 2010).

O clima na região é do tipo zona equatorial, com seis meses secos ao ano. A temperatura média anual é de 28,5°C, com amplitude de 1,1°C. A umidade relativa do ar varia de 68,4% no período chuvoso e 67,2% no período seco. A pluviosidade anual varia de 1473mm a 1623mm, entretanto o período chuvoso se concentra nos meses de março a abril, tornando-se mais seco nos meses subsequentes (IBAMA 2002). Apesar de ser conhecido como “Deserto Brasileiro”, trata-se de uma região úmida, e a formação de lagoas interdunares atraem turistas do mundo inteiro, interessados em conhecer essa paisagem única no mundo.

O atual campo de dunas ativo dos Lençóis Maranhenses se forma sobre as paleodunas estabilizadas cobertas de vegetação que se formaram após o último período de glaciação, a cerca de 60-70 mil anos antes do presente. Estas paleodunas formam um platô arenoso que se

estende por uma área de cerca de 1.250.000 de hectares incluindo a área de estudo. Após o período glacial o clima tornou-se mais úmido, com chuvas mais frequentes, o que levou a formação de uma rede de drenagem que erodiu o platô, formando vales de encostas nas bacias hidrográficas dos principais rios e seus afluentes. A erosão do platô reduziu a profundidade da camada de areia e o horizonte argiloso do solo, rico em nutrientes, se mostrou mais acessível às raízes das plantas, permitindo o desenvolvimento de uma vegetação mais densa do que a vegetação xerófila presente sobre os platôs (GASTÃO, 2010).

A área de estudo encontra-se situada no ecótono entre o Cerrado, Caatinga e Amazônia, apresentando, portanto, espécies comuns a estes três grandes biomas brasileiros. De acordo com o Sistema Fitogeográfico estabelecido pelo IBGE (1992), os Lençóis Maranhenses enquadram-se no Sistema Primário (natural) e na Classificação das Áreas das Formações Pioneiras, compostas de Vegetação com Influência Marinha (Restingas); Vegetação de Influência Fluviomarina (Manguezal) e Vegetação com Influência Fluvial (Comunidades Aluviais) (IBAMA, 2002; IBGE, 1992).

A vegetação mais abundante é a restinga, que ocorre às margens do campo de dunas e como vegetação fixadora de dunas em pequenas manchas no seu interior. A restinga é composta por comunidades herbáceas, esclerófitas arbustivas e/ou arbóreas, e higrófilas. A restinga arbustiva domina a paisagem, estando presente nos platôs das paleodunas. A vegetação herbácea ocorre nas encostas das dunas, áreas de várzea e nas margens lacustres. Matas de restinga arbórea são observadas nas encostas dos vales ao redor da rede de drenagem e também em formações de *thickets* no topo das dunas. Comunidades higrófilas se desenvolvem nas partes baixas dos cordões de paleodunas, onde se formam lagoas interdunares temporárias. Comunidades aluviais são encontradas ao longo dos cursos dos rios (vegetação ripária), onde há predominância da espécie *Mauritia flexuosa*, o buriti. Manguezais são presentes junto à Baía do Tubarão e a foz do rio Preguiças, nas planícies salinas, e se apresentam em formações arbóreas e arbustivas, havendo também presença de apicuns e marismas (IBAMA, 2002).

Durante a Avaliação Ecológica Rápida realizada para a elaboração do Plano de Manejo do PMLM em 2002 foi observado que o sítio de amostragem ‘Queimada dos Britos’ apresentou a maior riqueza em espécies vegetais, o que refletiu também numa maior

diversidade de hábitos vegetais (por ervas, lianas, epífitas, bromélias, macrófitas e arbustos/árvores). O documento afirma que a maior quantidade de hábitos deve estar relacionada com a presença de árvores antigas em matas com camadas de serrapilheira e solos profundos, indicando serem áreas mais pristinas, de vegetação primária. Foi relatado ainda endemismo para duas espécies *Polygala adenophora* e *Hybanthus solccolaris*, sugerindo que os oásis de vegetação em meio as dunas tenham mais característica de zona de refúgio do que zona disjunta, mas esta hipótese ainda não foi devidamente testada (IBAMA, 2002).

A flora diversa e com presença de flores e frutos ao longo de todo o ano compõe um ecossistema bastante atraente para a entomofauna, particularmente para as abelhas. Apesar de apenas 20 espécies de abelhas terem sido identificadas durante a elaboração do Plano de Manejo (IBAMA, 2002), estudos mais recentes com esforço amostral maior identificaram a ocorrência de 59 espécies de abelhas (GOSTINSKI et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2016), inclusive a redescoberta de *Melipona subnitida* para a região (REGO; ALBUQUERQUE, 2006). Outros insetos são abundantes na área, como os Mutilidae, Odonatas, Pompilidae, Dermaptera, Lepidoptera e Orthoptera. As áreas identificadas com habitat de melhor qualidade para a entomofauna foram Queimada dos Britos, Rio Grande e Travosa, por estarem menos antropomorfizadas (IBAMA 2002). Os dípteros também constituem um grupo importante, principalmente pela ocorrência de vetores da leishmaniose tegumentar e visceral na região, principalmente associados à população de agricultores (PEREIRA FILHO, et al., 2015; MACARIO REBELO et al., 2010).

Apesar de poucos répteis terem sido registrados durante os estudos do Plano de Manejo, 42 espécies de répteis foram identificados em levantamentos posteriores, indicando uma herpetofauna rica e com influência da amazônia, caatinga e cerrado. Foi registrado também a presença de três espécies ameaçadas, de acordo com a *Red List* da IUCN: as tartarugas marinhas *Dermochelys coriácea* (tartaruga-de-pente), *Chelonia mydas* (tartaruga-verde) e a dulcícola *Trachemys adiutrix* (pininga) (IUCN, 2016; MIRANDA; LOPES COSTA; ROCHA, 2012).

Em torno de 110 espécies de aves foram identificadas durante a elaboração do Plano de Manejo, sendo as mais representativas as migrantes setentrionais e as aves aquáticas. A baixa representatividade dos Passeriformes observada no levantamento pode estar associada à

não utilização de redes ornitológicas nas coletas. As espécies de aves mais registradas estão associadas à ambientes costeiros e aquáticos. Espécies de aves características de ambientes alterados são comuns no PNLM, como *Crotophaga ani* (anu-preto), *Pitangus sulphuratus*, (bem-te-vi) e *Tyrannus melancholicus* (suiriri-tropical) (IBAMA, 2002; SOARES; RODRIGUES, 2009).

Com relação à ictiologia, 166 espécies de peixes foram identificadas para a região, contando as marinhas e continentais. Destas, 4 constam na lista de espécies ameaçados de extinção da IUCN: *Carcharhinus limbatus* galha preta, *C. Obscurus* (lombo preto), *Epinephelus itajara* (mero) e *Lutjanus analis* (pargo) (IUCN, 2016). Durante o levantamento ictiológico do Plano de Manejo, foi ainda registrado a ocorrência de *Umbrina broussonetti*, sendo este o primeiro registro da espécie para a costa nordeste do Brasil, fato que precisa ser melhor investigado (IBAMA, 2002). Não há registro de outros estudos de ictiofauna que tenham sido desenvolvidos no PNLM após a elaboração do plano de manejo (PIORSKI et al., 2017).

Os levantamentos de mastofauna para o Plano de Manejo não foram exaustivos e não existem registros de outros estudos realizados posteriormente. Mesmo assim, 17 espécies de mamíferos foram registradas. Entre elas há 3 espécies ameaçadas pela IUCN, *Lontra longicaudis* (lontra), *Leopardus tigrinus* (gato-do-mato) e *Trichechus manatus* (peixe-boi-marinho) (IBAMA, 2002; IUCN, 2016).

De acordo com o Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, a espécie de porífero *Corvoheteromeyenia heterosclera* é endêmica do PNLM para o Brasil e encontra-se ameaçada de extinção. Sua ocorrência está associada às lagoas-interdunais e lagos do PNLM. Este registro não foi feito durante os levantamentos do Plano de Manejo nem a espécie foi objeto de estudo mais detalhado na região (MMA, 2008).

#### d) Uso e ocupação da terra

A ocupação pelos portugueses da região dos Lençóis Maranhenses remonta ao século XVII, quando Jerônimo de Albuquerque comandou a Jornada Milagrosa para conquistar a cidade de São Luís, dos franceses. O primeiro local a ser ocupado foi Primeira Cruz, que leva



esse nome por ser o local onde foi erguida a primeira cruz em solo maranhense, em 1614, e de onde Jerônimo de Albuquerque planejou o assalto à então cidade francesa. Entretanto, relatos históricos apontam que a região apenas foi ocupada permanentemente a partir de 1835. Aproximadamente na mesma época, em 1858, foi fundada Barreirinhas, que recebia migrantes do Piauí através de estradas recém-abertas em busca das pastagens naturais nas chapadas, onde criavam gado, vales férteis nas bacias dos rios Preguiças, Peria e afluentes, onde desenvolveram a agricultura, e também pela alta piscosidade dos rios (IBAMA, 2002).

A disposição atual dos povoados na região dos Lençóis Maranhenses reflete o processo histórico de uso e ocupação da terra bem como as unidades da paisagem relatadas anteriormente. Por apresentar o horizonte de areia do solo menos profundo, os vales de encosta dos rios foram principalmente utilizados para o estabelecimento de culturas perenes, como os cajuais, e temporários, como as roças de mandioca, feijão e arroz, que são até hoje estabelecidas em sistema de rodízio. As áreas de chapada e os platôs arenosos, onde se formam pastagens, são historicamente utilizados para pecuária extensiva, principalmente para criação de gado bovino, bodes e ovelhas. Já as planícies salgadas, e localidades próximas ao mar, são exploradas por populações de pescadores artesanais. O campo de dunas ativo é desabitado, com exceção das duas manchas de vegetação que ocorrem no centro, e representam platôs e vales que ainda não foram soterrados pelas dunas (IBAMA, 2002).

O modo de vida tradicional da população residente no PNLM e o turismo desordenado têm afetado à adequada conservação da biodiversidade nesse ecossistema tão complexo e sensível. A prática de agricultura nômade de corte e queima empobrece a vegetação e reduz hábitos vegetais. A sobrepesca também é um problema, tanto em águas oceânicas quanto continentais. A criação de animais soltos (bovinos, caprinos, equinos e suínos) também é reconhecida como um fator negativo. A prática de caça reduziu as populações de mamíferos, mas afeta também répteis e aves. A abertura de trilhas e a circulação de veículos fora-de-estrada sem controle dos gestores do PNLM têm afetado populações de répteis e de *Corvoheteromeyenia heterosclera* (IBAMA, 2002; MIRANDA; LOPES COSTA; ROCHA, 2012; MMA, 2008; SOARES; RODRIGUES, 2009)

#### e) Situação fundiária e estratégias de conservação

A situação fundiária das UC brasileiras é complexa e tida como o principal entrave para a efetiva conservação da natureza. O poder público cria UCs em um ritmo superior ao que desapropria os imóveis rurais e reassenta comunidades que ocupavam anteriormente a área. Em uma avaliação de 52 Parques Nacionais brasileiros, verificou-se que 58% não tinham suas terras regularizadas e 34% tinham menos da metade de sua área regularizada (ROCHA; DRUMMOND; GANEM, 2010). Afinal, se o estado não é dono das terras que abrangem a UC, como o órgão gestor pode manejá-las?

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação é o diploma legal que rege a criação, implementação e manejo das áreas protegidas públicas e privadas no Brasil. Nele, são previstos 12 categorias de Unidades de Conservação divididos em dois grupos: Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPI), com objetivo de preservar a natureza sendo proibido o uso direto dos recursos naturais, e; Unidades de Conservação de Uso Sustentável (UCUS), onde se compatibiliza o uso direto de parcela dos recursos com a conservação da natureza (BRASIL, 2000). Os Parques Nacionais (PARNAS), como o PNLN, estão elencados no grupo de UCPI, e devem ser conservados de forma integral, admitindo-se apenas o uso indireto, por meio da visitação pública, realização de pesquisas científicas, educação ambiental e provento de serviços ambientais não-consumistas.

As terras de PARNAS são declaradas públicas, e os imóveis privados existentes antes da criação da UC devem ser desapropriados (BRASIL, 2000). No caso do PARNA ser ocupado por populações tradicionais – como é o caso do PNLN – as famílias devem ser recolônizadas fora dos limites da UC. Na impossibilidade de reassentamento, Termos de Compromisso (TC) podem ser firmados entre as famílias e o órgão gestor da UC para conciliar a presença das comunidades com a conservação da biodiversidade, enquanto ações de recolônização não ocorrem. Os TC devem indicar as limitações necessárias para assegurar a conservação da natureza ao mesmo tempo em que garantem às comunidades acesso às suas fontes de subsistência e conservação dos modos de vida tradicional (BRASIL, 2002). Embora exista previsão expressa na lei, o PNLN ainda não foi objeto de ações de regularização fundiária nem foram firmados TC com as comunidades.

Para melhorar a resiliência da paisagem frente ao uso da terra e dos recursos naturais estratégias conservacionistas devem ser aplicadas em escala local e incluir a comunidade envolvida num processo participativo de aprendizado social (CUMMING; CUMMING; HEADMAN, 2006). Da mesma forma, as instituições responsáveis pela gestão da área, devem flexibilizar suas ações e buscar soluções alternativas aos problemas enfrentados (CUMMING et al., 2013; CUMMING; CUMMING; REDMAN, 2006). Ações de valorização das comunidades e educação ambiental mostraram resultados importantes no engajamento da população na conservação dos recursos naturais explorados, que resultaram na melhora da qualidade de vida, segurança alimentar das famílias e redução na pressão sobre os recursos de áreas protegidas (ANDAM et al., 2010; KWAN et al., 2017; MURNIATI; GARRITY; GINTINGS, 2001; PERFECTO et al., 2005).

Considerando as dificuldades econômicas e políticas da regularização fundiária (ROCHA; DRUMMOND; GANEM, 2010) – principalmente no PNLM onde precisam ser recolonizadas mais de 1100 famílias – e reconhecendo que comunidades tradicionais detêm um conhecimento prático a cerca das áreas em que elas vivem que pode ser útil em programas de conservação (CUMMING et al., 2013), os TC surgem como uma oportunidade de promover uma mudança comportamental nas instituições e nas comunidades, visando a melhoria nas condições de conservação da biodiversidade ao mesmo tempo em que se garante bem estar social e segurança alimentar das comunidades tradicionais (SILVA; SILVA FILHO, 2008).

Dentre as estratégias de conservação que têm sido propostas para melhora da resiliência ambiental em paisagens semi-naturais, os Sistemas Agro Florestais (SAF) destacam-se ao compatibilizar melhora na qualidade de vida de produtores rurais e conservação da biodiversidade regional (PAOLETTI et al., 1992). SAF é o plantio deliberado de árvores para sombrear cultivos consorciados, visando a produção de alimentos e outros bens de consumo (madeira, látex, mel...) concomitantemente com a conservação da natureza (JOSE, 2012; NAIR, 2011). Alguns autores defendem que os SAFs tratam-se de um retorno as ancestralidades, considerando que populações humanas pré-históricas já manejavam a floresta a seu favor. Hoje é reconhecido que o ser humano é responsável pela atual distribuição de muitas espécies amplamente utilizadas, como a Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) por

exemplo (HAYASHIDA, 2005). Embora seja praticado desde a pré-história, apenas nas últimas 3 décadas os SAFs foram inseridos na agricultura moderna e ao uso científico da terra (NAIR, 2011).

A grande diversidade de cultivos numa só área fornece ao produtor alimentos para consumir e comercializar durante boa parte do ano, além de oferecer maior resiliência em eventos de mudança climática ou pragas (LIN, 2011). A sustentabilidade da produção pode também ser certificada, agregando valor ao produto comercializado (PERFECTO et al., 2005).

Os SAFs se beneficiam dos processos de sucessão natural da vegetação e da interação entre as espécies para produzir alimentos e bens de consumo em diferentes estratos da agrofloresta, com grande dinâmica temporal e espacial (VIEIRA; HOLL; PENEIREIRO, 2009). A complexidade estrutural da agrofloresta cria microclimas e habitats que se assemelham ao observado em florestas naturais, conservando fauna (FORERO et al., 2015; HARVEY; GONZALEZ; SOMARRIBA, 2006; MORAIS et al., 2010; NOVAIS et al., 2016; ROUND; GALE; BROCKELMAN, 2006; VAN DER WAL et al., 2012; WILLIAMS-GUILLÉN et al., 2006) e flora nativas (BHAGWAT et al., 2005; BOBO et al., 2006; HEMP, 2006; SCALES; MARSDEN, 2008). SAFs já se mostraram adequados como refúgios para a biodiversidade (BHAGWAT et al., 2008) inclusive após incêndios florestais (GRIFFITH, 2000). A riqueza de espécies em SAFs geralmente é mais semelhante aos habitats naturais que em áreas ocupadas pela agricultura convencional, embora espécies generalistas sejam mais beneficiadas que as especialistas (BHAGWAT et al., 2005; ROUND; GALE; BROCKELMAN, 2006; SCALES; MARSDEN, 2008; VAN DER WAL et al., 2012). Sendo assim, os SAFs desempenham um papel complementar às UCs e outras áreas protegidas fora de UC, melhorando a conectividade e servindo de abrigo à biodiversidade (MARTINS; RANIERI, 2014).

Uma nova abordagem na ecologia da restauração tem sugerido o uso de SAFs em programas de reflorestamento *agro-sucessional*, principalmente para reduzir custos e acelerar o estágio inicial da sucessão (VIEIRA; HOLL; PENEIREIRO, 2009). O plantio de uma agrofloresta como uma fase transitória inicial em programas de reflorestamento possui diversas vantagens, como: redução de custos; extensão do tempo de duração do programa de

reflorestamento; prover segurança alimentar a pequenos produtores e envolvimento deles no processo de restauração (VIEIRA; HOLL; PENEIREIRO, 2009). Esta abordagem integradora entre agricultura, conservação e restauração surge como uma alternativa adequada para promover a conservação da natureza em escala local, com envolvimento e benefício à comunidade dos Lençóis Maranhenses.

### 1.3. HIPÓTESE

A conversão do uso da terra resulta em redução e heterogeneização da cobertura vegetal e, desta forma, compromete a conservação dos ecossistemas do PNLM.

### 1.4. OBJETIVOS

#### a) Geral

- Fazer análise da estrutura da paisagem do PNLM para fins de conservação.

#### b) Específicos

- Propor estratégias de conservação para os ecossistemas baseada na porcentagem de cobertura vegetal;
- Verificar a taxa de desmatamento médio anual da região nos últimos 15 anos e verificar se há diferença entre o desmatamento dentro e fora do PNLM;
- Subsidiar a gestão do parque.

## 1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAKERLI, S. A critique of development and conservation policies in environmentally sensitive regions in Brazil. **Geoforum**, v. 32, n. 4, p. 551–565, 2001.
- ALMEIDA-FILHO, R.; ROSSETI, D.F.; MIRANDA, F.P.; FERREIRA, F.J.; SILVA, C.; BEISL, C. Quaternary reactivation of a basement structure in the Barreirinhas Basin, Brazilian Equatorial Margin. **Quaternary Research**, v. 72, n. 1, p. 103–110, 2009.
- ANDAM, K. S.; FERRARO, P.J.; SIMS, K.R.E.; HEALY, A.; HOLLAND, M.B. Protected areas reduced poverty in Costa Rica and Thailand. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 107, n. 22, p. 9996–10001, 2010.
- AUFFRET, A. G.; PLUE, J.; COUSINS, S. The spatial and temporal components of functional connectivity in fragmented landscapes. **Ambio**, v. 44, p. S51–S59, 2015.
- BARBALHO, M. G.; DUTRA E SILVA, S.; GIUSTINA, C. C. Analysis of Temporal Changes in the Vegetation Pattern of the Ceres Microregion Employing Landscape Metrics. **Boletim Goiano De Geografia**, v. 35, n. 3, p. 472–487, 2015.
- BARRETO, L.; RIBEIRO, M.C.; VELDKAMP, A.; VAN EUPEN, M; KOK, K.; PONTES, E. Exploring effective conservation networks based on multi-scale planning unit analysis. A case study of the Balsas sub-basin, Maranhao State, Brazil. **Ecological Indicators**, v. 10, n. 5, p. 1055–1063, 2010.
- BHAGWAT, S.; KUSHALAPPA, C.; WILLIAMS, P.; BROWN, N. The Role of Informal Protected Areas in Maintaining Biodiversity in the Western Ghats of India. **Ecology and Society**, v. 10, n. 1, 2005. <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art8/>
- BHAGWAT, S. A.; WILLIS, S.A.; BIRKS, H.J.B.; WHITTAKER, R.J. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 23, n. 5, p. 261–267, 2008.
- BOBO, K.; WALTERT, M.; SAINGE, N.; NJOKAGBOR, J.; FERMON, H.; MÜHLENBERG, M. From Forest to Farmland: Species Richness Patterns of Trees and Understorey Plants along a Gradient of Forest Conversion in Southwestern Cameroon. **Biodiversity & Conservation**, v. 15, n. 13, p. 4097–4117, 2006.
- BRASIL. Decreto nº 86.080 de 02 de junho de 1981. Cria, no Estado do Maranhão, o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, com os limites que especifica e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF: 04 de jun. 1981, p. 10374. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-86060-2-junho-1981-435499-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acessado em 10 nov. 2017.

BRASIL. Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, parágrafo 1o, incisos I, II, III, VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Poder Legislativo, Brasília, DF: 19 de Jul. Seção 1, 2000. p. 01-06. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm)>. Acessado em 10 nov. 2017.

BRASIL. Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. Regulamenta artigos da Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF: 23 de ago. 2002. Brasília - DF. p. 9. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4340.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4340.htm)>. Acessado em 10 nov. 2017.

CARDILLE, J.; TURNER, M.; CLAYTON, M.; GERGEL, S.; PRICE, S. METALAND: Characterizing Spatial Patterns and Statistical Context of Landscape Metrics. **BioScience**, v. 55, n. 11, p. 983–988, 2005.

CUMMING, G.; OLSSON, P.; CHAPIN, F.; HOLLING, C. Resilience, experimentation, and scale mismatches in social-ecological landscapes. **Landscape Ecology**, v. 28, n. 6, p. 1139–1150, 2013.

CUMMING, G. S.; CUMMING, D. H. M.; REDMAN, C. L. Scale mismatches in social-ecological systems: Causes, consequences, and solutions. **Ecology and Society**, v. 11, n. 1, 2006. <xocs:firstpage xmlns:xocs=""/>

CUNNINGHAM, M.; JOHNSON, D. Seeking Parsimony in Landscape Metrics. **Journal of Wildlife Management**, v. 75, n. 3, p. 692–701, 2011.

DIAMOND, J. M. The island dilemma: Lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. **Biological Conservation**, v. 7, n. 2, p. 129–146, 1975.

ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A.; DOS SANTOS-WISNIEWSKI, M. J.; ROCHA, O. New records of *Parvalona parva* (Crustacea: Anomopoda: Chydoridae) from Brazil, with first description of the male. **Zoologia**, v. 26, n. 2, p. 369–373, 2009.

FAHRIG, L. How much habitat is enough? **Biological Conservation**, v. 100, n. 1, p. 65–74, 2001.

FAHRIG, L. Rethinking patch size and isolation effects: the habitat amount hypothesis. **Journal of Biogeography**, v. 40, n. 9, p. 1649–1663, 2013.

FAHRIG, L. Ecological Responses to Habitat Fragmentation Per Se. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 48, n. 1, p. 1-23, 2017.

FAHRIG, L.; MERRIAM, G. Habitat Patch Connectivity and Population Survival. **Ecology**, v. 66, n. 6, p. 1762–1768, 1985.

FISCHER, J.; LINDENMAYER, D. B.; FAZEY, I. Appreciating Ecological Complexity: Habitat Contours as a Conceptual Landscape Model. **Conservation Biology**, v. 18, n. 5, p. 1245–1253, 2004.

FORERO, C.; MAURÍCIO, A.; GÓMEZ, D.; WILLIAM, H.; ZENNER DE POLANÍA, I. Entomofaunal comparison under three landscape conditions at the Cerro de Juaica (Tenjo, Cundinamarca). **Revista U. D. C. A Act. & Div. Cient.**, v. 18, n. 1, p. 127–136, 2015.

GASTÃO, F. G. da C. **Caracterização dos Lençóis Maranhenses e Dunas Inativas (fósseis): implicações paleomorfológicas**. Dissertação de Mestrado, UFCE, Fortaleza, 2010.

GOSTINSKI, L. F.; CARVALHO, G.C.A.; RÊGO, M.M.C.; ALBUQUERQUE, P.M.C.; Species richness and activity pattern of bees (Hymenoptera, Apidae) in the restinga area of Lençóis Maranhenses National Park, Barreirinhas, Maranhão, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 60, n. 4, p. 319–327, 2016.

GRIFFITH, D. M. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity after fire. **Conservation Biology**, v. 14, n. 1, p. 325, 2000.

GRIFFITH, J. A.; MARTINKO, E. A.; PRICE, K. P. Landscape structure analysis of Kansas at three scales. **Landscape and Urban Planning**, v. 52, n. 1, p. 45–61, 2000.

GUEDES, C. C. F. et al. Luminescence characteristics of quartz from Brazilian sediments and constraints for OSL dating. **Anais Da Academia Brasileira De Ciencias**, v. 85, n. 4, p. 1303–1316, 2013.

HAILA, Y. A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. **Ecological Applications**, v. 12, n. 2, p. 321–334, 2002.

HARVEY, C.; GONZALEZ, J.; SOMARRIBA, E. Dung Beetle and Terrestrial Mammal Diversity in Forests, Indigenous Agroforestry Systems and Plantain Monocultures in Talamanca, Costa Rica. **Biodiversity & Conservation**, v. 15, n. 2, p. 555–585, 2006.

HAYASHIDA, F. Archaeology, Ecological History, and Conservation. **Annual Review of Anthropology**, v. 34, p. 43–65, 2005.

HEMP, A. The Banana Forests of Kilimanjaro: Biodiversity and Conservation of the Chagga Homegardens. **Biodiversity & Conservation**, v. 15, n. 4, p. 1193–1217, 2006.

HERRMANN, H. J. et al. Calculation of the separation streamlines of barchans and transverse dunes. **Physica a-Statistical Mechanics and Its Applications**, v. 357, n. 1, p. 44–49, 2005.

HILBERT, N. N.; GUEDES, C. C. F.; GIANNINI, P. C. F. Morphologic and sedimentologic patterns of active aeolian dune-fields on the east coast of Maranhão, northeast Brazil. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 41, n. 1, p. 87–97, 2016.



IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Plano de Manejo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses**, IBAMA/UFMA, 2002.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Senso Demográfico Brasileiro 2010. 2016. <<https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>> Acessado em 01 de maio de 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira.**: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília-DF, 1992.

IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**. 2016–3 Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>>. Acessado em 21 abr. 2017.

JOPPA, L. N.; PFAFF, A. Global protected area impacts. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 278, n. 1712, p. 1633–1638, 2011.

JOSE, S. Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity. **Agroforestry Systems**, v. 85, n. 1, p. 1–8, 2012.

JURASINSKI, G.; BEIERKUHNLEIN, C. Spatial patterns of biodiversity-assessing vegetation using hexagonal grids. **Biology and Environment** v. 106B, n. 3, p. 401–411, 2006.

KELLER, P. F. Trabalho artesanal e cooperado: realidades, mudanças e desafios. **Sociedade e Cultura**, v. 14, n. 1, 2011.

KRISHNA, P. H. et al. Assessment and monitoring of deforestation from 1930 to 2011 in Andhra Pradesh, India using remote sensing and collateral data. **Current Science**, v. 107, n. 5, p. 867–875, 2014.

KUPFER, J. A. Landscape ecology and biogeography: Rethinking landscape metrics in a post-FRAGSTATS landscape. **Progress in Physical Geography**, v. 36, n. 3, p. 400–420, 2012.

KUROE, M.; YAMAGUCHI, N.; KADOYA, T.; MIYASHITA, T. Matrix heterogeneity affects population size of the harvest mice: Bayesian estimation of matrix resistance and model validation. **Oikos**, v. 120, n. 2, p. 271–279, 2011.

KWAN, B. K. Y.; CHEUNG, J.H.Y.; LAW, A.C.K.; CHEUNG, S.G.; SHIN, P.K.S. Conservation education program for threatened Asian horseshoe crabs: A step towards reducing community apathy to environmental conservation. **Journal for Nature Conservation**, v. 35, p. 53–65, 2017.

LAURANCE, S. G. W.; STOUFFER, P. C.; LAURANCE, W. F. Effects of Road Clearings on Movement Patterns of Understory Rainforest Birds in Central Amazonia. **Conservation Biology**, v. 18, n. 4, p. 1099–1109, 2004.

- LEVIN, N.; TSOAR, H.; MAIA, L.P.; CLAUDINO-SALES, V.; HERRMANN, H. Dune whitening and inter-dune freshwater ponds in NE Brazil. **Catena**, v. 70, n. 1, p. 1–15, 2007.
- LI, H. B.; WU, J. G. Use and misuse of landscape indices. **Landscape Ecology**, v. 19, n. 4, p. 389–399, 2004.
- LIN, B. B. Resilience in Agriculture through Crop Diversification: Adaptive Management for Environmental Change. **BioScience**, v. 61, n. 3, p. 183–194, 2011.
- LINDENMAYER, D. B.; CUNNINGHAM, R.B.; DONNELLY, C.F.; NIX, H.; LINDENMAYER, B.D. Effects of Forest Fragmentation on Bird Assemblages in a Novel Landscape Context. **Ecological Monographs**, v. 72, n. 1, p. 1–18, 2002.
- LINDENMAYER, D. B.; FRANKLIN, J. F.; FISCHER, J. General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. **Biological Conservation**, v. 131, n. 3, p. 433–445, 2006.
- LUNA, M. C. M. de M.; PARTELI, E. J. R.; HERRMANN, H. J. Model for a dune field with an exposed water table. **Geomorphology**, v. 159, p. 169–177, 2012.
- LUSTIG, A.; STOUFFER, D.B.; ROIGÉ, M.; WORNER, S.P. Towards more predictable and consistent landscape metrics across spatial scales. **Ecological Indicators**, v. 57, p. 11–21, 2015.
- MACARIO REBELO, J. M.; ASSUNÇÃO JUNIOR, A.N.; SILVA, O.; MORAES, J.L.P.; Occurrence of sand flies (Diptera, Psychodidae) in leishmaniasis foci in an ecotourism area around the Lençóis Maranhenses National Park, Brazil. **Cadernos De Saude Publica**, v. 26, n. 1, p. 195–198, 2010.
- MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The theory of island biogeography**. Princeton University Press, 1967.
- MARTENSEN, A. C.; RIBEIRO, M.C.; BANKS-LEITE, C.; PRADO, P.I.; METZGER, J.P. Associations of Forest Cover, Fragment Area, and Connectivity with Neotropical Understory Bird Species Richness and Abundance. **Conservation Biology**, v. 26, n. 6, p. 1100–1111, 2012.
- MARTINS, T. P.; RANIERI, V. E. L. Agroforestry as an alternative to legal reserves. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 3, p. 79–96, 2014.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. **USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep.**, 1995.
- MCINTYRE, S.; HOBBS, R. A framework for conceptualizing human effects on landscapes and its relevance to management and research models. **Conservation Biology**, v. 13, n. 6, p. 1282–1292, 1999.

- MELO, G. L.; SPONCHIADO, J.; CÁCERES, N.C.; FAHRIG, L. Testing the habitat amount hypothesis for South American small mammals. **Biological Conservation**, v. 209, p. 304–314, 2017.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1–2, p. 1–9, 2001.
- METZGER, J. P. Landscape ecology: perspectives based on the 2007 IALE world congress. **Landscape Ecology**, v. 23, n. 5, p. 501–504, 2008.
- MIRANDA, J. P.; LOPES COSTA, J. C.; ROCHA, C. F. D. Reptiles from Lencois Maranhenses National Park, Maranhao, northeastern Brazil. **Zookeys**, n. 246, p. 51–68, 2012.
- MMA, Ministério do Meio Ambiente. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. 1. ed.: Fundação Biodiversitas 19, v. II, Brasília-DF, 2008.
- MOILANEN, A.; HANSKI, I. Metapopulation Dynamics: Effects of Habitat Quality and Landscape Structure. **Ecology**, v. 79, n. 7, p. 2503–2515, 1998.
- MORAIS, J. W.; OLIVEIRA, V.S.; DAMBROS, C.S.; TAPIA-CORAL, S.C.; ACIOLI, A.N.S. Soil mesofauna in different systems of land use soil in upper River Solimões, AM, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 2, p. 145–152, 2010.
- MUELLER, T.; LENZ, J.; CAPRANO, T.; FIEDLER, W.; BÖHNING-GAESE, K. Large frugivorous birds facilitate functional connectivity of fragmented landscapes. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 3, p. 684–692, 2014.
- MURNIATI, D.; GARRITY, A.; GINTINGS, A. The contribution of agroforestry systems to reducing farmers' dependence on the resources of adjacent national parks: a case study from Sumatra, Indonesia. **Agroforestry Systems**, v. 52, n. 3, p. 171–184, 2001.
- NAIR, P. R. The coming of age of agroforestry. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 9, p. 1613–1619, 2007.
- NEEL, M. C.; MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A. Behavior of class-level landscape metrics across gradients of class aggregation and area. **Landscape Ecology**, v. 19, n. 4, p. 435–455, 2004.
- NOVAIS, S. M. A.; MACEDO-REIS, L.E.; DAROCHA, W.D.; NEVES, F.S. Effects of habitat management on different feeding guilds of herbivorous insects in cacao agroforestry systems. **Revista de Biología Tropical**, v. 64, n. 2, p. 763–777, 2016.
- OLIVEIRA, F. dos S.; RIBEIRO, M.H.M.; NUNEZ, C.V.; ALBUQUERQUE, P.M.C. Flowering phenology of Mouriri guianensis (Melastomataceae) and its interaction with the crepuscular bee Megalopta amoena (Halictidae) in the restinga of Lençóis Maranhenses National Park, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 46, n. 3, p. 281–290, 2016.

- PAESE, A.; SANTOS, J. E. Dos. Ecologia da Paisagem: Abordando a Complexidade dos Processos Ecológicos. In: **Faces da polissemia da paisagem (SANTOS, J.E., CAVALHEIRO, F., PIRES, J.S.R., OLIVEIRA, C.H. & PIRES, A.M.Z.C.R., eds.)**. São Carlos/SP: RIMA, p. 1–21, 2004.
- PAOLETTI, M. G.; PIMENTEL, D.; STINNER, B.R.; STINNER, D. Agroecosystem biodiversity: matching production and conservation biology. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 40, n. 1, p. 3–23, 1992.
- PARTELI, E. J. R.; SCHWAEMMLE, V.; MONTEIRO, L.H.U.; MAIA, L.P. Profile measurement and simulation of a transverse dune field in the Lencois Maranhenses. **Geomorphology**, v. 81, n. 1–2, p. 29–42, 2006.
- PEREIRA FILHO, A. A.; BANDEIRA, M.C.A.; FONTELES, R.S.; MORAES, J.L.P.; LOPES, C.R.G.; MELO, M.N.; MACARIO REBELO, J.M. An ecological study of sand flies (Diptera: Psychodidae) in the vicinity of Lencois Maranhenses National Park, Maranhao, Brazil. **Parasites & Vectors**, v. 8, p. 603, 2015.
- PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.; MAS, A.; PINTO, L.S. Biodiversity, yield, and shade coffee certification. **Ecological Economics**, v. 54, n. 4, p. 435–446, 2005.
- PIORSKY, N. M.; FERREIRA, B. R. A.; GUIMARÃES E. C.; OTTONI, F. P.; NUNES, J. S. N.; BRITO, P. S. Peixes do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses. **Café & Lapis, Edufma**, São Luis, 189 p., 2017.
- POWELL, L. L.; WOLFE, J.D.; JOHNSON, E.I.; STOUFFER, P.C. Forest recovery in post-pasture Amazonia: Testing a conceptual model of space use by insectivorous understory birds. **Biological Conservation**, v. 194, p. 22–30, 2016.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. 13. ed.: PLANTA, v. viii, 2001.
- REGO, M.; ALBUQUERQUE, P. Rediscovery of *Melipona subnitida* Ducke (Hymenoptera : Apidae) in the “Restinga” in the Nacional Park Lencois Maranhenses, Barreirinhas, MA, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 3, p. 416–417, 2006.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F.J.; HIROTA, M.M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141 – 1153, 2009.
- RIITTERS, K.; O’NEIL, R.V.; HUNSAKER, C.T.; WICKAM, J.D.; YANKEE, D.H.; TIMMINS, S.P.; JONES, K.B.; JACKSON, B.L. A Factor-Analysis of Landscape Pattern and Structure Metrics. **Landscape Ecology**, v. 10, n. 1, p. 23–39, 1995.

ROCHA, L. G. M. Da; DRUMMOND, J. A.; GANEM, R. S. Parques nacionais Brasileiros: problemas fundiários e alternativas para a sua resolução. **Revista de Sociologia e Política**, v. 18, n. 36, p. 205–226, 2010.

ROUND, P.; GALE, G.; BROCKELMAN, W. A comparison of bird communities in mixed fruit orchards and natural forest at Khao Luang, southern Thailand. **Biodiversity & Conservation**, v. 15, n. 9, p. 2873–2891, 2006.

SCALES, B. R.; MARSDEN, S. J. Biodiversity in small-scale tropical agroforests: a review of species richness and abundance shifts and the factors influencing them. **Environmental Conservation**, v. 35, n. 2, p. 160–172, 2008.

SEIBOLD, S.; BÄSSLER, C.; BRANDL, R.; FAHRIG, L.; FÖSTER, B. An experimental test of the habitat-amount hypothesis for saproxylic beetles in a forested region. **Ecology**, v. 98, n. 6, p. 1613–1622, 2017.

SILVA, D. L. B.; SILVA FILHO, J. C. B. A problemática da presença de populações residentes em Parques Nacionais. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. IV, p. 1747–1752, 2008.

SILVEIRA, N.; NIEBUHR, B.; MUYLEAERT, R.; RIBEIRO, M.C.; PIZO, M. Effects of Land Cover on the Movement of Frugivorous Birds in a Heterogeneous Landscape. **PLoS One**, v. 11, n. 6, 2016.

SOARES, R. K. P.; RODRIGUES, A. A. F. Spacial and temporal distribution of waterbirds in Santo Amaro Lake, Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Maranhão, Brasil. **Revista Brasileira De Ornitologia**, v. 17, n. 3–4, p. 173–182, 2009.

STEINIGER, S.; HAY, G. J. Free and open source geographic information tools for landscape ecology. **Ecological Informatics**, v. 4, n. 4, p. 183–195, 2009.

TURNER, M. G. Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 20, p. 171–197, 1989.

TURNER, M. G. Landscape ecology: What is the state of the science? **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 36, p. 319–344, 2005.

VAN DAMME, K.; DUMONT, H. J. Cladocera of the Lençóis Maranhenses (NE - Brazil): faunal composition and a reappraisal of Sars' Method. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 3, p. 755–779, 2010.

VAN DER WAL, H.; PEÑA-ALVAREZ, B.; ARRIAGA-WEISS, S.; HERNÁNDEZ-DAUMAS, S. Species, functional groups, and habitat preferences of birds in five agroforestry classes in Tabasco, Mexico. **The Wilson Journal of Ornithology**, v. 124, n. 3, p. 558–571, 2012.

VIEIRA, D. L. M.; HOLL, K. D.; PENEIREIRO, F. M. Agro-Successional Restoration as a Strategy to Facilitate Tropical Forest Recovery. **Restoration Ecology**, v. 17, n. 4, p. 451–459, 2009.

VILLARD, M.A.; METZGER, J. P. REVIEW: Beyond the fragmentation debate: a conceptual model to predict when habitat configuration really matters. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 2, p. 309–318, 2014.

WILLIAMS-GUILLÉN, K.; MCCANN, C.; MARTÍNEZ SÁNCHEZ, J.C.; KOONTZ, F. Resource availability and habitat use by mantled howling monkeys in a Nicaraguan coffee plantation: can agroforests serve as core habitat for a forest mammal? **Animal Conservation**, v. 9, n. 3, p. 331–338, 2006.

ZARAGOZÍ, B.; BELDA, A.; LINARES, J.; MARTÍNEZ-PÉREZ, J.E., NAVARRO, J.T.; ESPARZA, J. A free and open source programming library for landscape metrics calculations. **Environmental Modelling and Software**, v. 31, p. 131-140, 2011.

2. ANÁLISE DA ESTRUTURA DA PAISAGEM DO PARQUE NACIONAL DOS LENÇÓIS MARANHENSES: IMPLICAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO – Manuscrito a ser enviado para o periódico *Journal for Nature Conservation* (A2, FI 1,657).

Yuri Teixeira Amaral<sup>1,2,\*</sup>, Edyane Moraes<sup>3</sup>, Larissa Barreto<sup>4</sup>

1. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, CP 202, 5590-000, Barreirinhas, Maranhão, Brasil,;

2. Universidade Federal do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação;

3. Universidade Estadual do Maranhão, Departamento de Biologia, Cidade Universitária Paulo VI, CP09, 65055-970, São Luís, MA;

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

\* Autor correspondente.

## RESUMO

Nosso trabalho avaliou os efeitos antrópicos sobre a estrutura da paisagem do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (PNLM) e sua Zona de Amortecimento e propôs estratégias de conservação e planejamento territorial para a região. Foi realizado o mapeamento supervisionado do PNLM e 3 km de seu entorno em imagens de satélite de alta resolução em escala fina (1:5000). A área mapeada foi subdividida em Unidades de Análise (UA) hexagonais de 1.000 ha cada e as seguintes métricas de paisagem foram calculadas em cada uma delas: área de cobertura (CA) de cada classe de cobertura do solo; Índice de Diversidade de Shannon (SHDI); porcentagem de cobertura vegetal (NV-COV). Foram realizadas Correlações de Pearson entre as métricas CA, de cada classe, e SHDI visando identificar as mais correlacionadas com classes antrópicas. Foi calculada também a taxa de desmatamento médio anual dos últimos 15 anos em 30 unidades amostrais de 100 ha cada, sendo 16 dentro do PNLM e 14 fora. O teste ANOVA foi aplicado para verificar se há

diferença significativa entre o desmatamento dentro e fora do PNLM. Nossos resultados mostraram que as classes antrópicas (cultivos, trilhas e povoados) apresentaram-se correlacionadas (Correlação de Pearson,  $r \approx 0,65$ ) com fitofisionomias de vegetação de restinga densa, vegetação secundária e SHDI, indicando que a conversão de uso do solo ocorre em áreas de restinga densa e promove a secundarização da vegetação e aumento da fragmentação. A taxa de desmatamento médio anual na região nos últimos 15 anos foi de 0,5% e promoveu a perda de ao menos 42% da cobertura de fitofisionomias de restinga densa. Não houve diferença estatística significativa entre o desmatamento dentro e fora do PNLM. Cinco estratégias conservacionistas e de restauração foram propostas em escala local: (a) apenas promover a conservação; (b) promover a conservação com manejo; (c) manejo para conservação e agroflorestas; (d) manejo agroflorestal e restauração; (e) restauração. A implementação de Sistemas Agroflorestais com objetivo de restauração *agro-sucessional* foi recomendado como alternativa de uso da terra.

Palavras-chave: Uso da Terra, Planejamento Territorial, Métricas de Paisagem, Ecologia de Paisagem

## INTRODUÇÃO

A conversão do uso da terra para atividades antrópicas é a principal ameaça à conservação da biodiversidade terrestre em larga escala no planeta, pois reduz a quantidade de habitat disponível aos organismos, bem como mantém os fragmentos remanescentes de habitat isolados por uma matriz de menor valor conservacionista (Fahrig, 2017; Turner, 2005). Estima-se que quando resta apenas 30% de habitat na paisagem (limiar da fragmentação) a probabilidade de sobrevivência das espécies é reduzida drasticamente (Fahrig, 2001; Martensen et al., 2012). Desta forma, para aumentar as chances da persistência dos organismos na paisagem, a conservação da natureza depende da manutenção de parcelas de habitat conservado e redes de corredores ecológicos que os conectem, garantindo aos organismos habitat adequado e capacidade de dispersão na paisagem (Haila, 2002).



Nos últimos 30 anos a ecologia de paisagens desenvolveu dezenas de métricas e índices para interpretar a configuração espacial da paisagem e sua influência sobre a biodiversidade, entretanto, seu real significado ecológico ou a aplicabilidade em programas de conservação ainda têm sido discutidos por pesquisadores (Corry & Nassauer, 2005; Kupfer, 2012). Estudos recentes têm defendido que métricas de classe de cobertura são mais eficazes para compreender os padrões de distribuição dos organismos, pois informam a quantidade de habitat disponível aos organismos numa determinada paisagem (Fahrig, 2017) e apresentam respostas mais claras e parcimoniosas à distribuição da biodiversidade (Cunningham & Johnson, 2011; Lustig et al., 2015). Desta forma, a análise de como a conversão do uso da terra afeta os padrões de distribuição da cobertura vegetal nativa é essencial para o planejamento territorial voltado à conservação (Barreto et al., 2010, Gangaghdhran et al., 2017, Villard & Metzger, 2014).

O estabelecimento e manejo de áreas protegidas, formais ou não, é uma das principais ferramentas de conservação *in situ* utilizadas para manutenção da biodiversidade ao longo do globo justamente por proteger extensas áreas de impactos humanos (Herrmann et al., 2011). Áreas protegidas têm se mostrado uma ferramenta eficiente para conservação da biodiversidade e manutenção da estrutura e função dos ecossistemas em larga escala, entretanto, o mau planejamento e gestão inadequada podem comprometer essa eficiência e colocar em risco os esforços conservacionistas (Joppa & Pfaff, 2011; Pfaff et al., 2015; Rouget et al., 2003; Santos & Schianetti, 2014). A busca pela resiliência da paisagem depende do adequado planejamento, da flexibilização das instituições de gestão ambiental e o desenvolvimento de soluções para os problemas em escala local, por meio da experimentação deliberativa com participação e aprendizado social (Cumming et al., 2013).

O Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (PNLM) é um cobiçado destino turístico do nordeste brasileiro, e abriga em seu interior importantes ecossistemas costeiros de dunas, restingas e manguezais, numa área de tensão biogeográfica entre a caatinga, o cerrado e a amazônia (Brasil, 1981). Apesar de ser uma Unidade de Conservação (UC) legalmente instituída no Brasil desde 1981, o PNLM foi criado em uma área historicamente ocupada por populações humanas tradicionais que ocuparam a região no século XVI, e até o presente nenhuma ação de regularização fundiária - reassentamento dos moradores para fora do PNLM

-, ou estabelecimento de Termos de Compromisso (TC) para conciliar as práticas tradicionais com a conservação do PNLM, foram realizadas com as famílias residentes, conforme previsto na legislação brasileira (Brasil, 2000, 2002). O último censo populacional realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) estimou uma população de mais de 1.160 famílias vivendo dentro dos limites do PNLM, em sua maioria pequenos proprietários de terra (IBGE, 2017). Estas populações desenvolvem práticas agropecuárias de subsistência no PNLM e em sua Zona de Amortecimento (ZA) com instalação de cultivos intermitentes através da conversão do uso da terra, com a retirada da cobertura vegetal nativa, geralmente com uso de fogo (Abakerli, 2001; IBAMA, 2002).

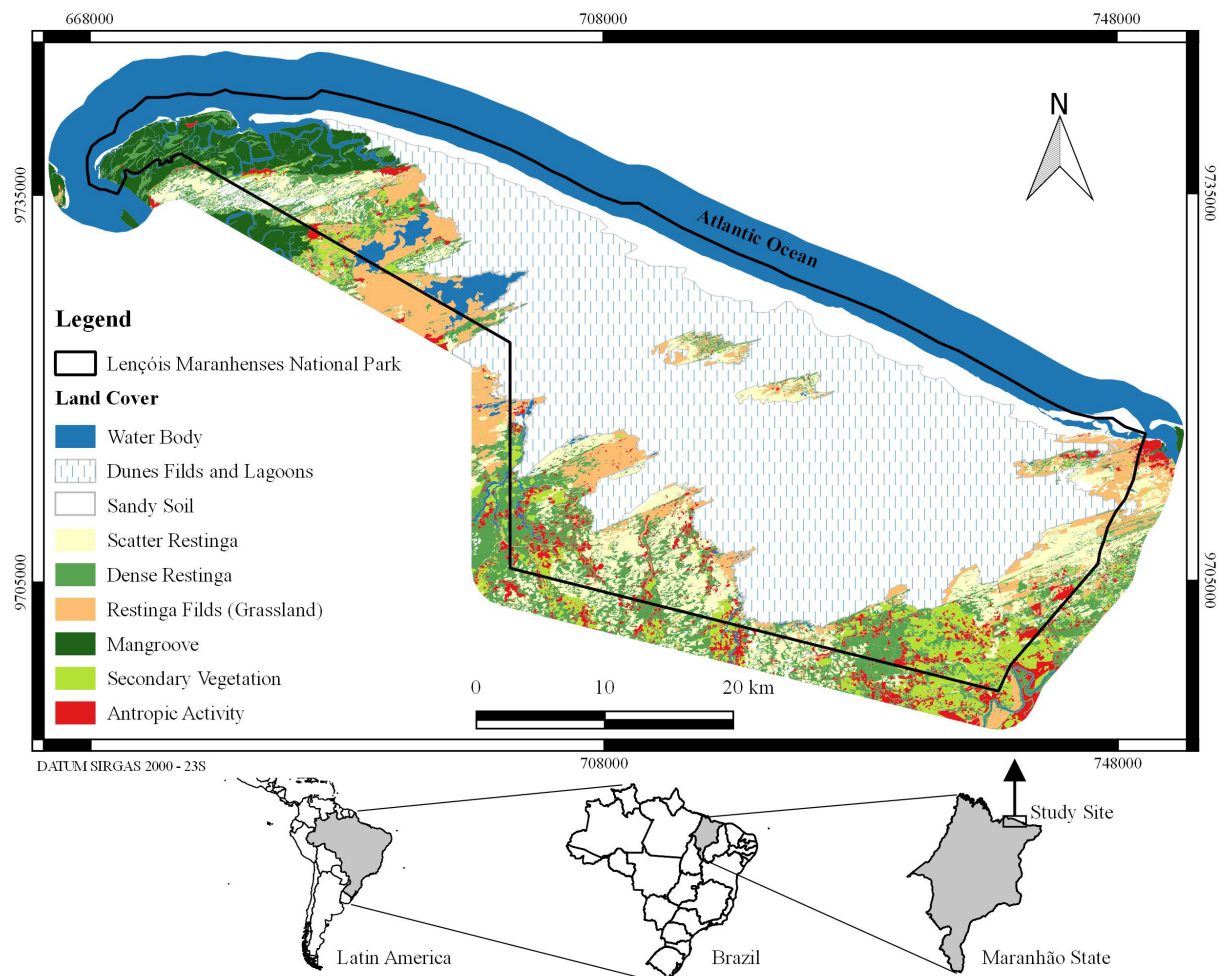
A análise dos impactos decorrentes do uso tradicional da terra no PNLM e sua ZA e o planejamento de estratégias conservacionistas em escala local são imperativos para orientar ações administrativas por parte dos gestores e tomadores de decisão. Este artigo tem por objetivo responder as seguintes questões: (i) qual o efeito da conversão de uso da terra sobre a estrutura da paisagem do PNLM e entorno? (ii) Qual a taxa de desmatamento médio anual na região, dentro e fora do Parque? Por fim, este trabalho visa propor Estratégias de Conservação adequadas para a região conforme adaptação da metodologia descrita por Barreto et al. (2010).

## **METODOLOGIA**

### *Área de estudo*

O Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses situa-se no litoral oriental do estado do Maranhão, nordeste do Brasil, entre as coordenadas 02°19' e 2°45' S; 42°44' e 43°29' W (Figura 1), em área ecotonal entre Amazônia, Caatinga e Cerrado. O PNLM abrange uma área de 155.000 ha parcialmente sobrepostos aos municípios de Barreirinhas, Santo Amaro do Maranhão e Primeira Cruz.. O clima é do tipo Zona Equatorial com duas estações marcantes ao longo do ano, de março a junho o clima é chuvoso, no restante do ano predomina o clima seco. A precipitação anual é de 1800 mm e a temperatura média é de 28,5°C com amplitude de 1,5°C (IBAMA, 2002). Os solos são arenosos e quartzosos de origem Quaternária. Eventos de transgressões e regressões marinhas ocorridas desde o pleistoceno depositaram sedimentos ao

longo do continente e formaram sucessivos campos de dunas ao longo dos últimos 100 mil anos (Parteli et al., 2006). O campo de dunas livres de vegetação atualmente ativo se desenvolve sobre paleo-dunas inativas do pleistoceno, que se encontram estabilizadas por uma cobertura de vegetação de restinga (Herrmann et al., 2005; Luna et al., 2012).



*Figura 1: Localização da área de estudo e classes amplas de cobertura da terra.*

Restingas são formações vegetais pioneiras que se desenvolvem em solos arenosos com influência fluviomarinha e apresentam diferentes fitofisionomias relacionadas com as características edáficas (Santos-Filho et al., 2013). Nos platôs das paleo-dunas do pleistoceno ocorre vegetação de restinga arbustiva esclerófito em forma de moitas espalhadas, devido à baixa umidade e nutrientes do solo. Nas encostas de vales se desenvolve vegetação de restinga

esclerófita lenhosa homogeneamente distribuída pelo solo e com formação de dossel fechado, mas que variam de porte arbustivo a arbóreo. Nas margens de rios, lagos e áreas mais baixas, que podem ou não ser sujeitas a alagamento no período chuvoso, se desenvolvem áreas de campo de restinga de hábito herbáceo, que podem ser entremeados por moitas e árvores espalhadas (Santos-Filho et al., 2011). Nas planícies de inundação costeira se desenvolvem apicuns e manguezais típicos da América equatorial.

### *Modelo conceitual*

Para melhor compreensão da interação entre atividades antrópicas e a vegetação, propomos um modelo conceitual de uso e ocupação do solo para a região, que prevê que as áreas mais impactadas pela agricultura estarão concentradas nas áreas de encosta de vales e ao longo dos cursos hídricos, onde se desenvolvem vegetações mais densas e ricas em recursos devido à maior disponibilidade de água e nutrientes no solo. Já as áreas de platôs, manguezais e campos, serão menos propensas à conversão para atividades antrópicas já que não são adequadas à agricultura.

### *Mapeamento*

O mapeamento da área de estudo para a análise da estrutura da paisagem foi realizado no programa Quantum GIS V.2.14.14 (QGIS, 2016) utilizando o complemento OpenLayer que disponibiliza imagens de satélite de alta resolução do Google Earth (Steiniger & Hay, 2009; Zaragozí et al., 2011). O mapeamento foi conduzido entre fevereiro e maio de 2017 e durante esse período as imagens de satélite mais recentes disponíveis *on line* pelo Google Earth datavam de dezembro de 2013 e junho e agosto de 2016. A área mapeada foi definida por meio da aplicação e um *buffer* de 3 km sobre o arquivo *shape* dos limites do PNLM, abrangendo a área protegida e 3 km de seu entorno. A escala de mapeamento utilizada foi 1:5.000, tendo em vista a alta heterogeneidade ambiental, comum a ambientes costeiros, e a escala fina dos impactos sobre a paisagem (Tomaselli, et al., 2012). O mapeamento foi realizado através de classificação supervisionada por meio da criação de polígonos na área

interna do *buffer* delimitando as diferentes feições da paisagem que foram classificados conforme a classe de cobertura da terra. Foram realizadas visitas a campo para validação das imagens de satélite e identificação das diferentes fisionomias da cobertura vegetal. A vegetação secundária foi identificada verificando imagens de satélite de data anterior em busca de evidências de interferências antrópicas passadas (por exemplo: cultivo intermitente). Quando não havia evidências suficientes de que um determinado fragmento se tratava de vegetação secundária, este era classificado como vegetação nativa, adotando-se portanto, um perfil conservador.

O mapeamento da área de estudo identificou 34 classes de cobertura da terra, consideradas classes restritas por representarem tipos de cobertura específica. As classes restritas foram agrupadas em nove classes amplas com intuito de facilitar a análise estatística (Tabela 1). O resultado final do mapeamento foram dois arquivos *shapefile*, sendo um com classes amplas e o outro com classes restritas, contendo polígonos representando os fragmentos de vegetação e demais classes de cobertura do solo. Após o mapeamento, os arquivos *shape* foram convertidos em arquivos *raster* com resolução de 10 m para análise da paisagem.

#### *Análise da Estrutura da paisagem*

A área mapeada foi subdividida em Unidades de Análise (UA) hexagonais idênticas de 1.000 ha cada para análise das métricas da paisagem e, por conseguinte da estrutura da paisagem. O uso de unidades amostrais hexagonais tem sido indicado para investigar a estrutura da paisagem (Birch et al., 2007), já tendo sido aplicados com sucesso em áreas de Cerrado no Maranhão (Barreto et al., 2010). Foram também geradas UA de maior escala (3.000 ha) para cada UA inicial para representar a escala regional, entretanto, análises exploratórias preliminares indicaram alta correlação de Pearson entre as duas escalas ( $r > 0.90$ ,  $p < 2.2 \cdot 10^{-16}$ ), sendo usadas, portanto, apenas a escala local.

As métricas foram calculadas por meio do programa FRASGTATS (McGarigal & Marks, 1995). Para cada UA foram calculadas as seguintes métricas: área total de cobertura (CA) de cada classe - campo de dunas (CA-DUNES), corpo d'água (CA-WATER), restinga

densa (CA-DENSE), campos de restinga (CA-GRASS), moitas espalhadas de restinga (CA-SCATTER), solo arenoso (CA-SANDY), manguezais (CA-MANG), atividade antrópica (CA-ANTRO) e vegetação secundária (CA-SECOND); porcentagem de vegetação nativa (NV-COV), e; Índice de Diversidade de Shannon (SHDI). As métricas de classe foram calculadas utilizando o mapa de classes amplas, enquanto o SHDI foi calculado em nível de paisagem, utilizando o mapa de classes restritas, pois é uma métrica de paisagem e as diferentes classes de cobertura (antrópicas ou naturais) influenciam em seu valor (Jurasinski & Beierkuhnlein, 2006; Neel et al., 2004). Detalhes das fórmulas para os cálculos das métricas podem ser obtidas em McGarigal and Marks (1995).

A métrica NV-COV foi obtida pelo somatório da área das classes de vegetação nativa (CA-DENSE, CA-SCATTER, CA-GRASS e CA-MANG) dividido pela área total da UA e multiplicado por 100, obtendo-se, desta forma, a porcentagem ocupada por classes de vegetação nativa em cada hexágono (UA). As métricas de área de cobertura de vegetação têm se mostrado adequadas para determinar o estado de conservação e os padrões da riqueza de espécies de uma determinada paisagem (Cunningham & Johnson, 2011; Lustig et al., 2015).

A métrica SHDI mede a diversidade de fragmentos na paisagem, sendo igual a 0 quando há apenas uma classe de fragmento na paisagem e aumenta junto com a quantidade de classes diferentes de fragmentos ou a distribuição proporcional de fragmentos de classes distintas. Esta métrica tem se mostrado adequada para determinar a textura (heterogeneidade) da paisagem, e está positivamente relacionada à biodiversidade de uma forma geral (Concepción et al., 2008). O SHDI indica também a fragmentação da vegetação nativa, pois leva ao aumento da textura da paisagem (Griffith et al., 2000).

Para testar o modelo conceitual de uso e ocupação do solo a métrica CA-ANTRO foi definida como variável resposta e as demais como variáveis explicativas. Análises de correlação de Pearson foram calculadas entre o resultado das métricas nas UA para verificar as correlações estatísticas entre elas. Nossa hipótese é que CA-ANTRO estará mais correlacionada ( $r \approx 0,70$ ) com CA-DENSE, CA-SECOND e SHDI do que com as demais métricas. Todos os cálculos foram realizados no programa R versão 3.3.1 (R Development Core Team, 2011).

### *Taxa de Desmatamento Anual Médio*

Para o cálculo da taxa de desmatamento médio anual na área de estudo foi realizado uma amostragem da paisagem composta de 30 hexágonos (réplicas) de 100 ha cada que representassem locais afetados por atividades antrópicas, sendo 16 dentro do PNLM e 14 em seu entorno. As amostras foram selecionadas evitando áreas ocupadas extensamente por dunas, zonas urbanas e corpos hídricos. Após a seleção das unidades amostrais, foram obtidas as mais recentes e antigas imagens de satélite possíveis disponíveis no programa Google Earth Pro 7.3 para as áreas selecionadas (Google, 2017).

As unidades de análise foram sobrepostas às imagens antigas e recentes e mapeadas com o programa Quantum GIS V.2.14.14 (QGIS, 2016) na escala de 1:5.000, seguindo o mesmo protocolo do mapeamento para análise da paisagem. Como resultado final foram obtidos dois arquivos *shapefile*, um com o resultado do mapeamento das imagens antigas e outro com as imagens recentes. Como o Google Earth disponibiliza um mosaico de imagens de períodos diferentes e algumas imagens não apresentaram qualidade suficiente ou estavam com cobertura de nuvens e não puderam ser utilizadas, não foi possível fazer o mapeamento com as imagens do mesmo ano inicial, sendo que em 11 unidades amostrais foram utilizadas imagens representantes do período inicial de 2011 a 2013 e nas demais 19 foram utilizadas imagens de 2002 a 2005. As imagens de satélite recentes são todas de 2016 ou 2017.

Após o mapeamento foi calculada a área de cobertura da vegetação nativa em cada amostra para o ano inicial e final da análise. Como as unidades amostrais não puderam ser analisadas para o mesmo período inicial e final, a taxa de desmatamento foi obtida por meio da fórmula proposta por Puyravaud (2003), pois ela leva em consideração o espaço de tempo decorrido entre a data inicial e final das imagens, fornecendo a taxa de desmatamento médio anual no período. Após obtido o resultado, foi realizada uma ANOVA entre as taxas de desmatamento das unidades amostrais localizadas dentro e fora do PNLM, a fim de verificar se há diferença significativa entre elas. Todos os cálculos foram realizados no programa R versão 3.3.1 (R Development Core Team, 2011).

## RESULTADOS

### *Análise da estrutura da paisagem*

A área total mapeada foi de 221.882,88 ha, sendo que o campo de dunas (38%) e os corpos d'água (21%) ocuparam a maior parte da área de estudo, totalizando 59% da área. A classe de cobertura vegetal mais abundante foi a CA-DENSE (11%), seguido da CA-SCATTER e CA-GRASS, ambas com 7% de cobertura e CA-MANG, com 4%. As matas de restinga arbóreas representam quase metade da classe CA-DENSE, seguida das formações arbustivas (37,31%). CA-ANTRO e áreas com vegetação secundária chegaram a 4% do território mapeado cada. Contribuíram mais para CA-ANTRO as áreas de cultivo, seguido das trilhas. As áreas de vegetação secundárias mais frequentes foram as de estágios intermediários e tardios de sucessão ecológica. O resumo das porcentagens de cobertura do solo encontra-se na Tabela 1 e o mapeamento final pode ser visualizado na Figura 1.

O resultado das correlações de Pearson entre as diferentes classes de cobertura comprovaram o modelo conceitual de uso e ocupação do solo proposto (Apêndice B.1). As atividades antrópicas estão mais correlacionadas com áreas de restinga densa ( $r = 0,66$ ,  $p < 2,2 \times 10^{-16}$ ) do que com áreas de restinga esparsa ( $r = 0,32$ ,  $p = 1,59 \times 10^{-07}$ ), campos de restinga ( $r = 0,14$ ,  $p = 0,03$ ) e manguezais ( $r = -0,04$ ,  $p = 0,416$ ), este último apresentando correlação muito fraca negativa e não significativa. As atividades antrópicas estão também moderadamente correlacionadas com a vegetação secundária ( $r = 0,67$ ,  $p < 2,2 \times 10^{-16}$ ), resultado da prática de agricultura em sistema de rodízio. O SHDI mostrou correlação moderada positiva com as classes atividade antrópica e restinga densa (0,66 e 0,65, respectivamente, ambas com  $p < 2,2 \times 10^{-16}$ ). Como o cálculo do SDI foi realizado com o mapa com 34 classes, o resultado foi influenciado pelas distintas classes restritas que compõe as classes amplas.



Tabela 1: Resultados das áreas de cobertura (CA) no mapa de classes amplas e restritas.

| Classes amplas                            | Área (ha)  | %     | Classes restritas                   | Área (ha)  | % da classe ampla | % total |
|-------------------------------------------|------------|-------|-------------------------------------|------------|-------------------|---------|
| Campo de dunas e lagoas<br>CA-DUNES       | 84,514.93  | 38.08 | Campo de dunas e lagoas             | 84,514.93  | 100               | 38.08   |
| Corpos d'água<br>CA-WATER                 | 46,263.00  | 20.85 | Oceano                              | 40,509.62  | 87.56             | 18.25   |
|                                           |            |       | Rio                                 | 3,030.12   | 6.54              | 1.36    |
|                                           |            |       | Lago                                | 2,723.27   | 5.88              | 1.22    |
| Restinga densa<br>CA-DENSE                | 23,825.48  | 10.74 | Arbórea                             | 11,847.72  | 49.72             | 5.33    |
|                                           |            |       | Arbustiva                           | 8,985.33   | 37.31             | 4.04    |
|                                           |            |       | Mata ciliar                         | 1,439.32   | 6.04              | 0.64    |
|                                           |            |       | Misto de arbórea e arbustiva        | 926.66     | 3.88              | 0.41    |
|                                           |            |       | Misto de arbórea, arbustiva e campo | 306.81     | 1.28              | 0.13    |
|                                           |            |       | Camaubal                            | 200.28     | 0.84              | 0.09    |
|                                           |            |       | Arbórea esparsa                     | 99.42      | 0.41              | 0.04    |
|                                           |            |       | Restinga litorânea                  | 19.89      | 0.08              | 0.004   |
| Campos de restinga<br>CA-GRASS            | 14,481.40  | 6.52  | Campo aberto                        | 5,792.13   | 39.99             | 2.61    |
|                                           |            |       | Misto de campo e arbustiva esparsa  | 4,946.60   | 34.15             | 2.22    |
|                                           |            |       | Margem lacustre                     | 3,406.24   | 23.52             | 1.53    |
|                                           |            |       | Várzea                              | 317.56     | 2.19              | 0.14    |
|                                           |            |       | Misto de campo e carnaubal          | 18.82      | 0.001             | 0.003   |
| Restinga arbustiva esparsa<br>CA-ESCATTER | 14,910.90  | 6.73  | Restinga arbustiva esparsa          | 14,910.90  | 100               | 6.73    |
| Solo Arenoso<br>CA-SANDY                  | 12,098.20  | 5.45  | Praia                               | 10,210.50  | 84.39             | 4.60    |
|                                           |            |       | Solo arenoso                        | 1,772.00   | 14.64             | 0.79    |
|                                           |            |       | Duna livre de vegetação             | 67.72      | 0.55              | 0.03    |
|                                           |            |       | Banco de areia                      | 47.92      | 0.39              | 0.02    |
| Manguezal<br>CA-MANG                      | 7,815.45   | 3.52  | Manguezal                           | 6,764.29   | 86.54             | 3.04    |
|                                           |            |       | Apicum                              | 1,051.16   | 13.44             | 0.47    |
| Atividade antrópica<br>CA-ANTRO           | 8,651.35   | 3.89  | Cultivo                             | 5,622.00   | 64.98             | 2.53    |
|                                           |            |       | Trilha                              | 1,141.68   | 13.19             | 0.512   |
|                                           |            |       | Povoado                             | 745.43     | 8.72              | 0.33    |
|                                           |            |       | Pastagem                            | 419.13     | 4.84              | 0.18    |
|                                           |            |       | Misto de pastagem e arbustiva       | 290.77     | 3.36              | 0.13    |
|                                           |            |       | Zona Urbana                         | 242.52     | 2.80              | 0.10    |
|                                           |            |       | Solo exposto                        | 189.28     | 2.18              | 0.08    |
| Vegetação Secundária<br>CA-SENCOD         | 9,158.19   | 4.13  | Vegetação secundária intermediária  | 4,264.44   | 46.56             | 1.92    |
|                                           |            |       | Vegetação secundária tardia         | 4,003.13   | 43.71             | 1.80    |
|                                           |            |       | Vegetação secundária pioneira       | 890.61     | 9.72              | 0.40    |
| Cobertura de nuvens                       | 163.99     | 0.07  | Cobertura de nuvens                 | 163.99     | 100               | 0.07    |
| Totais                                    | 221,882.88 | 100   |                                     | 221,882.88 |                   | 100     |

A análise da cobertura da vegetação (NV-COV) mostrou que 22,34 % das UA apresentaram de 0 a 40% de vegetação nativa, ou seja, possuem mais áreas convertidas para uso antrópico e vegetação secundária que habitat nativo conservado. No outro extremo, 26,43 % das UA apresentaram de 60 a 100% de cobertura vegetal nativa podendo ser consideradas

áreas mais conservadas. Quase metade das UA (41,38%) não apresentou cobertura vegetal, sendo que estas áreas correspondem às paisagens naturalmente desprovidas de vegetação, como o oceano, ou o campo de dunas livres de vegetação (Apêndice B.2 e Figura 2-A).

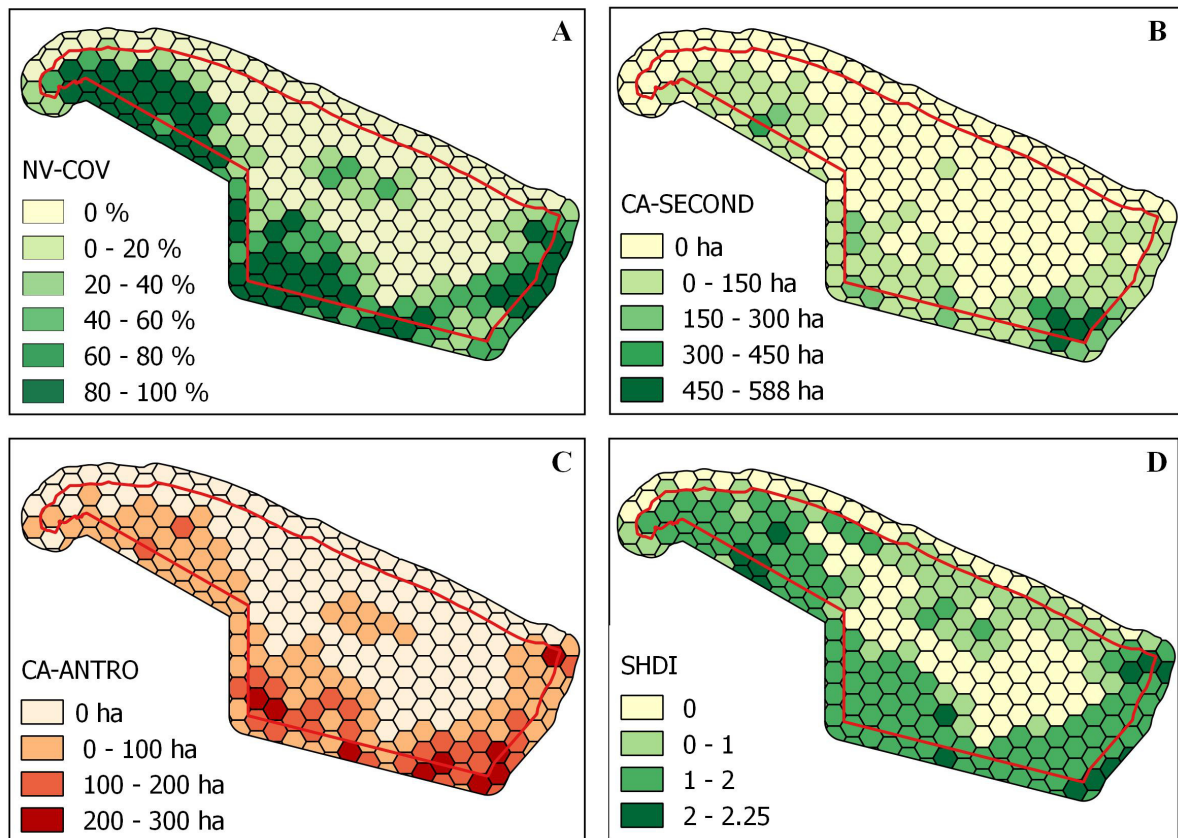


Figura 2: Resultado das métricas nas UA. A - Porcentagem de Cobertura De vegetação Nativa (NV-COV). B - Área de Cobertura da Vegetação Secundária (CA-SECOND). C - Área de Cobertura das Atividades Antrópicas (CA-ANTRO). D - Índice de Diversidade de Shannon (SHDI). UA com resultados igual a 0 correspondem à áreas ocupadas pelo campo de dunas e oceano. Os limites do PNLM estão mostrados por uma linha vermelha.

#### *Taxa de desmatamento*

A taxa anual de desmatamento na área de estudo foi, em média, de 0,5% ( $\pm 2,25$ ) ao ano de 2002 a 2017, entretanto, houve grande variação entre as unidades amostrais avaliadas, com o valor máximo de 7,82% e mínimo de -2,34%, neste caso, indicando redução do

desmatamento (Apêndice B.3 e Figura 3). Os maiores valores foram encontrados em unidades amostrais localizadas fora dos limites do PNLM, entretanto, o teste de ANOVA entre as unidades dentro e fora do PNLM não mostrou diferença significativa entre elas à 5% ( $p$ -value = 0,352).

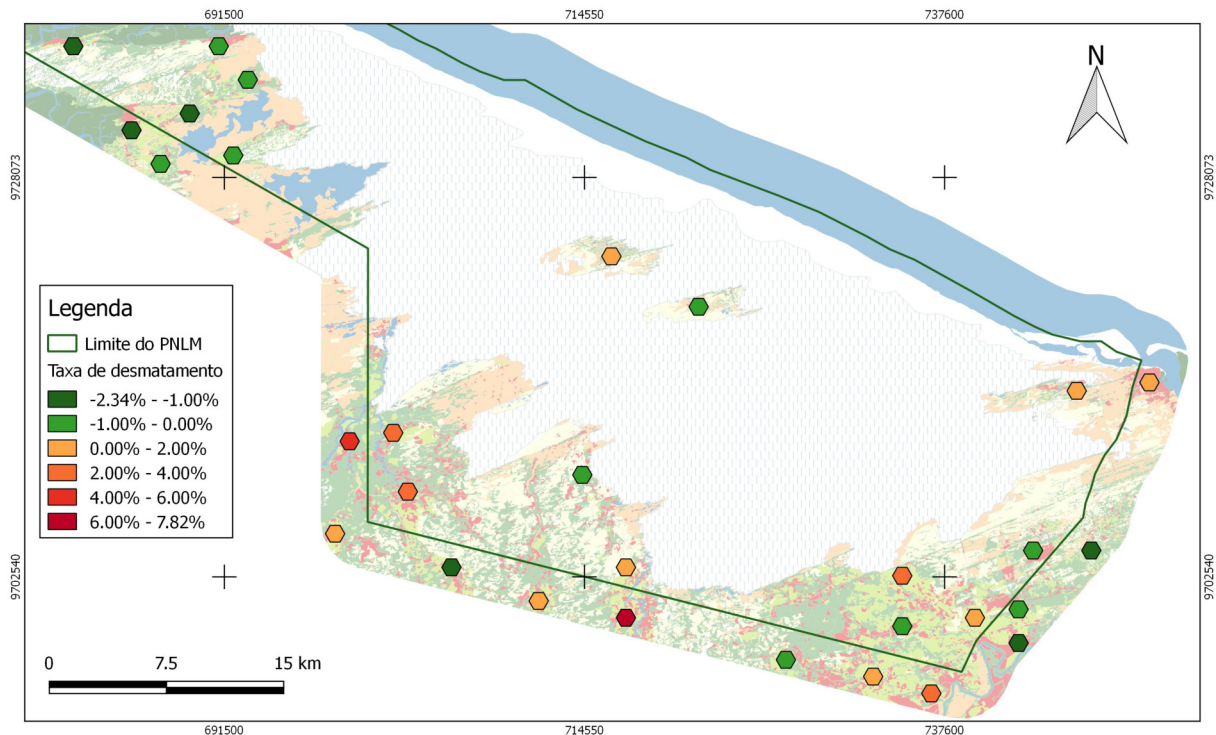


Figura 3: Mapa com a localização e resultado da taxa de desmatamento anual médio nas unidades amostrais hexagonais de 100 ha. As classes de cobertura do mapa ao fundo são idênticas às da figura 2.

### Estratégias de conservação

As estratégias propostas são baseadas na NV-COV das UA (Figura 2-A) e tem por objetivo a manutenção de fragmentos de habitat conservado e aumento da conectividade da paisagem por meio do enriquecimento da matriz, conforme adaptação de Barreto et al. (2010). Ações e prioridades foram elaboradas considerando a legislação ambiental brasileira vigente (Brasil, 2000, 2002), a fim de possibilitar sua real aplicação *in situ* (Tabela 2):

Tabela 2: Resumo das ações a serem desenvolvidas nas UA conforme resultado do NV-COV.

| Estratégia    | NV-COV   | Regularização Fundiária | Uso da terra                               | Pesquisa                                 |
|---------------|----------|-------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|
| CS-CONS       | 80-100 % | Muito urgente           | Conservação sem manejo                     | Monitoramento da biodiversidade          |
| CS-CONS-MANAG | 60-80 %  | Urgente                 | Conservação com manejo                     | Monitoramento e manejo da biodiversidade |
| CS-MANAG      | 40-60 %  | Curto prazo             | Manejo                                     | Monitoramento e manejo da biodiversidade |
| CS-MANAG-RES  | 20-40%   | Médio Prazo             | Manejo e restauração agro-sucesional (SAF) | Restauração ecológica                    |
| CS-RES        | 0-20%    | Longo prazo             | Restauração agro-sucesional (SAF)          | Restauração ecológica                    |

- CS-CONS – As UA estão bem conservadas (80 – 100% de habitat), apresentando pouca atividade antrópica. Atividades de regularização fundiária voltadas à conservação devem ser desenvolvidas nestas UA a fim de evitar novas conversões de uso da terra e perda de vegetação nativa. A Implantação de atividades agrícolas e expansão de povoados devem ser desestimuladas nestas áreas.
- CS-CONS-MANAG – As UA estão moderadamente conservadas (60 – 80% de habitat), apresentando mais fragmentos de vegetação nativa que áreas antrópicas ou secundárias. Nestas UA, ações de regularização fundiária voltadas à conservação devem ser conduzidas junto com o manejo da paisagem. Implantação de atividades agrícolas permanentes e expansão de povoados devem ser desestimuladas nestas áreas.
- CS-MANAG – As UA estão em um estágio intermediário de conservação (40-60% de habitat), portanto devem ser priorizadas ações focadas na manutenção dos fragmentos de habitat e melhora na qualidade da matriz. Sistemas Agroflorestais (SAF) podem ser implementados nas áreas já convertidas e nos fragmentos de vegetação secundária, com objetivo final de restauração *agro-sucesional* a curto prazo.
- CS-MANAG-RES – As UA estão muito afetadas pela conversão de uso da terra (20-40% de habitat) apresentando mais áreas de vegetação secundária e atividades antrópicas que vegetação nativa. Aplicação de recursos para conservação nestas áreas contribuirá pouco para a conservação da biodiversidade. SAFs devem ser implementadas nos fragmentos de vegetação secundária em estágios iniciais de sucessão ecológica com objetivo final de restauração *agro-sucesional* a médio prazo.

- CS-RES – As UA estão em situação crítica (0-20 % de habitat), a aplicação de recursos para conservação nestas áreas contribuirá muito pouco com a conservação da biodiversidade. Nestas UA recomenda-se seguir a legislação conservacionista vigente. SAFs devem ser implementadas nas áreas já convertidas e nos fragmentos de vegetação secundária em estágios iniciais de sucessão ecológica com objetivo final de restauração *agro-sucessional* a longo prazo.

## DISCUSSÃO

### *Análise da estrutura da paisagem*

Nossos resultados mostram que a prática agrícola tradicional das comunidades dos Lençóis Maranhenses é capaz de alterar a estrutura da paisagem do PNLM e entorno, mas ainda mantém fragmentos de habitat importantes para conservação. Esta configuração se assemelha mais ao “*modelo da variação*” que ao “*modelo da fragmentação*”, segundo McIntyre e Hobbs (1999), pois não houve a transformação de uma paisagem homogênea em uma paisagem binária (fragmento x matriz), mas sim um aumento da diversidade de classes de cobertura, representado por uma matriz complexa (áreas de cultivo, trilhas, vegetação secundária em diferentes estágios de sucessão) e fragmentos de vegetação nativa de diferentes classes (Fischer et al., 2004).

As atividades antrópicas ocorreram em toda extensão da vegetação de restinga (Figura 3-C) evidenciando que trilhas, povoados e cultivos ocorrem próximos aos ambientes naturais. Ribeiro et al. (2015, 2016) estudaram os efeitos das atividades antrópicas sobre a vegetação de caatinga no estado de Pernambuco, em comunidades com práticas agropastoris semelhantes aos observados nos Lençóis Maranhenses (cultivos intermitentes e criação de caprinos e bovinos soltos) e encontraram uma relação entre o empobrecimento biológico e filogenético da vegetação e a proximidade com residências, estradas e instalações agrícolas. O uso moderado e crônico da terra (coleta de lenha, produtos florestais não madeireiros, pecuária extensiva, entre outros) em florestas de savana na Índia levou a alterações na composição funcional da vegetação, com a substituição de espécies nativas por exóticas, sem alterar entretanto a diversidade funcional (Mandle & Ticktin, 2015). Embora nosso estudo não

tenha avaliado a biodiversidade, os resultados destes autores sugerem que pode estar havendo empobrecimento da vegetação de restinga nativa nos fragmentos remanescentes dos Lençóis Maranhenses.

Áreas de cultivo contribuíram mais para CA-ANTRO, totalizando 5.622,00 ha, sendo a principal atividade antrópica responsável pela perda de habitat e empobrecimento da vegetação por meio da secundarização. Como a prática agrícola tradicional dos Lençóis Maranhenses é baseada em rodízios (Abakerli, 2001), as matas secundárias ocorreram na mesma proporção que as atividades antrópicas (cerca 9.000,00 ha cada). Apesar de não fornecerem habitat de qualidade para organismos especialistas, áreas de matriz heterogêneas ocupadas por vegetação secundária servem de passagem entre os fragmentos e possuem recursos importantes para espécies mais generalistas (Kuroe et al., 2011). Desta forma, a conservação e conectividade entre os habitats nos Lençóis Maranhenses podem ser obtidos em boa parte com o manejo adequado da vegetação secundária e implementação de práticas agrícolas sedentárias menos agressivas para a biodiversidade.

As correlações entre as classes de cobertura indicam claramente quais tipos de habitat estão mais propensos a serem convertidos para agricultura: as matas de restinga densa. Desta forma, os 17.809,54 ha do território mapeado ocupado por vegetação secundária e atividades antrópicas foi resultado do desmatamento de matas de restinga densa. Considerando que restam apenas 23.825,48 ha de formações de restinga densa, pode-se dizer que ao menos 42% da cobertura vegetal original deste tipo de vegetação já foram convertidas para uso antrópico. Devido à alta heterogeneidade ambiental da área de estudo e as dificuldades inerentes ao mapeamento, que podem levar à classificações equivocadas (Lausch et al., 2015; Li & Wu, 2004), esta percentagem pode ser ainda maior, tendo em vista a dificuldade de distinguir por meio de imagens de satélite a vegetação secundária da restinga arbustiva fechada, o que pode ter superestimado os valores de CA-DENSE em detrimento de CA-SECOND.

As trilhas presentes na área estudada também apresentaram números expressivos com 1.142 ha utilizados para este fim, correspondendo a 13% das classes antrópicas (CA-ANTRO). Pequenas aberturas na vegetação, como estradas vicinais sem pavimentação, mesmo que com baixo tráfego e cobertura de dossel dos fragmentos adjacentes, podem impedir o movimento de organismos especialistas de interior de florestas, afetando a

conectividade e fluxo gênico entre populações isoladas (Laurance et al., 2004; Powell et al., 2016). A falta de manejo adequado das trilhas e controle nas aberturas de novos acessos já foi citada como uma ameaça à conservação da herpetofauna do PNLM (Miranda et al., 2012). Desta forma, o planejamento e manejo adequado das trilhas é necessário para melhorar a conectividade e conservação da biodiversidade na região.

Os povoados somaram 745 ha, sendo mais importantes que zonas urbanas, que atingiram apenas 242 ha na área mapeada, e correspondem a 8,72% de CA-ANTRO. Este resultado está relacionado com a ausência de ações de regularização fundiária desenvolvidas no PNLM, que permitiram o aumento das populações humanas na área protegida nas últimas 3 décadas (Abakerli, 2001). Rocha et al., (2010), citam a regularização fundiária como o principal entrave para a adequada conservação da biodiversidade nos Parques Nacionais brasileiros. De fato, a proximidade com populações humanas pode conduzir ao empobrecimento da vegetação nativa pelo uso moderado dos recursos (Ribeiro et al., 2015, 2016).

A correlação entre CA-ANTRO, SHDI e CA-DENSE indica aumento da textura da paisagem provocado pela fragmentação das manchas de habitat de restinga e a manutenção de uma matriz heterogênea (Griffith et al., 2000; Jurasinski & Beierkuhnlein, 2006). A métrica SHDI é sensível à estrutura da paisagem e pode variar dependendo da região e tratamentos (Castillo et al., 2015). Satir & Erdogan (2016) observaram que a conversão do uso da terra para agricultura levou à diminuição do valor de SHDI, pela substituição da vegetação nativa heterogênea por uma matriz homogênea dominada pela agricultura, na Turquia. Resultado semelhante foi observado na Alta Garrotxa, na Espanha, onde o manejo da floresta teve como resultado a redução do SHDI em 50 anos, indicando homogeneização da paisagem (Vila Subirós et al., 2009). Já Heredia-Laclaustra et al. (2013) observaram que o abandono de áreas agrícolas e o reflorestamento na região dos Pirineus, na Espanha, aumentaram a heterogeneidade da paisagem.

Embora haja uma relação positiva entre o SHDI e índices de biodiversidade *in loco* (Concepción, et al., 2008), nossos resultados são cautelosos, pois o aumento da heterogeneidade na área de estudo se deu por meio da destruição de habitats prístinos que detêm mais recursos para a persistência de organismos sensíveis a atividades antrópicas. Ou

seja, é mais provável que o aumento no SHDI resulte numa maior riqueza de espécies generalistas em detrimento das especialistas. Estudos recentes defendem que a fragmentação pode ser positiva para o aumento da biodiversidade, desde que a mesma quantidade de habitat seja mantida na paisagem (Fahrig, 2017; Melo et al., 2017; Seibold et al., 2017), o que não foi verificado em nosso estudo.

Nossas análises da cobertura da vegetação nativa em escala local mostraram que 22,3% das UA possuem < 40% de porcentagem de cobertura de vegetação nativa, portanto, próximo ao limiar da fragmentação que prevê perdas significativas da biodiversidade em paisagens com menos de 30% de cobertura de vegetação (Fahrig, 2001; Martensen, et al., 2012). Quando a UA está abaixo do limite da fragmentação, é esperado que a persistência de populações de espécies que requerem habitats de alta qualidade de habitat seja baixa. Barreto et al. (2010), observaram que 43% da sub-bacia hidrográfica do rio Balsas no estado do Maranhão está comprometida, apresentando < 30% de cobertura vegetal, comprometendo a conservação de aves e mamíferos naquela área (Barreto et al., 2012). Por outro lado, nossas análises mostraram que 26,4% das UA possuem > 60% de porcentagem de cobertura, indicando melhor conservação. Pode-se dizer, portanto, que a área estudada está moderadamente conservada, considerando que UA em estado crítico e bem conservadas ocorrem em proporção semelhante. Entretanto, fica evidente a necessidade de restauração da vegetação nativa nas UA mais críticas para aumentar o tamanho dos fragmentos e reduzir os efeitos da fragmentação (Lindenmayer et al., 2006).

A conversão de uso da terra no PNLN reduziu de maneira drástica habitats importantes para conservação da biodiversidade, promovendo o empobrecimento fitofisiológico da paisagem. Habitats de qualidade, como matas de restinga e matas ciliares estão sendo convertidas para uso antrópico e sofrendo secundarização. Já habitats com menos complexidade estrutural, como formações de restinga em moitas espalhadas, tendem a aumentar sua abundância relativa na paisagem por não sofrer conversão de uso. Populações de *Leopardus tigrinus* e *Lontra longicaudis*, espécies ameaçadas de extinção que ocorrem na região (IUCN, 2016), são afetadas pela perda de habitats de restinga densa, pois são sensíveis à presença humana e dependentes de grandes áreas de floresta conservada (Galant et al., 2015; Lyra-Jorge et al., 2010; Nagy-Reis et al., 2017; Triglia et al., 2016). Portanto, ações



conservacionistas voltadas para melhoria da estrutura da paisagem no PNLM, deveriam focar no aumento de habitat de mata de restinga na paisagem e recolonização gradual das populações humanas em áreas fora do PNLM.

#### *Taxa de desmatamento*

Atividades antrópicas têm promovido o desmatamento da vegetação nativa de forma lenta, porém contínua, ameaçando a conservação de habitats importantes para biodiversidade. Embora a taxa de desmatamento no PNLM e entorno seja baixa, seu efeito a longo prazo levou a perda de 42% da vegetação de restinga densa. De forma semelhante, Krishna et al. (2014) relataram uma taxa de desmatamento médio anual de 0,02% em florestas em Andhara Pradesh, Índia, entre 2005 e 2011, entretanto, se observado esta taxa em formações vegetais específicas como as florestas mistas de teca, este índice chega a 0,76 % ao ano e, em oito décadas, levou à perda de 49% das florestas naquela região.

Mais preocupante é observar que a taxa de desmatamento dentro do PNLM não se diferencia estatisticamente do observado fora do PNLM. Pode-se dizer, portanto, que as políticas públicas voltadas à conservação do PNLM, tal qual têm sido implementadas nos últimos 15 anos, não tem resultado no aumento da resiliência ambiental dos ambientes protegidos. Cumming et al. (2013) propõem que para aumentar a resiliência da paisagem as instituições devem buscar formas alternativas de manejo e a inclusão dos agentes sociais em programas de restauração. A implantação de Sistemas Agroflorestais na área de estudo pode colaborar com a redução da pressão sobre a estrutura da paisagem, pois promovem a produção agrícola sedentária e possuem potencial para restauração *agro-sucessional* (Murniati et al., 2001; Vieira et al., 2009).

#### *Estratégias de conservação*

Considerando os elevados custos inerentes à restauração florestal, principalmente em áreas extensas, é importante planejar estratégias adequadas que possibilitem atingir os objetivos conservacionistas com eficiência (Vieira et al., 2009). Bhagwat et al. (2005)

destacam o papel das reservas informais e agroflorestas na conservação da biodiversidade nos Gates Ocidentais da Índia e recomendam o uso desta estratégia de conservação em regiões onde reservas formais são circundadas por uma matriz de áreas cultivadas. Entretanto, para garantir o status de conservação que se pretende de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, as agroflorestas devem ser implementadas como medida transitória, com objetivo de melhorar a qualidade da matriz a curto e médio prazo, e restaurar a vegetação nativa a longo prazo (Vieira et al., 2009).

Nas UA onde a cobertura vegetal se encontra mais íntegra (NV-COV > 60%), não há necessidade de grandes ações de manejo da paisagem, sendo suficiente a manutenção da cobertura vegetal e redução da pressão antrópica sobre os recursos naturais, possibilitando regeneração natural da vegetação nativa. Nestas UA, ações de regularização fundiária são mais importantes que o manejo da paisagem. Em UA com NV-COV < 60%, o manejo passa a ser gradativamente mais importante que a regularização fundiária. Nestas áreas, gestores devem estabelecer Termos de Compromisso com a comunidade visando a implementação de SAF com objetivo de restauração *agro-sucessional* e garantir a proteção dos fragmentos de vegetação nativa. Os TC devem focar na melhoria da qualidade da matriz, aumento da cobertura vegetal, recuperação das matas ciliares e redução da conversão de uso do solo (Lindenmayer et al., 2006). Como resultado, espera-se que a restauração da cobertura vegetal aumente as chances de persistência da biodiversidade na paisagem como um todo.

As estratégias de conservação apresentadas possuem potencial de orientar as ações dos gestores do PNLM visando obtenção de resultados mais rápidos e eficazes ao concentrar esforços em UA específicas (Barreto et al., 2010). Ao envolver a comunidade no processo de restauração do PNLM, em vez de se opor a ela, abre-se uma janela de oportunidades na busca da conservação dos Lençóis Maranhenses ao mesmo tempo em que se assegura a qualidade de vida das pessoas inseridas na paisagem. A implantação de Sistemas Agroflorestais em lugar das convencionais roças intermitentes de mandioca (*Manihot esculenta*) e plantios sedentários de Caju (*Anacardium occidentale*), pode ajudar no desenvolvimento das populações humanas ao mesmo tempo em que eleva a qualidade ambiental da matriz e evita desmatamento de fragmentos conservados (Lindenmayer et al., 2006; Nair, 2011).

Pesquisas *in situ*, com intuito de avaliar a biodiversidade *in loco* e investigar os efeitos da agricultura tradicional sobre ela, são altamente encorajados para subsidiar nossos resultados, já que impactos moderados que não alteram a paisagem, como sobrepesca, exploração de produtos florestais e pecuária, são difíceis de serem avaliados através de análises de paisagem. A implementação de um programa de monitoramento da biodiversidade, ao mesmo tempo em que se implementam as estratégias de conservação, torna-se fundamental para avaliar a efetividade das ações propostas.

## CONCLUSÃO

A conversão do uso da terra afeta a estrutura da paisagem do PNLM ao promover o aumento da fragmentação, secundarização da vegetação de restinga, e redução dos habitats de restinga densa, principalmente ao sul da área de estudo. Habitats menos diversos e com estrutura mais simples (campos abertos e restingas esparsas) tornam-se proporcionalmente mais abundantes na paisagem em decorrência das conversões de uso de áreas de restinga densa, podendo afetar a conservação de espécies ameaçadas. A vegetação nativa tem sido desmatada lenta e constantemente nos últimos 15 anos, desta forma, urge uma gestão mais intensa dentro da unidade de conservação, principalmente de caráter restritivo às ações antrópicas degradantes e incentivo à práticas agrícolas mais amigáveis à biodiversidade. A metodologia adaptada de Barreto et al. (2010) para definição de estratégias conservacionistas se mostraram adequadas para o planejamento territorial do PNLM, para promover o aumento a cobertura de vegetação nativa das UA e, assim, melhorar a conservação da biodiversidade na região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abakerli, S. (2001). A critique of development and conservation policies in environmentally sensitive regions in Brazil. *Geoforum*, 32(4), 551–565, [https://doi.org/10.1016/S0016-7185\(01\)00015-X](https://doi.org/10.1016/S0016-7185(01)00015-X)

Barreto, L., Ribeiro, M. C., Veldkamp, A., van Eupen, M., Kok, K., & Pontes, E. (2010). Exploring effective conservation networks based on multi-scale planning unit analysis. A case study of the Balsas sub-basin, Maranhao State, Brazil. *Ecological Indicators*, 10(5), 1055–1063, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.03.001>

Barreto, L.; Van Eupen, M.; Kok, K.; Jongman R. H. G.; Ribeiro, M. C.; Veldkamp, A.; Hass, A.; Oliveira, T. G. (2012). The impact of soybean expansion on mammals and bird, in the Balsas region, north Brazilian Cerrado. *Journal for Nature Conservation*, 20, 374-383, <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2012.07.003>

Bhagwat, S.; Kushalappa, C.; Williams, P.; Brown, N. (2005) The Role of Informal Protected Areas in Maintaining Biodiversity in the Western Ghats of India. *Ecology and Society*, 10(1): 8, <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art8/>

Birch, C. P. D., Oom, S. P., & Beecham, J. A. (2007). Rectangular and hexagonal grids used for observation, experiment and simulation in ecology. *Ecological Modelling*, 206(3–4), 347–359, <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.03.041>

BRASIL (1981). Decreto nº 86.080 de 02 de junho de 1981. Cria, no Estado do Maranhão, o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, com os limites que especifica e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-86060-2-junho-1981-435499-publicacaooriginal-1-pe.html> acessado em 10.11.17.

BRASIL (2000). Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, parágrafo 1o, incisos I, II, III, VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm) acessado em 10.11.17.

BRASIL (2002). Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4340.html](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4340.html) acessado em 10.11.17.

Castillo, M. E., García-Martin, A., Longares Aladrén, L. A., & de Luis, M. (2015). Evaluation of forest cover change using remote sensing techniques and landscape metrics in Moncayo Natural Park (Spain). *Applied Geography*, 62, 247–255, <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.05.002>

Concepción, E.D.; Diaz, M.; Baquero, R.A. (2008). Effects of landscape complexity on the ecological effectiveness of agri-environment schemes. *Landscape Ecology*, 23, 135–148.

Corry, R.C.; Nassauer, J.I. (2005). Limitations of using landscape patterns indices to evaluate the ecological consequences of alternative plans designs. *Landscape and Urban Planning*, 72(4), 265-280, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.04.003>

Cumming, G., Olsson, P., Chapin, F., & Holling, C. (2013). Resilience, experimentation, and scale mismatches in social-ecological landscapes. *Landscape Ecology*, 28(6), 1139–1150, <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9725-4>

Cunningham, M., & Johnson, D. (2011). Seeking Parsimony in Landscape Metrics. *Journal of Wildlife Management*, 75(3), 692–701, <https://doi.org/10.1002/jwmg.85>

Fahrig, L. (2001) How much habitat is enough? *Biological Conservation*, 100(1), 65–74, DOI: 10.1016/S0006-3207(00)00208-1

- Fahrig, L. (2017). Ecological Responses to Habitat Fragmentation per se. *Annual Review Of Ecology Evolution And Systematics*, 48, 1-23, <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022612>
- Fischer, J.; Lindenmayer, D. B.; Fazey, I. (2004). Appreciating Ecological Complexity: Habitat Contours as a Conceptual Landscape Model. *Conservation Biology*, 18(5), 1245–1253, 2004.
- Galant, D.; Vasseur, Drumond, M.; Tremblay, E.; Bérubé, C.H. (2009). Habitat selection by river otters (*Lontra canadensis*) under contrasting land-use regimes. *Can. J. Zool*, 87, 422-432, <https://doi.org/10.1139/Z09-035>
- Gangadharan, A., Vaidyanathan, S., & St. Clair, C. C. (2017). Planning connectivity at multiple scales for large mammals in a human-dominated biodiversity hotspot. *Journal for Nature Conservation*, 36, 38–47, <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2017.02.003>
- Google (2017). Google Earth Pro 7.3, <https://earth.google.com/download-earth.html> acessado 13.12.2017.
- Griffith, J. A., Martinko, E. A., & Price, K. P. (2000). Landscape structure analysis of Kansas at three scales. *Landscape and Urban Planning*, 52(1), 45–61, [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00112-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00112-2)
- Haila, Y. (2002). A Conceptual Genealogy of Fragmentation Research: From Island Biogeography to Landscape Ecology. *Ecological Applications*, 12(2), 321–334, [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2002\)012\[0321:ACGOFR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2002)012[0321:ACGOFR]2.0.CO;2)
- Heredia-Laclaustra, A.; Frutor-Mejías, L. F.; Gonzalez-Hidalgo, J. C. (2013) Differences in landscape evolution between two Pre-pyrenean municipalities (Alquezar and Valle de Lierp) during the second half of the 20th century. *Applied Geography*, 168, 77-101.

Herrmann, G., Machado, R. B., & Macedo, D. R. (2011). Planejamento para a Conservação da Biodiversidade Regional: uma proposta metodológica para a indicação de áreas prioritárias para a recuperação, formação de microcorredores e criação de unidades de conservação. *ResearchGate*, 118–181.

Herrmann, H. J., Andrade, J. S., Schatz, V., Sauermann, G., & Parteli, E. J. R. (2005). Calculation of the separation streamlines of barchans and transverse dunes. *Physica A-Statistical Mechanics and Its Applications*, 357(1), 44–49, <https://doi.org/10.1016/j.physa.2005.05.057>

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2002). Plano de Manejo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, *IBAMA/MMA*, <http://www.icmbio.gov.br/parnalencoismaranhenses/planos-de-manejo.html> acessado 13.12.2017.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017). Senso Demográfico Brasileiro 2010, <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html> acessado 01.05.17.

IUCN, International Union for Conservation of Nature (2016). The IUCN Red List of Threatened Species, <http://www.iucnredlist.org> acessado 21.04.17.

Joppa, L. N., & Pfaff, A. (2011). Global protected area impacts. *Proceedings of the Royal Society B*, 278(1712), 1633–1638, <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.1713>

Jurasinski, G., & Beierkuhnlein, C. (2006). Spatial patterns of biodiversity-assessing vegetation using hexagonal grids. *Biology and Environment*, 106B(3), 401–411, <https://doi.org/10.3318/BIOE.2006.106.3.401>

Krishna, P. H., Saranya, K. R. L., Reddy, C. S., Jha, C. S., & Dadhwal, V. K. (2014). Assessment and monitoring of deforestation from 1930 to 2011 in Andhra Pradesh, India using remote sensing and collateral data. *Current Science*, 107(5), 867–875.

- Kupfer, J. A. (2012). Landscape ecology and biogeography: Rethinking landscape metrics in a post-FRAGSTATS landscape. *Progress in Physical Geography*, 36(3), 400–420., <https://doi.org/10.1177/0309133312439594>
- Kuroe, M., Yamaguchi, N., Kadoya, T., & Miyashita, T. (2011). Matrix heterogeneity affects population size of the harvest mice: Bayesian estimation of matrix resistance and model validation. *Oikos*, 120(2), 271–279, <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18697.x>
- Laurance, S. G. W., Stouffer, P. C., & Laurance, W. F. (2004). Effects of Road Clearings on Movement Patterns of Understory Rainforest Birds in Central Amazonia. *Conservation Biology*, 18(4), 1099–1109, <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00268.x>
- Lausch, A., Blaschke, T., Haase, D., Herzog, F., Syrbe, R.-U., Tischendorf, L., & Walz, U. (2015). Understanding and quantifying landscape structure – A review on relevant process characteristics, data models and landscape metrics. *Ecological Modelling*, 295, 31–41, <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.08.018>
- Li, H. B., & Wu, J. G. (2004). Use and misuse of landscape indices. *Landscape Ecology*, 19(4), 389–399, <https://doi.org/10.1023/B:LAND.0000030441.15628.d6>
- Lindenmayer, D. B., Franklin, J. F., & Fischer, J. (2006). General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 131(3), 433–445, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.02.019>
- Luna, M. C. M. de M., Parteli, E. J. R., & Herrmann, H. J. (2012). Model for a dune field with an exposed water table. *Geomorphology*, 159, 169–177, <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.03.021>
- Lustig, A., Stouffer, D. B., Roigé, M., & Worner, S. P. (2015). Towards more predictable and consistent landscape metrics across spatial scales. *Ecological Indicators*, 57, 11–21, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.03.042>



- Lyra-Jorge, M. C., Ribeiro, M. C., Ciocheti, G., Tambosi, L. R., & Pivello, V. R. (2010). Influence of multi-scale landscape structure on the occurrence of carnivorous mammals in a human-modified savanna, Brazil. *European Journal of Wildlife Research*, 56(3), 359–368, <https://doi.org/10.1007/s10344-009-0324-x>
- Mandle, L., & Ticktin, T. (2015). Moderate land use changes plant functional composition without loss of functional diversity in India's Western Ghats. *Ecological Applications*, 25(6), 1711–1724, <https://doi.org/10.1890/15-0068.1>
- Martensen, A. C.; Ribeiro, M.C.; Banks-Leite, C.; Prado, P.I.; Metzger, J.P. (2012). Associations of Forest Cover, Fragment Area, and Connectivity with Neotropical Understory Bird Species Richness and Abundance. *Conservation Biology*, 26(6), 1100–1111, [10.1111/j.1523-1739.2012.01940.x](https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01940.x)
- McGarigal, K., & Marks, B. J. (1995). FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. *USDA Forest Service Technical Report PNW-GTR, 351, Pacific Research Station, Portland.*
- McIntyre, S., & Hobbs, R. (1999). A framework for conceptualizing human effects on landscapes and its relevance to management and research models. *Conservation Biology*, 13(6), 1282–1292, <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.97509.x>
- Melo, G. L., Sponchiado, J., Cáceres, N. C., & Fahrig, L. (2017). Testing the habitat amount hypothesis for South American small mammals. *Biological Conservation*, 209, 304–314, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.02.031>
- Miranda, J. P., Lopes Costa, J. C., & Rocha, C. F. D. (2012). Reptiles from Lencois Maranhenses National Park, Maranhao, northeastern Brazil. *Zookeys*, 246, 51–68, <https://doi.org/10.3897/zookeys.246.2593>
- Murniati, D., Garrity, A., & Gintings, A. (2001). The contribution of agroforestry systems to reducing farmers' dependence on the resources of adjacent national parks: a case study from

- Sumatra, Indonesia. *Agroforestry Systems*, 52(3), 171–184, <https://doi.org/10.1023/A:1012047602192>
- Nagy-Reis, M.B.; Nichols, J.D.; Chiarello, A.G.; Ribeiro, M.C; Setz, E.Z.F. (2017). Landscape Use and co-occurrence Patterns of Neotropical Spotted Cats. *PloS ONE*, 12(1), Doi:10.1371/journal.pone.0168441
- Nair, P. K. R. (2011). Agroforestry Systems and Environmental Quality: Introduction. *Journal of Environmental Quality*, 40(3), 784–790, <https://doi.org/10.2134/jeq2011.0076>
- Neel, M. C., McGarigal, K., & Cushman, S. A. (2004). Behavior of class-level landscape metrics across gradients of class aggregation and area. *Landscape Ecology*, 19(4), 435–455, <https://doi.org/10.1023/B:LAND.0000030521.19856.cb>
- Parteli, E. J. R., Schwaemmle, V., Herrmann, H. J., Monteiro, L. H. U., & Maia, L. P. (2006). Profile measurement and simulation of a transverse dune field in the Lençóis Maranhenses. *Geomorphology*, 81(1–2), 29–42, <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.02.015>
- Pfaff, A., Robalino, J., Herrera, D., & Sandoval, C. (2015). Protected Areas' Impacts on Brazilian Amazon Deforestation: Examining Conservation - Development Interactions to Inform Planning. *Plos One*, 10(7), e0129460, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129460>
- Powell, L. L., Wolfe, J. D., Johnson, E. I., & Stouffer, P. C. (2016). Forest recovery in post-pasture Amazonia: Testing a conceptual model of space use by insectivorous understory birds, *Biological Conservation*, 194, 22–30.
- Puyravaud, J. P. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 177(1–3), 593–596, [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00335-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00335-3)
- QGIS DEVELOPMENT TEAM (2016). QGIS Geographic Information System V 2.14. *Open Source Geospatial Foundation project*. <http://qgis.osgeo.org> Acessado em: 24 nov. 2017.

- R Development Core Team. (2011). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*. Vienna, Austria: <http://www.R-project.org/> acessado 10.11.17.
- Ribeiro, E. M. S., Arroyo-Rodríguez, V., Santos, B. A., Tabarelli, M., & Leal, I. R. (2015). Chronic anthropogenic disturbance drives the biological impoverishment of the Brazilian Caatinga vegetation. *Journal of Applied Ecology*, 52(3), 611–620, <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12420>
- Ribeiro, E. M. S., Santos, B. A., Arroyo-Rodríguez, V., Tabarelli, M., Souza, G., & Leal, I. R. (2016). Phylogenetic impoverishment of plant communities following chronic human disturbances in the Brazilian Caatinga. *Ecology*, 97(6), 1583–1592, <https://doi.org/10.1890/15-1122.1>
- Rocha, L. G. M.; Drummond, J. A.; Ganem, R. S. (2010) Parque Nacionais Brasileiros: problemas fundiários e alternativas para a sua resolução. *Revista Sociologia e Política*, 18(36), 205-226.
- Rouget, M., Richardson, D. M., & Cowling, R. M. (2003). The current configuration of protected areas in the Cape Floristic Region, South Africa - reservation bias and representation of biodiversity patterns and processes. *Biological Conservation*, 112(1–2), 129–145, [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00396-8](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00396-8)
- Santos, C. Z., & Schiavetti, A. (2014). Spatial analysis of Protected Areas of the coastal/marine environment of Brazil. *Journal for Nature Conservation*, 22(5), 453–461, <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.05.001>
- Santos-Filho, F. S., Almeida Jr., E. B., Soares, C. J. dos R. S., & Zickel, C. S. (2011). Fisionomias das Restingas do Delta do Parnaíba, Nordeste, Brasil (Faces of the Salt Marshes of Delta Parnaíba, Northeastern Brasil). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 3(3), 218–227, <https://doi.org/10.5935/rbgf.v3i3.113>

- Santos-Filho, F. S., Almeida Jr., E. B., & Zickel, C. S. (2013). Do edaphic aspects alter vegetation structures in the Brazilian restinga? *Acta Botanica Brasilica*, 27(3), 613–623, <https://doi.org/10.1590/S0102-33062013000300019>
- Satir, O., & Erdogan, M. (2016). Monitoring the land use/cover changes and habitat quality using Landsat dataset and landscape metrics under the immigration effect in subalpine eastern Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 75(15), 1–10, <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5927-4>
- Seibold, S., Bässler, C., Brandl, R., Fahrig, L., Förster, B., Heurich, M., Müller, J. (2017). An experimental test of the habitat-amount hypothesis for saproxylic beetles in a forested region. *Ecology*, 98(6), 1613–1622, <https://doi.org/10.1002/ecy.1819>
- Steiniger, S., & Hay, G. J. (2009). Free and open source geographic information tools for landscape ecology. *Ecological Informatics*, 4(4), 183–195, <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2009.07.004>
- Tomaselli, V., Tenerelli, P., & Sciandrello, S. (2012). Mapping and quantifying habitat fragmentation in small coastal areas: a case study of three protected wetlands in Apulia (Italy). *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(2), 693–713, <https://doi.org/10.1007/s10661-011-1995-9>
- Triglia, A.P.; Gómez, J.J.; Cassini, M.H.; Túnez, J.I. (2016). Genetic diversity in the Neotropical river otter, *Lontra longicaudis* (Mammalia, Mustelidae), in the Lower Delta of Parana River, Argentina and its relation with habitat suitability. *Hydrobiologia*, 768, 287–298, DOI 10.1007/s10750-015-2557-x
- Turner, M. G. (2005). Landscape ecology: What is the state of the science? *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 36, 319–344, <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.36.102003.152614>

Vieira, D. L. M., Holl, K. D., & Peneireiro, F. M. (2009). Agro-Successional Restoration as a Strategy to Facilitate Tropical Forest Recovery. *Restoration Ecology*, 17(4), 451–459, <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2009.00570.x>

Vila Subirós, J., Ribas Palom, A., Varga Linde, D., & Llausàs Pascual, A. (2009). Medio siglo de cambios paisajísticos en la montaña mediterránea. Percepción y valoración social del paisaje en la alta Garrotxa (Girona). *Pirineos: Revista de Ecología de Montaña*, 164(0), 69–92.

Villard, M.-A., & Metzger, J. P. (2014). REVIEW: Beyond the fragmentation debate: a conceptual model to predict when habitat configuration really matters. *Journal of Applied Ecology*, 51(2), 309–318, <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12190>

Zaragozí, B., Belda, A., Linares, J., Martínez-Pérez, J. E., Navarro, J. T., & Esparza, J. (2011). A free and open source programming library for landscape metrics calculations. *Environmental Modelling and Software*, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.10.009>

**APÊNDICE A** - Quadro descritivo das Classes de Cobertura Ampla. Todas as imagens de satélite foram capturadas com escala 1:5.000 utilizando o Complemento OpenLayer plugin (Google Satélite) no ambiente do Quantum GIS 2.14.14.

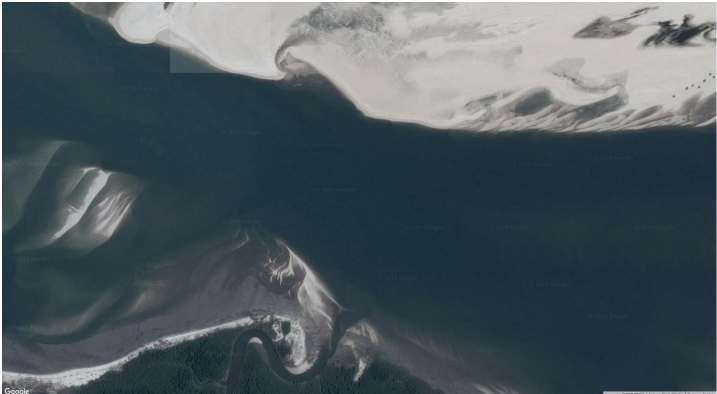
| Classes Amplas        | Fotografia                                                                                                                                                             | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Campo de dunas lagoas |     | <p>Campo de dunas livres de vegetação e lagoas formadas durante o período chuvoso.</p> <p>É o principal atributo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses.</p> <p>Embora não sofra desmatamento, é utilizado como área de pastagem por pequenos produtores de animais, durante o período seco do ano.</p> |
| Corpos d'água         |   | <p>Oceano, estuários, rios e lagos.</p> <p>Na imagem de satélite observamos o estuário do rio Peria.</p> <p>Na fotografia, lagoa formado pelo represamento de um rio na borda do campo de dunas..</p>                                                                                                       |

Foto: Teixeira Amaral

Foto: Selma Ramos Sousa



Continuação...

### Solo Arenoso



Foto: Yuri Teixeira Amaral

Bancos de areia naturalmente expostos e vegetação rasteira.

Nas imagens de satélite aparecem como manchas branca

As praias, dunas livres isoladas e planícies de deflação nuas também foram classificados como Solo Arenoso.

### Manguezal



Foto: Internet

Manguezais e apicuns típicos da América equatorial.

Na imagem de satélite observamos os manguezais como vegetação com tom escuro ao longo das planícies de inundação salina.

Na fotografia, um manguezal durante a maré vazante.



Continuação...

### Restinga Densa

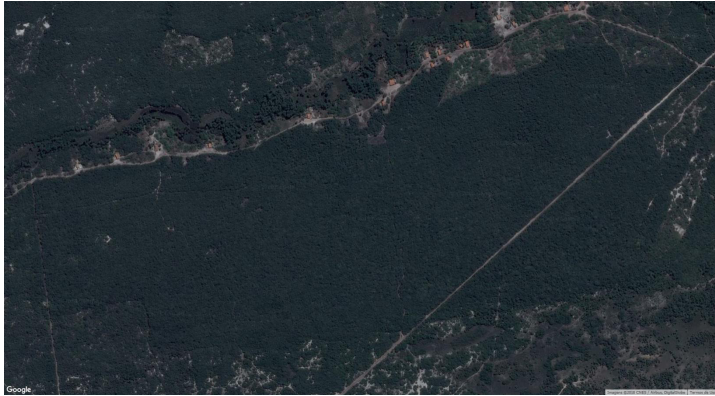


Foto: Yuri Teixeira Amaral

Vegetação de restinga esclerófito densa.

Na imagem de satélite observamos um fragmento grande de mata de restinga ao centro cortado por uma trilha e cercado por áreas habitadas e alguns cultivos.

Na foto, o interior deste mesmo fragmento, evidenciando sua estrutura complexa, com formação de dossel, serrapilheira e diversos hábitos vegetais.

### Restinga esparsa



Foto: Yuri Teixeira Amaral

Vegetação de restinga esclerófito em moitas esparsas.

Na imagem de satélite, se caracterizam como pequenas manchas verdes sob o solo arenoso. As formações em meia lua são fragmentos naturais de restinga densa, sobre cordões de paleo-dunas.

Na fotografia, observamos formações de restinga arbustiva esparsa. Não há formação de dossel contínuo e a produção de serrapilheira é baixa.



Continuação...

### Campo de restinga



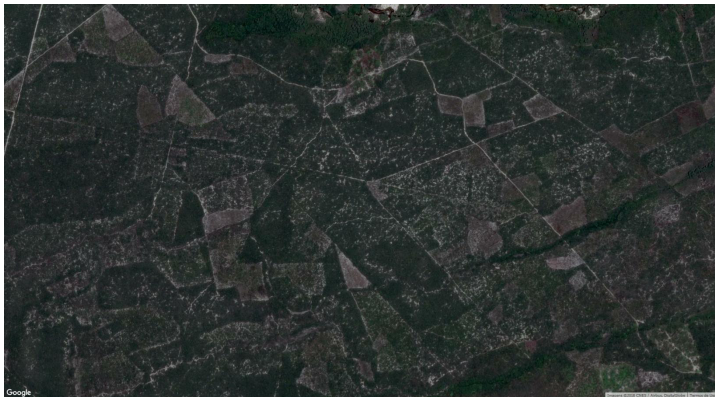
Comunidades herbáceas que formam pastagens naturais sujeitas a alagamento.

Na imagem de satélite observamos os campos que se desenvolvem na planície de deflação próximo ao litoral.

Na fotografia, campo de restinga com vegetação densa ao fundo.

Foto: Yuri Teixeira Amaral

### Vegetação Secundária



Vegetação secundária de restinga que se desenvolve após o abandono dos cultivos intermitentes.

Na imagem de satélite observamos uma paisagem dominada por vegetação secundária, com algumas áreas de cultivo, trilhas e fragmentos de vegetação nativa.

Na fotografia, vegetação de restinga secundária.

Foto: Yuri Teixeira Amaral

Continuação...

### Atividade antrópica

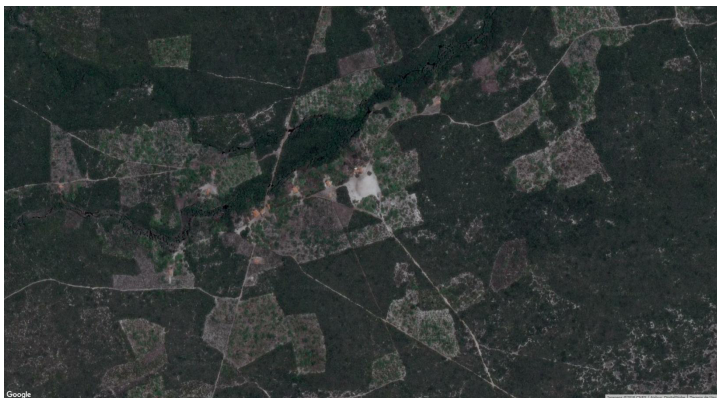


Foto: Yuri Teixeira Amaral

Cultivos, trilhas, povoados solo exposto e zona urbana.

Na imagem de satélite podemos observar um típico povoado da região, cercado por cultivos, vegetação secundária e restinga densa.

Na fotografia, uma área recentemente desmatada para instalação de cultivo.

## Apêndice B - Tabelas

*Tabela B.1: Resultado das correlações de Pearson entre as métricas. Área de Cobertura de restinga densa, CA\_DENSE, restinga esparsa, CA-SCATTER, manguezais, CA-MANG, campos de restinga, CA-GRASS, vegetação secundária, CA-SECOND, atividade antrópica, CA-ANTRO e Índice de Diversidade de Shannon, SHDI. Correlações fortes ( $r > 0.65$ ) estão marcadas em negrito. Todas as correlações foram estatisticamente significativas à 5%, com exceção da marcada com\*.*

| Métricas   | SHDI        | CA-ANTRO    | CA-SECOND | CA-GRASS | CA-MANG | CA-SCATTER |
|------------|-------------|-------------|-----------|----------|---------|------------|
| CA-DENSE   | <b>0.65</b> | <b>0.66</b> | 0.50      | 0.10     | 0.00    | 0.30       |
| CA-SCATTER | 0.50        | 0.32        | 0.10      | 0.20     | 0.00    | -          |
| CA-MANG    | 0.20        | -0.04*      | -0.10     | -0.10    | -       | -          |
| CA-GRASS   | 0.4         | 0.14        | -0.10     | -        | -       | -          |
| CA-SECOND  | 0.50        | <b>0.67</b> | -         | -        | -       | -          |
| CA-ANTRO   | <b>0.66</b> | -           | -         | -        | -       | -          |

*Tabela B.2: Distribuição da frequência do NV-COV nas UA.*

| NV-COV (%)   | Frequência | %          |
|--------------|------------|------------|
| 80-100       | 33         | 12.64      |
| 60-80        | 36         | 13.79      |
| 40-60        | 25         | 9.58       |
| 20-40        | 26         | 9.96       |
| 0-20         | 33         | 12.64      |
| 0            | 108        | 41.38      |
| <b>Total</b> | <b>261</b> | <b>100</b> |

*Tabela B.3: Resultados da taxa de desmatamento anual médio das unidades amostrais hexagonais, conforme Puyravaud, 2003. Código de identificação da unidade amostral (HEXID), ano da imagem inicial (t1) e final (t2), cobertura da vegetação nativa em t1 e t2 (NV), taxa de desmatamento anual média em cada unidade amostral (Taxa Desmatamento). p-value = resultado da ANOVA entre a Taxa de Desmatamento dentro (S) e fora (N) do PNLM.*

| HEXID        | t1   | t2   | NV-t1(ha) | NV-t2(ha) | Taxa desmatamento | PNLM                   |
|--------------|------|------|-----------|-----------|-------------------|------------------------|
| 442          | 2012 | 2017 | 57.579    | 70.335    | -1.75             | S                      |
| 447          | 2013 | 2017 | 60.153    | 60.257    | -0.01             | S                      |
| 544          | 2013 | 2017 | 90.584    | 96.427    | -0.55             | S                      |
| 638          | 2012 | 2017 | 63.29     | 78.365    | -1.87             | S                      |
| 684          | 2012 | 2017 | 64.117    | 74.951    | -1.36             | N                      |
| 781          | 2012 | 2017 | 88.882    | 90.986    | -0.20             | N                      |
| 1439         | 2011 | 2016 | 25.513    | 25.42     | 0.03              | N                      |
| 1557         | 2002 | 2016 | 67.508    | 45.283    | 3.47              | S                      |
| 1843         | 2002 | 2017 | 36.784    | 31.386    | 1.38              | N                      |
| 1915         | 2005 | 2016 | 21.699    | 23.979    | -0.87             | S                      |
| 1917         | 2005 | 2016 | 52.249    | 60.231    | -1.24             | N                      |
| 1943         | 2005 | 2017 | 42.228    | 55.232    | -2.34             | N                      |
| 1949         | 2005 | 2016 | 70.618    | 67.68     | 0.37              | S                      |
| 2042         | 2005 | 2017 | 26.779    | 21.576    | 1.88              | N                      |
| 2093         | 2005 | 2016 | 45.513    | 18.536    | 7.82              | N                      |
| 2105         | 2005 | 2016 | 51.46     | 45.595    | 1.05              | S                      |
| 3135         | 2012 | 2017 | 58.683    | 65.51     | -0.96             | S                      |
| 3436         | 2013 | 2016 | 93.961    | 93.783    | 0.02              | S                      |
| 3583         | 2012 | 2016 | 94.706    | 95.128    | -0.04             | S                      |
| 3836         | 2011 | 2016 | 89.318    | 87.248    | 0.20              | S                      |
| 3955         | 2002 | 2016 | 68.543    | 36.198    | 5.55              | N                      |
| 4059         | 2005 | 2016 | 34.2      | 37.076    | -0.70             | S                      |
| 4101         | 2002 | 2017 | 66.211    | 48.661    | 2.68              | S                      |
| 4358         | 2003 | 2016 | 57.975    | 42.153    | 2.77              | S                      |
| 4458         | 2005 | 2016 | 59.33     | 62.761    | -0.49             | N                      |
| 4502         | 2003 | 2016 | 25.83     | 27.959    | -0.69             | S                      |
| 4554         | 2005 | 2016 | 9.091     | 10.812    | -1.51             | N                      |
| 4594         | 2003 | 2016 | 27.307    | 27.379    | -0.02             | N                      |
| 4645         | 2003 | 2016 | 26.791    | 22.141    | 1.66              | N                      |
| 4695         | 2005 | 2016 | 34.583    | 25.964    | 2.50              | N                      |
| <b>Média</b> |      |      |           |           | <b>0.56</b>       |                        |
| <b>DV</b>    |      |      |           |           | <b>2.24</b>       | <i>p-value = 0,352</i> |



## ANEXO I – LICENÇA SISBIO Nº 55912-2



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

## Autorização para atividades com finalidade científica

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                   |                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Número: 55912-2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Data da Emissão: 24/11/2017 11:31 | Data para Revalidação*: 24/12/2018 |
| * De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão. |                                   |                                    |

## Dados do titular

|                                                                                                                                           |                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Nome: Yuri Teixeira Amaral                                                                                                                | CPF: 107.108.787-88      |
| Título do Projeto: Avaliação dos Impactos Antropogênicos sobre a Biodiversidade e Ecossistemas do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses |                          |
| Nome da Instituição: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO                                                                            | CNPJ: 06.279.103/0001-19 |

## Cronograma de atividades

| # | Descrição da atividade                                                    | Início (mês/ano) | Fim (mês/ano) |
|---|---------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------|
| 1 | Geoprocessamento de imagens de satélite e visitas in loco para validação. | 10/2016          | 04/2018       |

## Observações e ressalvas

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas à autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.                                                                       |
| 2 | Esta autorização NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade. Inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, possessor ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso. |
| 3 | Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.                                                                                                                                                                      |
| 4 | O titular de licença ou autorização e os membros de sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.                                                                                                                                                                 |
| 5 | O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor.                                                                                                                                                                   |
| 6 | Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em <a href="http://www.mma.gov.br/gen">www.mma.gov.br/gen</a> .                                                                                                                |
| 7 | Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contatar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

## Locais onde as atividades de campo serão executadas

| # | Município | UF | Descrição do local                      | Tipo       |
|---|-----------|----|-----------------------------------------|------------|
| 1 |           | MA | PARQUE NACIONAL DOS LENÇÓIS MARANHENSES | UC Federal |

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

Código de autenticação: 16578128



Página 1/2



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                   |                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Número: 55912-2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Data da Emissão: 24/11/2017 11:31 | Data para Revalidação*: 24/12/2018 |
| * De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão. |                                   |                                    |

#### Dados do titular

|                                                                                                                                           |                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Nome: Yuri Teixeira Amaral                                                                                                                | CPF: 107.108.787-88      |
| Título do Projeto: Avaliação dos Impactos Antropogênicos sobre a Biodiversidade e Ecossistemas do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses |                          |
| Nome da Instituição : FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO                                                                           | CNPJ: 06.279.103/0001-19 |

### Registro de coleta imprevista de material biológico

De acordo com a Instrução Normativa nº 03/2014, a coleta imprevista de material biológico ou de substrato não contemplado na autorização ou na licença permanente deverá ser anotada na mesma, em campo específico, por ocasião da coleta, devendo esta coleta imprevista ser comunicada por meio do relatório de atividades. O transporte do material biológico ou do substrato deverá ser acompanhado da autorização ou da licença permanente com a devida anotação. O material biológico coletado de forma imprevista, deverá ser destinado à instituição científica e, depositado, preferencialmente, em coleção biológica científica registrada no Cadastro Nacional de Coleções Biológicas (CCBIO).

| Táxon* | Qtde. | Tipo de amostra | Qtde. | Data |
|--------|-------|-----------------|-------|------|
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |
|        |       |                 |       |      |

\* Identificar o espécime no nível taxonômico possível.

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

Código de autenticação: 16578128



Página 2/2

## ANEXO II – NORMAS DE PUBLICAÇÃO DA REVISTA JNC



### TABLE OF CONTENTS

|   |                                 |            |
|---|---------------------------------|------------|
| • | <b>Description</b>              | <b>p.1</b> |
| • | <b>Audience</b>                 | <b>p.1</b> |
| • | <b>Impact Factor</b>            | <b>p.1</b> |
| • | <b>Abstracting and Indexing</b> | <b>p.1</b> |
| • | <b>Editorial Board</b>          | <b>p.2</b> |
| • | <b>Guide for Authors</b>        | <b>p.3</b> |



ISSN: 1617-1381

### DESCRIPTION

The *Journal for Nature Conservation* addresses the concepts, methods and techniques for nature conservation via research on the scientific theory and applied practice of conservation. This international and interdisciplinary journal offers a forum for the dissemination of nature conservation knowledge and innovative approaches relevant to the global conservation community. In particular, the journal encourages cooperation between scientists and practitioners, including the integration of biodiversity issues with social and economic concepts. Therefore, review and research papers, conceptual, technical and methodological papers, as well as short communications are welcomed from a wide range of disciplines, including theoretical ecology, landscape ecology, restoration ecology, ecological modelling, and others, provided that there is a clear connection and immediate relevance to nature conservation.

Manuscripts without any immediate conservation context, such as inventories, distribution modelling, genetic studies, animal behaviour, plant physiology, will not be considered for this journal; though such data may be useful for conservationists and managers in the future, this is outside of the current scope of the journal.

### AUDIENCE

Scientists and practitioners in ecology and nature conservation

### IMPACT FACTOR

2016: 1.657 © Thomson Reuters Journal Citation Reports 2017

### ABSTRACTING AND INDEXING

Cambridge Scientific Abstracts  
Ecological Abstracts  
GEOBASE  
CAB Abstracts  
Elsevier BIOBASE/Current Awareness in Biological Sciences  
BIOSIS/Biological Abstracts  
Scopus



## EDITORIAL BOARD

---

### *Editor-in-Chief*

**Antonio Machado**, The Granadilla Environmental Observatory, Edificio Puerto-Ciudad of. 1B, 38001, Santa Cruz de Tenerife, Canary Islands, Spain, Fax: +34( 922-31 56 96

### *Managing Editor*

**Cathal O'Mahony**, University College Cork, Cork, Ireland

### *Editors*

**Jeffrey McNeely**, ECNC, Thailand

**Manfred Niekisch**, Zoologischer Garten Frankfurt, Bernhard-Grzimek-Allee 1, 60316, Frankfurt/Main, Germany, Fax: +49 69- 212 37855

**Dirk M. Wascher**, Green World Research, Alterra, Droevendaalsesteeg 3 (Gebouw 100), 6700, Wageningen, Netherlands, Fax: +31 317-419000

### *Editorial Board*

**Govindasamy Agoramoorthy**, Tajen University, Yanpu, Taiwan

**Giovanni Amori**, National Research Council of Italy (CNR), Roma, Italy

**Pedro Aragón Carrera**, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid, Spain

**Jose Ramon Arevalo**, University of La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, Spain

**Arne Arnberger**, Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Wien, Austria

**Omar Attum**, Indiana University - Southeast, New Albany, Indiana, USA

**Sjur Tore Baardsen**, Norwegian University of Life Sciences, Aas, Norway

**Sherif Baha El Din**, Dokki, Cairo, Egypt

**Susan Barker**, University of Calgary, Calgary, Canada

**Gordana Beltram**, Ministry of Agriculture and the Environment, Ljubljana, Slovenia

**James Bullock**, Winfrith Technology Centre, Dorchester, England, UK

**Ruslan O. Butovsky**, All-Russian Research Institute for Nature Protection, Moscow, Russian Federation

**Stewart J. Clarke**, National Trust, Peterborough, England, UK

**Niamh Connolly**, Nanyang Technological University, Singapore

**Anke Fischer**, The James Hutton Institute, Aberdeen, England, UK

**Singarayer Florentine**, Federation University Australia, Ballarat, Victoria, Australia

**Markus Franzén**, Lund University, Lund, Sweden

**Eeva Furman**, Finnish Environment Institute (SYKE), Helsinki, Finland

**Ingo Hahn**, University of Munich, Munich, Germany

**Vassiliki Kati**, University of Western Greece, Agrinio, Greece

**Giselher Kaule**, Institut für Landschaftsplanung und Ökologie, Stuttgart, Germany

**Frans Willem Jozef Keulartz**, Wageningen University & Research Centre, Wageningen, Netherlands

**Keith Kirby**, University of Oxford, Oxford, UK

**Josef Langer**, Universität Klagenfurt, Klagenfurt, Austria

**Ülo Mander**, University of Tartu, Tartu, Estonia

**Juan G. Navedo**, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

**Ettore Randi**, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Ozzano dell' Emilia, Italy

**Carlos A. Rodríguez**, Tropenbos International, Bogotá, Colombia

**Luís Miguel Rosalino**, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

**Stefan Schindler**, Universität Wien, Wien, Austria

**Gregor Torkar**, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia

**Angheluta Vadineanu**, University of Bucharest, Bucharest, Romania

**Marcus Zisenis**, ECNC-European Centre for Nature Conservation, Berlin, Germany

## GUIDE FOR AUTHORS

---

### INTRODUCTION

The *Journal for Nature Conservation* deals with the application of science in the concepts, methods and techniques for nature conservation. This international and interdisciplinary journal offers a forum for the communication of modern approaches to nature conservation. It aims to provide both scientists and practitioners in conservation theory, policy and management with comprehensive and applicable information. In particular, the journal encourages cooperation between scientists and practitioners, including the integration of biodiversity issues with social and economic concepts. Therefore, review and research papers, conceptual, technical and methodological papers, as well as short communications are welcomed from a wide range of disciplines. This might include theoretical ecology, landscape ecology, restoration ecology, ecological modeling, ecological economics, ecosystem services, population genetics, land-use planning, conservation biology, wildlife management, environmental planning, monitoring, policy making and environmental education. The key criteria are that all submissions are focused on nature conservation and contribute relevant knowledge of general interest to the wider conservation community.

For questions about manuscript submission, please contact the Editorial Office: Editorial Office-Journal for Nature Conservation, Cathal O'Mahony – Managing Editor, Coastal & Marine Resources Centre, University College Cork, Haulbowline Naval Base, Cobh, Co. Cork, Ireland, Tel.: +353(0)21-4703111, Fax: +353(0)21-4703132, E-mail: c.omahony@ucc.ie

#### *Page charges*

This journal has no page charges.

#### **Submission checklist**

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

#### **Ensure that the following items are present:**

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

##### *Manuscript:*

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print

*Graphical Abstracts / Highlights files* (where applicable)

*Supplemental files* (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

For further information, visit our [Support Center](#).

### BEFORE YOU BEGIN

#### **Ethics in publishing**

Please see our information pages on [Ethics in publishing](#) and [Ethical guidelines for journal publication](#).

### **Human and animal rights**

If the work involves the use of human subjects, the author should ensure that the work described has been carried out in accordance with [The Code of Ethics of the World Medical Association](#) (Declaration of Helsinki) for experiments involving humans; [Uniform Requirements for manuscripts submitted to Biomedical journals](#). Authors should include a statement in the manuscript that informed consent was obtained for experimentation with human subjects. The privacy rights of human subjects must always be observed.

All animal experiments should comply with the [ARRIVE guidelines](#) and should be carried out in accordance with the U.K. Animals (Scientific Procedures) Act, 1986 and associated guidelines, [EU Directive 2010/63/EU for animal experiments](#), or the National Institutes of Health guide for the care and use of Laboratory animals (NIH Publications No. 8023, revised 1978) and the authors should clearly indicate in the manuscript that such guidelines have been followed.

### **Declaration of interest**

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential conflicts of interest include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. If there are no conflicts of interest then please state this: 'Conflicts of interest: none'. [More information](#).

### **Submission declaration and verification**

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' section of our ethics policy for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service [CrossCheck](#).

### **Changes to authorship**

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

### **Article transfer service**

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your article will be reviewed again by the new journal. [More information](#).

### **Copyright**

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see [more information](#) on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. [Permission](#) of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If

excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has [preprinted forms](#) for use by authors in these cases.

For open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' ([more information](#)). Permitted third party reuse of open access articles is determined by the author's choice of [user license](#).

### **Author rights**

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. [More information](#).

*Elsevier supports responsible sharing*

Find out how you can [share your research](#) published in Elsevier journals.

### **Role of the funding source**

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

*Funding body agreements and policies*

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some funding bodies will reimburse the author for the Open Access Publication Fee. Details of [existing agreements](#) are available online.

### **Open access**

This journal offers authors a choice in publishing their research:

#### **Open access**

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse.
- An open access publication fee is payable by authors or on their behalf, e.g. by their research funder or institution.

#### **Subscription**

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our [universal access programs](#).
- No open access publication fee payable by authors.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following [Creative Commons user licenses](#):

*Creative Commons Attribution (CC BY)*

Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

*Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)*

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The open access publication fee for this journal is **USD 1500**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

*Green open access*

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our [green open access page](#) for further information. Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public

access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form. [Find out more](#).

This journal has an embargo period of 24 months.

#### *Language (usage and editing services)*

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the [English Language Editing service](#) available from Elsevier's WebShop.

#### **Submission**

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

#### *Submit your article*

Please submit your article via <https://www.evise.com/evise/jrnl/JNC>.

Manuscripts are reviewed by two members of the Editorial Board, appropriate referees, the Editors and the Editor-in-Chief. The final decision to accept or reject a manuscript is made by the Editors and the Editor-in-Chief. The Editorial Office will inform authors on acceptance, revision, or rejection of manuscripts.

**Editor's Note:** The JNC focuses on directly linked studies or applications to nature conservation, provided they are of scientific quality and are not mere the reporting of projects of only local interest. Contributions should be involved mainly and directly with conservation, have a wide outreach and tell something new or useful to our international audience. See our editorial policy at <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1617138110000178>.

## **PREPARATION**

#### **Peer review**

This journal operates a single blind review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. [More information on types of peer review](#).

#### *Use of word processing software*

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the [Guide to Publishing with Elsevier](#)). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

#### **Article structure**

##### *Subdivision - unnumbered sections*

Divide your article into clearly defined sections. Each subsection is given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line. Subsections should be used as much as possible when cross-referencing text: refer to the subsection by heading as opposed to simply 'the text'.

### *Introduction*

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

### *Material and methods*

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

### *Theory/calculation*

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

### *Results*

Results should be clear and concise.

### *Discussion*

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

### *Conclusions*

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

### *Appendices*

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

## **Essential title page information**

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

## **Abstract**

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

## **Keywords**

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using British spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

## **Abbreviations**

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.



### *Acknowledgements*

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

### *Formatting of funding sources*

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

### *Units*

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI.

### *Footnotes*

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

## **Artwork**

### *Electronic artwork*

#### *General points*

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed [guide on electronic artwork](#) is available.

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

#### *Formats*

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

#### **Please do not:**

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

### *Color artwork*

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. [Further information on the preparation of electronic artwork.](#)

### *Illustration services*

[Elsevier's WebShop](#) offers Illustration Services to authors preparing to submit a manuscript but concerned about the quality of the images accompanying their article. Elsevier's expert illustrators can produce scientific, technical and medical-style images, as well as a full range of charts, tables and graphs. Image 'polishing' is also available, where our illustrators take your image(s) and improve them to a professional standard. Please visit the website to find out more.

### *Figure captions*

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

### **Tables**

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

### **References**

#### *Citation in text*

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

#### *Web references*

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

#### *Data references*

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

#### *References in a special issue*

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

#### *Reference management software*

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support [Citation Style Language styles](#), such as [Mendeley](#) and [Zotero](#), as well as [EndNote](#). Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide.



Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/journal-for-nature-conservation>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

#### *Reference style*

**Text:** Citations in the text should follow the referencing style used by the American Psychological Association. You are referred to the Publication Manual of the American Psychological Association, Sixth Edition, ISBN 978-1-4338-0561-5, copies of which may be [ordered online](#) or APA Order Dept., P.O.B. 2710, Hyattsville, MD 20784, USA or APA, 3 Henrietta Street, London, WC3E 8LU, UK.

**List:** references should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

#### *Examples:*

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2010). The art of writing a scientific article. *Journal of Scientific Communications*, 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk, W., Jr., & White, E. B. (2000). *The elements of style*. (4th ed.). New York: Longman, (Chapter 4).

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G. R., & Adams, L. B. (2009). How to prepare an electronic version of your article. In B. S. Jones, & R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age* (pp. 281–304). New York: E-Publishing Inc.

Reference to a website:

Cancer Research UK. Cancer statistics reports for the UK. (2003). <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> Accessed 13.03.03.

Reference to a dataset:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T. (2015). *Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions*. Mendeley Data, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

#### *Journal abbreviations source*

Journal names should be abbreviated according to the [List of Title Word Abbreviations](#).

### **Video**

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including [ScienceDirect](#). Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our [video instruction pages](#). Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

### **Supplementary material**

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

## RESEARCH DATA

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the [research data](#) page.

### *Data linking*

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that give them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the [database linking page](#).

For [supported data repositories](#) a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

### *Mendeley Data*

This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. During the submission process, after uploading your manuscript, you will have the opportunity to upload your relevant datasets directly to *Mendeley Data*. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online.

For more information, visit the [Mendeley Data for journals page](#).

### *Data statement*

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the [Data Statement page](#).

## AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. [More information and examples are available](#). Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

## Interactive Phylogenetic Trees

You can enrich your online articles by providing phylogenetic tree data files (optional) in Newick or NeXML format, which will be visualized using the interactive tree viewer embedded within the online article. Using the viewer it will be possible to zoom into certain tree areas, change the tree layout, search within the tree, and collapse/expand tree nodes and branches. Submitted tree files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. Each tree must be contained in an individual data file before being uploaded separately to the online submission system, via the 'phylogenetic tree data' submission category. Newick files must have the extension .new or .nwk (note that a semicolon is needed to end the tree). Please do not enclose comments in Newick files and also

delete any artificial line breaks within the tree data because these will stop the tree from showing. For NeXML, the file extension should be .xml. Please do not enclose comments in the file. Tree data submitted with other file extensions will not be processed. Please make sure that you validate your Newick/NeXML files prior to submission. [More information](#).

## **AFTER ACCEPTANCE**

### **Online proof correction**

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

### **Offprints**

The corresponding author will, at no cost, receive a customized [Share Link](#) providing 50 days free access to the final published version of the article on [ScienceDirect](#). The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's [Webshop](#). Corresponding authors who have published their article open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

## **AUTHOR INQUIRIES**

Visit the [Elsevier Support Center](#) to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch.

You can also [check the status of your submitted article](#) or find out [when your accepted article will be published](#).

© Copyright 2014 Elsevier | <http://www.elsevier.com>