



Uema
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO MARANHÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA
PRÓ REITORIA DE PESQUISA E PÓS – GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE - PPGECB

RODNEY NASCIMENTO LUCAS

**IMPACTOS DA MINERAÇÃO NA ESTRUTURA DA COMUNIDADE
DE PEQUENOS MAMÍFEROS NÃO VOADORES DA AMAZÔNIA
ORIENTAL**

SÃO LUÍS

2024

RODNEY NASCIMENTO LUCAS

**IMPACTOS DA MINERAÇÃO NA ESTRUTURA DA COMUNIDADE
DE PEQUENOS MAMÍFEROS NÃO VOADORES DA AMAZÔNIA
ORIENTAL**

Documento de dissertação apresentado
em cumprimento às exigências do
Programa de Pós-Graduação em Ecologia
e Conservação da Biodiversidade
(PPGECB) da Universidade Estadual do
Maranhão

Aprovado em: 16/02/2024

Banca examinadora

Documento assinado digitalmente
 FLOR MARIA GUEDES LAS CASAS
Data: 15/03/2024 17:01:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Flor Maria Guedes Las – Casas (Orientadora/ Presidente)
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Documento assinado digitalmente
 TADEU GOMES DE OLIVEIRA
Data: 14/03/2024 12:11:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Tadeu Gomes de Oliveira
Programa de Pós - Graduação Mestrado em Ecologia e Conservação da
Biodiversidade (Membro Titular Interno)
1º Examinador

Documento assinado digitalmente
 ADRIANI HASS
Data: 14/03/2024 11:35:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Adriani Hass
Universidade Federal do Maranhão (Membro Titular Externo)
2º Examinador

Lucas, Rodney Nascimento

Impactos da mineração na estrutura da comunidade de pequenos mamíferos não voadores da Amazônia Oriental / Rodney Nascimento Lucas. – São Luis, MA, 2024.

67 f

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Estadual do Maranhão, 2024.

Orientador: Profa. Dra. Flor Maria Guedes Las – Casas

1.Amazônia Maranhense. 2.Biodiversidade. 3.Conservação. I.Título.

CDU: 502/504(812)

DEDICATÓRIA

Aos meus familiares.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom do conhecimento, pela sua infinita piedade e bondade em me conceder mais uma conquista singular.

Aos meus familiares, por sempre estarem de braços abertos quando chegava cansado em casa. Meu irmão, Rayone Nascimento Lucas, meus pai José de Jesus e à minha mãe, Rachel Lucas.

À minha esposa Ana Beatriz Peralta e em especial ao meu filho Ravy Peralta Lucas, que é meu porto seguro em todos os momentos, principalmente nos momentos de desespero, fragilidade e insegurança.

À minha orientadora, Profa. Dra. Flor Maria Guedes Las - Casas pela confiança, empatia, valiosas orientações e correções durante o desenvolvimento do trabalho.

À minha coorientadora, Profa. Dra. Ligia Tchaicka pelo acolhimento e oportunidade de integrar o Laboratório de Biodiversidade Molecular e fazer parte da minha formação pessoal e profissional.

Aos meus colegas de laboratório (Emerson Felipe; Dalton Costa; Wallacy Borges) por estarem juntos comigo nessa árdua e longa caminhada.

Aos/As meus/minhas colegas de campo e de trabalho (Zairon Marcel, Vitor Moura João Pedro Mendonça, Sara Sales, Naiara Valle, Leandro Moraes e Vinicius Gasparotto).

Ao professor Dr. João Carlos Lopes Costa pela responsabilidade depositada em mim no primeiro trabalho de campo e contribuição para minha formação pessoal e profissional.

Ao professor Dr. Cleuton Lima Miranda pelo encaminhamento, lições de vida e confiança para trabalhar com esse grupo encantador e fantástico dos pequenos roedores e marsupiais.

Ao professor Dr. João Marcelo Abreu Silva pelo auxílio nas análises estatísticas e redação do artigo científico.

As minhas cadelas Melzinha, Liz e Cristal, por me fazerem companhia integralmente nos inúmeros momentos de redação da dissertação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), Instituto Ecos de Gaia (EGA), Programa de Pós – Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade (PPGECB), Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Laboratório de Biodiversidade Molecular (LaBiMol), Coleção de Tecidos e DNA da Fauna Maranhense (CoFauMA).

“Por maior que sejam seus sonhos, o sonho de Deus é maior. Ele sabe o que você pede, mas o que ele quer dar é melhor!”

Robson Fonseca

RESUMO

A retirada de cobertura vegetal altera a complexidade estrutural e heterogeneidade do habitat afetando serviços ecossistêmicos oferecidos pelos pequenos mamíferos e também na estruturação de suas comunidades. Neste estudo testamos a influência da mineração na estruturação das comunidades de pequenos mamíferos não voadores em fragmentos de Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Leste. A amostragem ocorreu durante três anos por meio de armadilhas live trap e pitfall trap em três diferentes fragmentos influenciados por mineração, sendo A1 (320m), A2 (1700m) e A3 (2800m). A alta riqueza e diversidade se concentraram nos fragmentos mais distantes da mineração, sendo composta por espécies com pouca tolerância a ambientes antropizados como *Cryptonanus agricolai* e *Rhipidomys emiliae*, já que estas são mais sensíveis a ruídos, fragmentação do habitat e disponibilidade de recursos. Em contraste, o fragmento mais próximo foi composto por espécies mais generalistas e tolerantes a perturbações como *Monodelphis domestica* e *Didelphis marsupialis* que são típicas de ambientes perturbados. O entendimento da relevância ecológica dos mamíferos indica que a sua extinção compromete a regeneração das florestas, aumenta a interação de espécies silvestres com seres humanos e eleva a disseminação de espécies invasoras. Os estudos futuros devem priorizar as consequências da perda da diversidade funcional, o que possibilitaria estimar quais funções específicas seriam perdidas pelas espécies silvestres para então entender aspectos mais complexos como diversidade filogenética que detecta de maneira mais sensível as respostas das espécies às mudanças ambientais, já que as relações de parentesco entre as espécies são levadas em consideração.

Palavras-chave: Amazônia Maranhense. Biodiversidade. Conservação.

ABSTRACT

Vegetation removal disrupts habitat complexity and ecosystem services provided by small mammals, impacting their community structure. Our study assessed mining's impact on small non-flying mammal communities in the Eastern Amazon's Dense Ombrophylous Forest. Over three years, we sampled three mining-affected fragments (A1 at 320m, A2 at 1700m, A3 at 2800m) using live and pitfall traps. Richness and diversity peaked in the more remote fragments, home to species sensitive to human disturbance like *Cryptomys agricolai* and *Rhipidomys emiliae*. Conversely, the nearest fragment harbored generalist species like *Monodelphis domestica* and *Didelphis marsupialis*, accustomed to disturbed habitats. Recognizing mammals' ecological importance, we note that their loss hinders environmental regeneration, heightens human-wildlife interactions, and fosters invasive species spread. Future research should focus on the fallout of functional diversity loss and phylogenetic diversity to better grasp species' environmental change responses, considering interspecies relationships.

Keywords: Biodiversity. Conservation. Eastern Amazon.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fragmentos de Floresta Ombrófila amostrados no município de Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses.....	15
Figura 2- Fragmentos de Floresta Ombrófila influenciados pela atividade mineradora amostrados no município de Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brasil	17
Figura 3- Armadilhas de contenção viva (live traps), modelo sherman (A) e modelo tomahawk (B), instaladas nos fragmentos de Floresta Ombrófila no município de Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brasil	18
Figura 4- Armadilhas de interceptação e queda (pitfall trap) instaladas nos fragmentos de Floresta Ombrófila no município de Godofredo Viana, Reentrâncias, Brasil	19
Figura 5- Curva de rarefação para espécies de pequenos mamíferos não voadores ao longo dos fragmentos de Floresta Ombrófila do município de Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brasil.	22
Figura 6- Estimadores de riqueza e riqueza observada para espécies de pequenos mamíferos não voadores do município de Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brasil.	22
Figura 7- Abundância relativa e índice de constância de ocorrência das espécies de pequenos mamíferos não voadores do município de Godofredo Viana, Maranhão, Reentrâncias Maranhenses, Brasil.	28
Figura 8- Similaridade de Bray-Curtis entre as áreas amostrais para pequenos mamíferos não voadores das ao longo dos fragmentos de Floresta Ombrófila do município de Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brasil.	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Pequenos mamíferos não voadores ao longo dos fragmentos de Floresta Ombrófila do município de Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brasil com seus respectivos métodos de registro.....	23
Tabela 2- Abundância de pequenos mamíferos não voadores registrados ao longo das estações do ano e respectivas áreas amostrais dos fragmentos de Floresta Ombrófila do município de Godofredo Viana, Maranhão.....	25
Tabela 3- Diversidade de Shannon, Margalef e equitabilidade de Pielou para pequenos mamíferos não voadores	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	122
2 MATERIAL E MÉTODOS	155
2.1 Caracterização da área de estudo	155
2.2 Coleta de dados	166
2.2.1 Live traps.....	177
2.2.2 Pitfall traps	18
2.3 Identificação e categorização dos pequenos roedores e marsupiais	19
2.4 Análises estatísticas.....	19
3 RESULTADOS	200
4 DISCUSSÃO	29
5 CONCLUSÃO	333
REFERÊNCIAS	344
APÊNDICES.....	41

1 INTRODUÇÃO

Os pequenos mamíferos não voadores que ocorrem no Brasil pertencem as Ordens Didelphimorphia (marsupiais) e Rodentia (roedores) possuindo massa corpórea variando de 10g a 1,5kg (Lopes; Mendes-Oliveira, 2015). Esses animais apresentam história evolutiva diferentes, no entanto, são reunidos em um único grupo devido suas características comportamentais, sendo a maioria noturnos e morfológicas pequenos fazendo com que compartilhem os mesmos métodos de amostragem (Papi *et al.*, 2020), e possuindo características bem definidas como alta taxa metabólica e área de vida geralmente pequena (Corominas, 2004). São capazes também de responder de maneira eficiente às alterações ambientais, embora algumas espécies sejam favorecidas com o efeito antrópico, sendo também reservatórios naturais de doenças que podem acometer humanos, a saber doença de Chagas, leishmaniose e esquistossomose (Pardini *et al.*, 2005; Liaño, 2003).

As Ordens mais diversas na Classe dos mamíferos, são, respectivamente: Rodentia (267 espécies), Chiroptera (182 espécies) e Primates (131 espécies). Tratando-se de famílias, Cricetidae conta com 155 espécies. o que deixa evidente a necessidade de contínuos inventários no intuito de descrição de novas espécies, aumento de distribuição, ocupação de novos nichos ecológicos entre outros aspectos (Abreu *et al.*, 2023). Vieira e Oliveira (2020) listam 19 espécies de pequenos roedores e 13 espécies. de marsupiais para o estado do Maranhão. Esse número é expressivo e certamente aumentará com possíveis descrições taxonômicas para alguns gêneros (*Metachirus* sp. e *Makalata* sp.) (Miranda *et al.*, 2023) bem como aumento da distribuição (*Cryptomys agricolai*) (Nascimento *et al.*, 2022).

A ecologia de comunidades buscar entender quais processos influenciam nos padrões de riqueza, de abundância e composição e, como as espécies são beneficiadas ou prejudicadas por ações antrópicas. As comunidades ecológicas mais diversas são aquelas mais estáveis em relação aos distúrbios ambientais (August, 1983; Cianciaruso; Silva e Batalha, 2009; Laureto; Cianciaruso e Samia, 2015; Magioli *et al.*, 2016). Os pequenos mamíferos não voadores constituem um grupo zoológico de grande interesse e são indispensáveis em ecossistemas terrestres, pelo motivo de especificidade do habitat, predação de sementes e plântulas, portanto sendo considerados bioindicadores de qualidade ambiental (Faria e Kaizer, 2020). Assim, sua utilização é recomendada para

diversos estudos, pois respondem de formas distintas às alterações ambientais (Alho, 2011; Cusack, 2011; Palmeirim *et al.*, 2018). A abundância de pequenos mamíferos não voadores está relacionada com a complexidade de habitats, sugerindo que a riqueza de espécies numa dada área tem correlação com a diversidade de habitats que nele se encontram (Alho, 2011; Lopes e Mendes – Oliveira, 2015).

A maior disponibilidade de nichos potenciais tem associação com habitats mais complexos, fazendo com que haja coexistência de várias espécies e tornando-as mais especializadas no uso de diferentes recursos (August, 1983). Caldara e Leite (2007) sugerem que a estrutura do habitat pode influenciar a composição e a diversidade das comunidades de pequenos mamíferos não voadores. Entretanto, distúrbios que tornam o ambiente menos complexo como a fragmentação parecem aumentar a riqueza e a abundância de pequenos mamíferos neotropicais, e geralmente estão relacionados a diminuição da pressão de predação, uma vez que seus predadores são afunetados por conta dos distúrbios (Pardini e Umetzu, 2006).

Neste contexto, os mamíferos são bons táxons indicadores para investigar a influência da mineração nas comunidades biológicas, assim como também para caracterizar as mudanças na organização das comunidades em virtude da mineração na Floresta Amazônica. A mineração é um dos setores econômicos do Brasil, contribuindo de forma significativa para o bem estar da população. Todavia, traz consigo inestimáveis impactos negativos aos recursos naturais. Na Amazônia, os grandes projetos de mineração são de minério de ferro (Serra dos Carajás – PA), exploração de bauxita (Trombetas – PA), produção de alumínio (Barcarena – PA), exploração de manganês (Serra do Navio – AP) e exploração de ouro (Monteiro, 2005).

Diante da necessidade do licenciamento ambiental, foi possível o acesso a biodiversidade influenciada nesses tipos de empreendimentos, gerando assim algumas informações básicas sobre riqueza, abundância e diversidade das espécies. No entanto, pouco tem sido divulgado destes estudos ambientais (Ardente *et al.*, 2016) o que dificulta análises mais robustas dos efeitos da mineração sobre a fauna de pequenos mamíferos não voadores. Os impactos mais visíveis da mineração é a retirada parcial ou total da cobertura vegetal e solo exposto (Rola e Ricardo, 2001). Como impactos indiretos, destacam-se a perda de habitat e mudanças na complexidade de micro habitats afeta diretamente as comunidades biológicas (Larkin *et al.*, 2008).

Na Flona dos Carajás, Ardente *et al.* (2016) mostrou que a composição das espécies de pequenos mamíferos não voadores é diferente entre as áreas de florestas mais próximas e às áreas mais distantes da mina de ferro. Avaliando também Canga Metalófila que é uma fisionomia caracterizada com formações arbustivas, arbóreas e xerófitas que habitam solos rochosos. Sobre a riqueza, tanto áreas florestais quanto área de Canga tenderam a aumentar quanto maior for a distância da cava, inferindo uma correlação positiva entre a variável dependente riqueza e a variável independente distância. Por existir essas diferenças, se faz necessário avaliar de forma minuciosa os impactos de médio e longo prazo da supressão deste tipo de vegetação.

A abundância pode ser influenciada por diversos fatores, Mazerolle *et al.* (2001) avaliando a resposta de pequenos mamíferos não voadores em área de mineração, percebeu que este evento parece estar relacionado com as valas de drenagem que se formam, deixando o substrato mais seco, atraindo algumas espécies mais generalistas. Galetti *et al.* 2021 apontam que a disponibilidade de artrópodes também é um elemento responsável pela atração de pequenos mamíferos onívoros, favorecendo assim o estabelecimento de grandes populações generalistas.

Na Mata Atlântica em uma área de pedreira de calcário no estado de São Paulo, Leiner e Silva (2012) avaliando comunidades de pequenos mamíferos não voadores encontraram alta riqueza, diversidade e equabilidade, bem como algumas espécies endêmicas e ameaçadas. De forma esperada, as áreas mais próximas à cava foram dominadas por espécies generalistas indicadoras de habitats alterados. Já as áreas mais distantes apresentaram espécies mais sensíveis a perturbações.

Deste modo, os mamíferos são bons indicadores para investigar a influência da mineração nas comunidades biológicas, assim como também para caracterizar as mudanças na organização das comunidades em virtude da mineração na Floresta Amazônica. Neste estudo, testamos a influência da mineração na estruturação das comunidades de pequenos mamíferos não voadores em fragmentos de Floresta Ombrófila e testamos a seguinte hipótese: a riqueza e abundância de pequenos mamíferos não voadores diminuirá com a proximidade do fragmento de floresta ombrófila em relação à mineração.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido no município de Godofredo Viana, noroeste do estado do Maranhão, Brasil. Situado no Bioma Amazônico, dentro das Reentrâncias Maranhenses (Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos, 2023). A área é limitada a leste pelo Rio Maracaçumé e a oeste pelo Rio Tromai (entre 01°34'20" S e 45°47'04" W). A cobertura vegetal é composta por diferentes fitofisionomias incluindo Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas e Floresta Ombrófila Densa Aluvial (Figura 1) (Ministério do Meio Ambiente, 2006). O clima da região é do tipo Aw', de acordo com a classificação Koppen (1948), que se refere a regiões de clima tropical úmido, com sazonalidade bem definida ao longo do ano, um período que é denominado chuvoso indo de janeiro a junho e outro seco que vai de julho a dezembro. A temperatura média fica entre 20° C e 30° C (Rebelo – Mochel, 1996; Almeida *et al.*, 2018).



Figura 1- Fragmentos de Floresta Ombrófila amostrados no município de Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses.

A região de estudo, pertence a Área de Proteção Ambiental das Reentrâncias Maranhenses, localizada na porção ocidental maranhense e inserida na Lista dos Sítios Ramsar Brasileiros. Seu decreto de criação é o de Nº 11.901 de 11 de junho de 1991 e sua

categoria de Unidade de Conservação é classificada como de uso sustentável, constituída no bioma Amazônico, Costeiro e Marinho, comportando uma larga área de 2.681.911,2 km². Os municípios que pertencem à unidade são: Alcântara, Apicum-Açu, Bacuri, Bequimão, Cândido Mendes, Carutapera, Cedral, Central do Maranhão, Cururupu, Godofredo Viana, Guimarães, Luís Domingues, Mirinzal, Pinheiro, Porto Rico do Maranhão, Serrano do Maranhão, Turiaçu e Turilândia (Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos, 2020).

Possui características naturais agregando grande valor paisagístico, sendo composta por um conjunto de ilhas, baías, enseadas e uma rede estuarina, sendo recoberta ainda por uma extensa faixa de mangue, servindo como berçário para várias espécies de peixes, crustáceos, moluscos e aves. A vegetação presente na APA das Reentrâncias contribui consideravelmente para elevar a produção pesqueira representando fonte de alimento e de trabalho para as comunidades ribeirinhas, em especial as comunidades de baixa renda (Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos, 2020).

2.2 Coleta de dados

A amostragem foi realizada entre os anos de 2018 e 2021, contemplando sempre duas campanhas em cada período, sendo duas no período seco e duas no período chuvoso. As áreas amostradas compreendem três fragmentos distintos (Figura 2), sendo duas localizadas dentro das instalações da empresa de mineração (23M 4141116/9859142) e uma no entorno do empreendimento, sendo denominadas como área Próxima A1 (23M 416646/9856218) (320m de distância da matriz mineradora), área Intermediária A2 (23M 4118313/9857019) (1700m de distância da matriz mineradora) e área Distante A3 (23M 412383/9855991), que por sua vez encontra-se fora do empreendimento (2800m de distância da matriz mineradora) no intuito de avaliar justamente como a atividade mineradora influencia as comunidades de pequenos mamíferos não voadores.

Todas as áreas possuem fragmentos de Floresta Ombrófila Densa e incluem diferentes estágios sucessionais de regeneração oriundos de atividades de garimpo ilegal, caça, plantações e pasto (Almeida *et al.*, 2022). Para o manejo da fauna silvestre foi utilizada a licença (AAF-026/2021, Nº do processo 2107210025) concedida pela Secretaria de Estado e Meio Ambiente e Recursos Naturais.

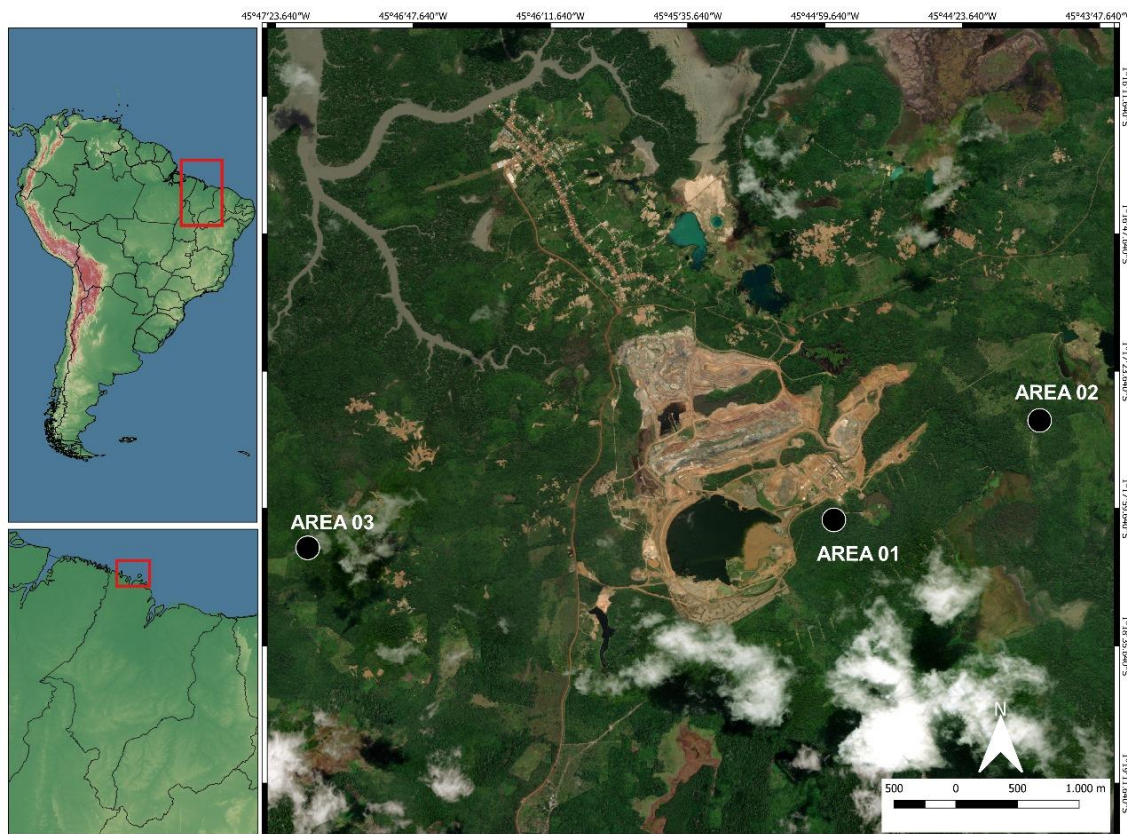


Figura 2- Fragmentos de Floresta Ombrófila influenciados pela atividade mineradora amostrados no município de Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brasil

2.2.1 Live traps

Ao longo dos três fragmentos florestais foram instaladas armadilhas *live traps* (sherman e tomahawk) as quais capturam o animal vivo, sendo necessária a utilização de iscas atrativas (frutas, cereais e essências) (Voss e Emmons, 1996; Monteiro-Filho; Graipel, 2006). As armadilhas foram iscadas pelo menos uma vez ao dia, e ficaram em funcionamento durante dez noites consecutivas, sendo revisadas todos os dias pela manhã. A identificação e coleta de informações (data, fragmento florestal, coordenada geográfica, ordem, família, espécie, nome popular e método) foram feitas em campo para compor a planilha de dados brutos, e os animais foram soltos logo em seguida (captura seguida de soltura).

Em cada fragmento foram feitos grides compostos por pares de armadilhas com distância de 30 m entre si, sendo uma tomahawk na serrapilheira e uma sherman no sub-bosque (1,5 m de altura). A amostragem ocorreu com emprego de 15 armadilhas shermans e cinco armadilhas tomahawks que ficaram instaladas por dez noites consecutivas. O esforço amostral foi calculado pela multiplicação do número de armadilhas utilizadas e o

número de dias que permaneceram ativas nos três fragmentos de floresta. Para atrair os animais, foram utilizadas uma mistura contendo sardinha, banana e paçoca. Todas as armadilhas eram verificadas pela manhã e as iscas substituídas (Pardini e Umetsu, 2006; Prevedello 2008; Ardente *et al.* 2016).



Figura 3- Armadilhas de contenção viva (live traps), modelo sherman (A) e modelo *tomahawk* (B), instaladas nos fragmentos de Floresta Ombrófila no município de Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brasil

2.2.2 Pitfall traps

Ao longo dos três fragmentos florestais, foram instaladas armadilhas de interceptação e queda (Figura 4) para levantamento de espécies terrestres e escansoriais (Cechin e Martins, 2000; Pardini e Umetsu, 2006). Para a aplicação desse método, em cada fragmento florestal foram aplicados dois tipos de conjuntos: um linear de dez baldes de plástico (60L) que ficaram enterrados a cada dez metros numa conformação linear, interligados por uma cerca de lona plástica de meio metro de altura e distantes dez metros um do outro (total de 100 m); e outro conjunto em “Y”, no qual foram empregados quatro baldes, distantes entre si por dez metros e ligados por uma cerca-guia.

Em cada fragmento amostral foram instalados uma linha e um “Y” de armadilhas, contemplando diferentes tipos de hábitat dentro de cada fitofisionomia, com distância mínima de 200 metros de um conjunto para o outro. As vistorias se deram diariamente no turno da manhã durante os dez dias de amostragem. Os espécimes capturados foram identificados, registrados e soltos nas proximidades e quando houve dúvidas taxonômicas foram coletados. Cada armadilha foi georreferenciada e suas coordenadas e descrição da área foram devidamente descritas.



Figura 4- Armadilhas de interceptação e queda (pitfall trap) instaladas nos fragmentos de Floresta Ombrófila no município de Godofredo Viana, Reentrâncias, Brasil

2.3 Identificação e categorização dos pequenos roedores e marsupiais

Foi utilizado como literatura base o “Guia de roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos” (Bonvicino *et al.*, 2008) e “Marsupiais do Brasil: guia de identificação com base em caracteres morfológicos e cranianos” (Faria; Lanes e Bonvicino, 2019). Também foi utilizada como referência a Lista de Mamíferos Não Voadores do Estado do Maranhão (Vieira e Oliveira, 2020) e quando necessário, mastozoólogos(as) especialistas foram consultados(as) para auxiliar na identificação. A nomenclatura taxonômica adotada para a presente proposta será a utilizada na versão mais recente da “Lista de Mamíferos do Brasil” (Abreu *et al.*, 2023) da Sociedade Brasileira de Mastozoologia (SBMz) oriundo do Comitê de Taxonomia (CT-SBMz).

2.4 Análises estatísticas

Foram avaliadas as seguintes variáveis dependentes: riqueza, abundância e diversidade taxonômica em relação aos fragmentos amostrados. Para analisar se o número de espécies observadas foi suficientemente amostrado, realizou-se uma curva de rarefação das espécies (Colwell e Coddington, 1994) e estimou-se também a riqueza com base nos estimadores não-paramétricos jackknife 1 e jackknife 2 (Marguran, 1988). A

riqueza de espécie foi considerada como o número de espécies em cada fragmento e a abundância relativa foi determinada dividindo-se a contagem simples do número de indivíduos pelo total de indivíduos capturados em todos fragmentos amostrados (n_i/N). Foi determinado o Índice de Constância de Ocorrência (ICO) descrito por Silveira-Neto *et al.* (1976) para o cálculo da frequência de ocorrência das espécies durante o período de coleta, classificando-as como espécies constantes (>50%) do período total de amostragem, acessórias (25% a 50%) e ocasionais (<25%). O cálculo foi feito dividindo-se o número de registros de cada espécie pelo período total de amostragem e o resultado foi expresso em porcentagem.

Para análise do padrão de diversidade alfa entre as áreas foi adotado o índice de Shannon (todas as espécies têm o mesmo peso) e Margalef (valoriza espécies raras), bem como a equitabilidade de Pielou a fim de verificar a distribuição espacial das espécies. Foi analisado também a similaridade de Bray - Curtis entre os fragmentos estudados para verificar a composição de cada fragmento (Leiner e Silva, 2012; Ardente *et al.*, 2016). Todas as análises estatísticas foram processadas no pacote estatístico R, PAST 3.11 e EstimateS.

Para testar a nossa hipótese e avaliar o nível de significância, adotamos o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis que leva em consideração as nossas variáveis independentes que são as distâncias dos fragmentos em relação à matriz minerária. Para ambos os testes foi utilizado o intervalo de confiança de 95%, com valor significativo de $p < 0,05$ (Siegel, 1956; Soto-Werchitz; Mandujano e Passamani, 2023).

3 RESULTADOS

Ao longo de 12 campanhas trimestrais, foram obtidos 182 registros de 19 espécies de pequenos mamíferos não voadores (Tabela 1), 11 espécies pertencentes à Ordem Didelphimorphia e oito pertencentes à Ordem Rodentia. A curva evidencia a suficiência amostral empregada ao longo das campanhas, revelando uma diminuição na taxa de outras espécies ainda não registradas, tendendo a uma assíntota (Figura 5). Baseado na metodologia empregada, a estimativa de riqueza foi de 24 espécies (jackknife 1) e 27 espécies (jackknife 2). Assim a riqueza observada corresponde a 79% e 70%, respectivamente, da riqueza estimada (Figura 6).

A área A3 foi a detentora de maior riqueza com 15 espécies. As áreas A1 e A2 possuem a mesma riqueza, 13 espécies. Entre as áreas amostrais, o número de espécies

variou de 13 a 15 espécies, sendo a área A3 a detentora de maior riqueza. Se considerarmos abundância, a área A1 acumulou 73 registros, seguida da A3, com 69 registros e A2 foi a que menos contribuiu, com 40 registros apenas.

A espécie *Cryptomys agricolai* (Moojen 1943) foi registrada apenas na área A3, enquanto *Thrichomys laurentius* (Thomas 1904) ocorreu somente na área A1 e *Didelphis albiventris* (Lund 1840) e *Makalata didelphoides* (Desmarest 1817) foram encontradas exclusivamente na Área A2. Os três fragmentos estudados compartilharam dez espécies, o que representa 52% da riqueza geral encontrada em todas as áreas. Essas informações nos permitem compreender o alto grau de conectividade desses fragmentos.

As armadilhas de interceptação e queda (pitfall trap) foram responsáveis pelo registro de 17 espécies, sendo dez da Ordem Didelphimorphia e sete da Ordem Rodentia, e as armadilhas de contenção viva (live traps) contribuíram com dez espécies, sendo oito da Ordem Didelphimorphia e duas da Ordem Rodentia. Considerando as três áreas estudadas e os dois tipos de armadilhas empregadas, o esforço total das campanhas foi de 4.320 armadilhas/noite para *live trap*, enquanto para armadilhas de interceptação e queda pitfall trap 7.200 armadilhas/noite. Algumas espécies, como *Rhipidomys emiliae* (rato-da-árvore), *Thrichomys laurentius* (punaré) e *Didelphis albiventris* (gambá-de-orelha-branca) só foram registradas nas armadilhas de interceptação e queda.

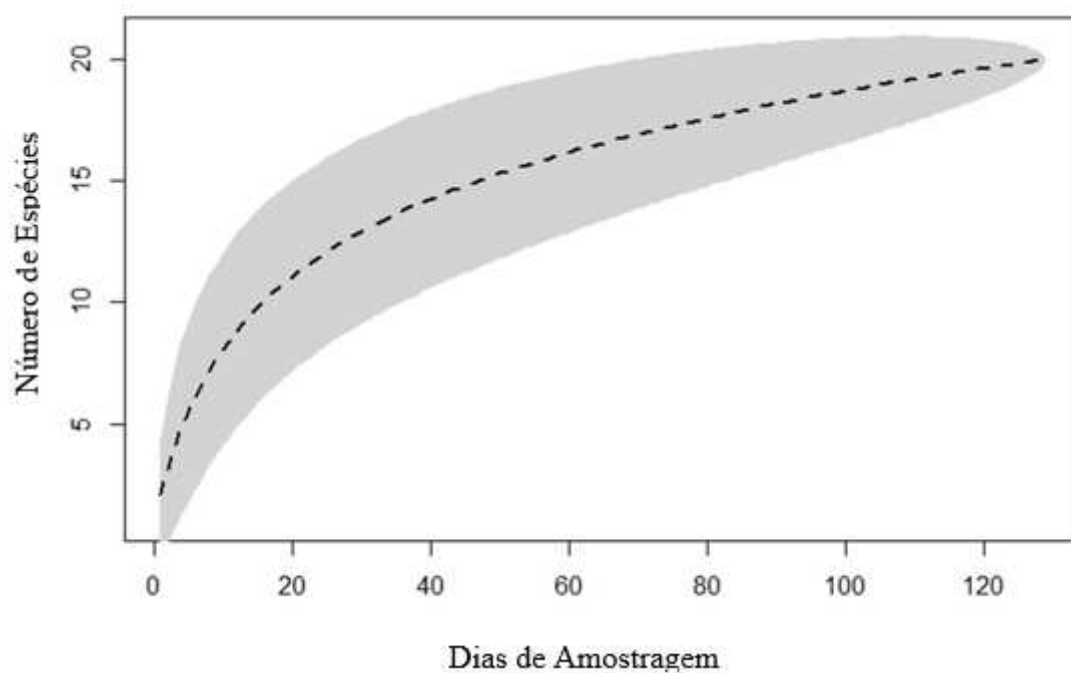


Figura 5- Curva de rarefação para espécies de pequenos mamíferos não voadores ao longo dos fragmentos de Floresta Ombrófila do município de Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brasil.

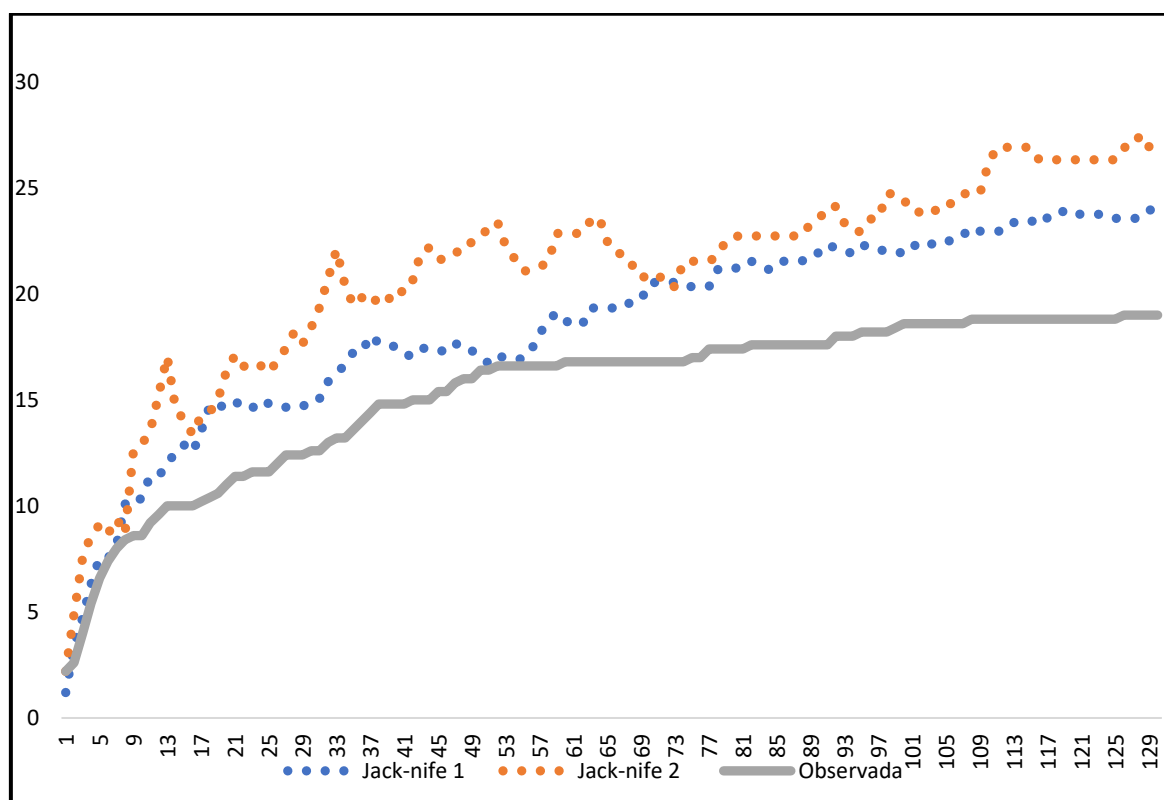


Figura 6- Estimadores de riqueza e riqueza observada para espécies de pequenos mamíferos não voadores do município de Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brasil.

Tabela 1- Pequenos mamíferos não voadores ao longo dos fragmentos de Floresta Ombrófila do município de Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brasil com seus respectivos métodos de registro.

Ordem Didelphimorphia	Nome popular	A1	A2	A3	Método de registro
Família Didelphidae					
<i>Caluromys philander</i> (Linnaeus, 1758)	mucuri	X	x	x	Encontro ocasional, Live traps
<i>Cryptonanus agricolai</i> (Moojen, 1943)	mucuri	-	-	x	Pitfall trap
<i>Didelphis albiventris</i> (Lund, 1840)	mucura branca	-	x	-	Pitfall trap
<i>Didelphis marsupialis</i> (Linnaeus, 1758)	mucura	x	x	x	Encontro ocasional, Live traps
<i>Gracilinanus agilis</i> (Burmeister, 1854)	mucuri	x	x	-	Live traps, pitfall traps
<i>Marmosa (Micoureus) demerarae</i> (Thomas, 1905)	mucuri	x	x	x	Live traps, pitfall traps
<i>Marmosa (Micoureus) murina</i> (Linnaeus, 1758)	mucuri	x	x	x	Live traps, pitfall traps
<i>Marmosops (Sciophanes) pinheiroi</i> (Pine, 1981)	mucuri	x	x	x	Live traps, pitfall traps
<i>Metachirus myosurus</i> (É. Geoffroy St.-Hilaire, 1803)	mucura	-	-	x	Pitfall trap
<i>Monodelphis domestica</i> (Wagner, 1842)	mucuri	x	x	x	Encontro ocasional, Live traps, pitfall traps
<i>Philander opossum</i> (Linnaeus, 1758)	mucura-de-quatro-olhos	x	x	x	Encontro ocasional, Live traps, pitfall traps
Ordem Rodentia					
Família Cricetidae					
<i>Hylaeamys megacephalus</i> (Fischer, 1814)	rato-do-mato	-	-	x	Pitfall trap
<i>Necomys lasiurus</i> (Lund, 1841)	pixuna	x	x	x	Live traps, pitfall trap

<i>Oligoryzomys stramineus</i> (Bonvicino & Weksler, 1998)	camundongo-do-mato	x	x	x	Encontro ocasional, pitfall trap
<i>Oecomys cf. bicolor</i> (Tomes, 1860)	rato-da-árvore	-	-	x	Pitfall trap
<i>Rhipidomys emiliae</i> (Allen, 1916)	rato-da-árvore	x	-	x	Pitfall trap
Família Echimyidae					
<i>Makalata didelphoides</i> (Desmarest, 1817)	rato-coró	-	x	-	Encontro ocasional
<i>Proechimys roberti</i> (Thomas, 1901)	rato-de-espinho	x	x	x	Encontro ocasional, Live traps, pitfall traps
<i>Thrichomys laurentius</i> (Thomas, 1904)	rabudo	x	-	-	Pitfall trap

Tabela 2- Abundância de pequenos mamíferos não voadores registrados ao longo das estações do ano e respectivas áreas amostrais dos fragmentos de Floresta Ombrófila do município de Godofredo Viana, Maranhão.

Espécies	Estiagem	Chuva	A1	A2	A3	Total
<i>Caluromys philander</i>	1	11	3	4	5	12
<i>Cryptonanus agricolai</i>	-	1	-	-	1	1
<i>Didelphis albiventris</i>	-	1	-	1	-	1
<i>Didelphis marsupialis</i>	13	20	11	5	17	33
<i>Gracilinanus agilis</i>	6	6	7	5	-	12
<i>Hylaeamys megacephalus</i>	2	-	-	-	2	2
<i>Marmosa (Micoureus) demerarae</i>	8	13	5	5	11	21
<i>Marmosa (Micoureus) murina</i>	2	3	2	1	2	5
<i>Marmosops (Sciophanes) pinheiroi</i>	4	3	3	1	3	7
<i>Metachirus myosurus</i>	1	-	-	-	1	1
<i>Monodelphis domestica</i>	17	17	17	6	11	34
<i>Necomys lasiurus</i>	-	5	3	1	1	5
<i>Philander opossum</i>	7	12	13	4	2	19

<i>Makalata didelphoides</i>	-	1	-	1	-	1
<i>Oecomys bicolor</i>	-	2	-	-	2	2
<i>Oligoryzomys stramineus</i>	6	1	2	1	4	7
<i>Proechimys roberti</i>	7	8	4	5	6	15
<i>Rhipidomys emiliae</i>	1	1	1	-	1	2
<i>Thrichomys laurentius</i>	-	2	2	-	-	2

A diversidade de Shannon, Margalef e equitabilidade de Pielou variou entre os fragmentos amostrados, sendo maior no fragmento A2 negando a hipótese testada (Tabela 3). O valor do índice de Margalef da área A3 foi o que contou com o maior número de espécies exclusivas desta área, atingindo 97% da diversidade geral de todos os fragmentos monitorados.

Tabela 3- Diversidade de Shannon, Margalef e equitabilidade de Pielou para pequenos mamíferos não voadores ao longo dos fragmentos de Floresta Ombrófila do município de Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brasil.

	Diversidade de Shannon	Diversidade de Margalef	Equitabilidade de Pielou
A1	2,2	2,7	0,8
A2	2,3	3,2	0,9
A3	2,2	3,3	0,8

A espécie com maior abundância relativa foi *Monodelphis domestica* (mucuri) seguida de *Didelphis marsupialis* (mucura) e *Marmosa (Micoureus) demerarae* (mucuri) com IAR= 0,186, IAR=0,181 e IAR= 0,115, respectivamente (Figura 7). Em contrapartida, as espécies *Didelphis albiventris* e *Cryptonanus agricolai* foram as que possuíram menor abundância relativa (IAR= 0,005). Em relação ao Índice de Constância de Ocorrência (ICO), curiosamente *Didelphis marsupialis* atingiu maior valor (83%) se comparado a *Monodelphis domestica* (75%) e *Marmosa (Micoureus) demerarae* (58%), enquanto *Didelphis albiventris* e *Cryptonanus agricolai* seguiram o mesmo padrão observado para abundância relativa, com valores de 8% para ambas espécies (Figura 8).

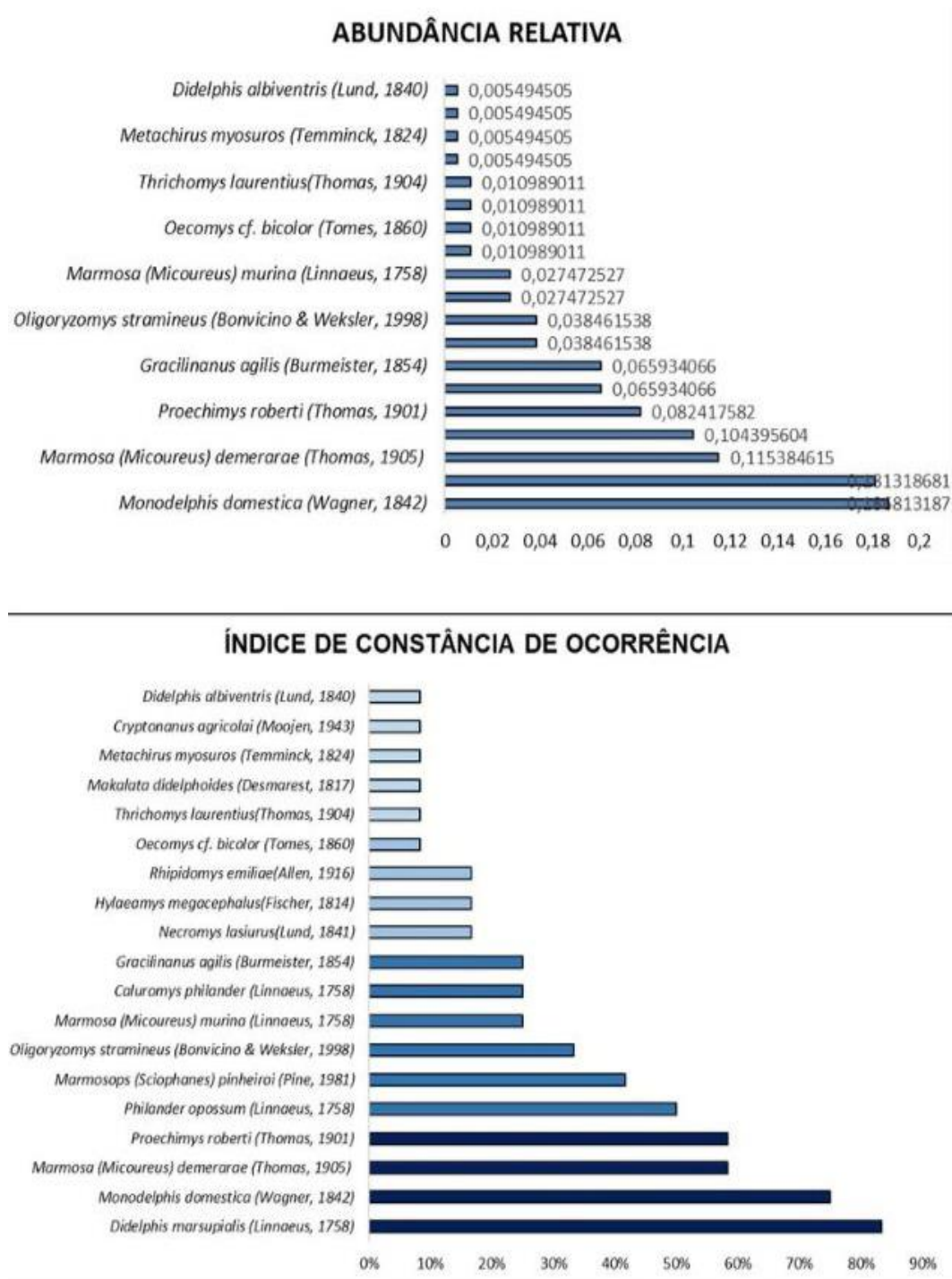


Figura 7- Abundância relativa e índice de constância de ocorrência das espécies de pequenos mamíferos não voadores do município de Godofredo Viana, Maranhão, Reentrâncias Maranhenses, Brasil.

Para o teste de Kruskal-Wallis não houve diferença significativa em relação a hipótese testada, sendo o valor encontrado de $p = 0,662$. Ao avaliar as espécies individualmente

percebemos que algumas espécies (e.g. *Caluromys philander* e *Proechimys roberti*) não têm suas abundâncias comprometidas em relação a distância da mineração e outras sim (e.g. *Gracilinanus agilis* e *Marmosa murina*).

A análise de similaridade resultou uma maior similaridade entre as áreas A2 e A1, enquanto as áreas A3 e A1 possuem maior dissimilaridade. Tal isolamento da área A3 se deve a espécies exclusivas desta área. De forma esperada, as áreas A1 e A2 por serem adjacentes geograficamente, possuem alta similaridade, resultado do compartilhamento de 13 espécies (Figura 10).

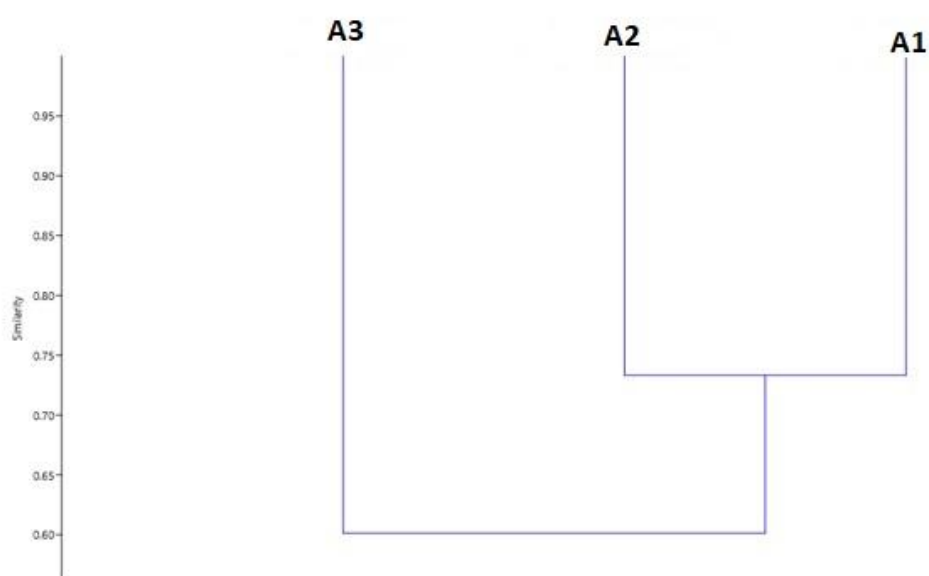


Figura 8- Similaridade de Bray-Curtis entre as áreas amostrais para pequenos mamíferos não voadores das ao longo dos fragmentos de Floresta Ombrófila do município de Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brasil.

4 DISCUSSÃO

Os pequenos mamíferos não voadores possuem diversas lacunas do conhecimento quanto a sua distribuição geográfica e são pouco utilizados como modelos de estudos de impactos ambientais (Mendes-Oliveira, 2015; Papi *et al.*, 2020). Desse modo, este trabalho apresentou o primeiro estudo de impacto ambiental nessas comunidades para a região (Mendes-Oliveira, 2015; Papi *et al.*, 2020). A amostragem de pequenos mamíferos não voadores utiliza dois métodos amplamente conhecidos, e podem ter sua eficiência influenciada por diversos fatores, portanto, observa-se a necessidade de metodologias de amostragem complementares

no sentido de maximizar os registros para comunidades de pequenos mamíferos não voadores (Vieira *et al.*, 2014; Ardente *et al.*, 2016; Faria e Kaizer, 2020).

O esforço amostral empregado no presente trabalho, pode ser equiparado com de outros autores que inventariaram e monitoraram pequenos mamíferos não voadores em áreas amazônicas que sofrem impactos de mineração, monoculturas de eucalipto e monoculturas de dendê, sendo constantemente ratificado pelos autores a utilização de metodologias complementares no intuito de compreender aspectos da estrutura populacional desses organismos (Silva, 2001; Monteiro, 2005; Leite, 2006; Borges, 2007; Ardente *et al.*, 2012; Castro, 2012; Dutra, 2013; Oliveira *et al.*, 2013; Ardente *et al.*, 2017).

A riqueza geral (19 espécies) registrada ao longo das campanhas representa 5,7% da Ordem Rodentia e Didelphimorphia da mais recente Lista de Mamíferos do Brasil (Sociedade Brasileira de Mastozologia - SBMz, 2023). Em se tratando a nível estadual, nossos dados constituem aproximadamente 60% da fauna de pequenos mamíferos não voadores documentada para o território maranhense, segundo Vieira e Oliveira (2020). Além disso, a riqueza mencionada está dentro dos padrões numéricos mencionados por Voss e Emmons (1996) e Patton (2000) que ponderam valores oscilando entre 14 a 28 espécies. Alho (2005) relata que o sucesso de captura não é homogêneo dentro do habitat, podendo ser influenciado por inúmeras variáveis, sendo inclusive uma informação relevante para compreensão das comunidades de pequenos mamíferos não voadores.

Para a Amazônia Maranhense são conhecidas 124 espécies, sendo a Ordem Chiroptera a mais representativa, com 47 espécies, seguida da Ordem Rodentia, 21 espécies, Carnivora, 17 espécies e Didelphimorphia, 15 espécies. Desta forma, se analisarmos minuciosamente as Ordens Rodentia (excluindo os mamíferos de médio porte) e Didelphimorphia, a riqueza encontrada por Oliveira *et al.* (2011) é de 23 espécies, como resultado, as 19 espécies documentadas neste estudo representam 83% da riqueza conhecida para a porção amazônica do Maranhão.

Pelos nossos dados, percebemos que floresta madura também é uma importante variável para avaliar estruturação de comunidades, pois ambientes naturais que foram fragmentados tendem a ter simplificação de espécies vegetais e redução de serrapilheira que é importante local de forrageio e abrigo para espécies silvestres (Pardini *et al.*, 2005; Galetti *et al.*, 2021). No entanto, nossos dados não corroboram o mesmo quando avaliamos a abundância das

espécies, visto que a distância dos impactos não é um fator determinante na estruturação das comunidades de pequenos mamíferos não voadores.

Um padrão ecológico bastante difundido foi o encontrado por Malcom (1997) na Amazônia Central, que percebeu um aumento na riqueza e abundância de pequenos mamíferos não voadores em fragmentos recentes, sendo sua matriz em estado de regeneração ao comparar-se áreas com vegetação primária contínua próximas. Ainda discutido pelo autor, num fragmento de 1 ha, a comunidade de pequenos mamíferos foi praticamente idêntica à comunidade de áreas secundárias, o que corrobora o mesmo padrão observado no nosso estudo. Para as aves, grandes mamíferos e primatas, Malcom (1997) aponta que quanto menor o fragmento e mais isolado, menor será a probabilidade de existir populações viáveis. Neste caso, notadamente para o grupo aqui estudado, existe uma exceção em relação ao padrão de riqueza e diversidade, pois Malcom (1997) registrou maiores representatividades em fragmentos pequenos (10 ha) em relação à florestas contínuas. Silva-Filho *et al.* (2012) no sudoeste da Amazônia também estudando pequenos mamíferos não voadores não encontrou variações significantes na riqueza entre os fragmentos de floresta ombrófila.

Efeitos antrópicos em remanescentes de floresta implicam negativamente em alterações na complexidade estrutural e na diminuição da heterogeneidade ambiental (Naeem, 1994). Esses fenômenos modificam a dinâmica natural ecossistêmica dos organismos biológicos que ali habitam, pressionando-os a terem diferentes respostas, levando-se em consideração o grau de impacto, quer sejam alterações estruturais no plano vertical como também no plano horizontal (Drummond, 2000; Monteiro, 2005), no caso particular deste estudo, soma-se os dois referidos fatores.

Ao avaliar os três fragmentos simultaneamente, percebe-se que o efeito da mineração não é uniforme entre as espécies já que as 19 espécies monitoradas possuem grande variedade de hábitos alimentares, nos mostrando que ecologicamente, espécies mais generalistas tendem a ser favorecidas diante das alterações das paisagens, evidenciado pelos altos valores de abundância relativa (Pardini *et al.*, 2010; Paglia *et al.*, 2012; Dias, 2022). Tal riqueza elevada na área mais afastada ao impacto é devido a menor influência do efeito de borda, evento já corroborado por Ardente *et al.* (2016). Esse padrão de estruturação avaliado em relação a riqueza pode ser explicado pelo fato de as espécies mais próximas estarem mais suscetíveis aos efeitos negativos da vibração, ruído, efeito de borda e exposição à predadores, implicando no afugentamento para áreas mais distantes à matriz mineradora. Isso pode ser evidenciado pela

elevada riqueza registrada no fragmento A3 que é o mais distante. De forma contrastante, a riqueza em A1 e A2 foi marcada principalmente por espécies que são beneficiadas por alterações ambientais e que utilizam da disponibilidade artrópodes disponíveis no solo a longo prazo (Leiner e Silva 2012; Galetti *et al.*, 2021).

A diminuição da diversidade fruto da fragmentação florestal não obedece a um padrão singular, visto que esses animais podem habitar inúmeros ambientes alterados por ação humana, devendo ser levado em consideração o tamanho e isolamento como fatores que podem determinar os efeitos da fragmentação, como é o caso dos fragmentos avaliados em nosso estudo (Mendes-Oliveira, 2015). Santos-Filho *et al.* (2012) relatam que esses estudos para a região amazônica são escassos quando comparados a outras regiões brasileiras, entretanto os estudos disponíveis retratam em comum a capacidade dos pequenos mamíferos não voadores ainda sim conseguirem colonizar habitats modificados, embora existam padrões de riqueza variando no contexto da paisagem em questão.

Malcolm (1997) aponta que diversas espécies de pequenos mamíferos não voadores são consideradas tolerantes a distúrbios e mudanças na estrutura do habitat. No presente trabalho, essa ideia fica explícita pelos elevados indivíduos do mucuri (*Monodelphis domestica*) e mucura (*Didelphis marsupialis*) que são constantemente associados a florestas secundárias. Fonseca (1989) investigando diversidade de pequenos mamíferos não voadores em florestas primárias e secundárias tropicais brasileiras de diferentes tamanhos na Mata Atlântica, pequena (60-80ha), média (860ha) e grandes (35.973ha) percebeu que a maior riqueza e diversidade taxonômica encontrada foi para a floresta secundária, enquanto na floresta primária esta diversidade foi menor.

Tal riqueza elevada na área mais afastada ao impacto (A3) pode ser devido a menor influência do efeito de borda, evento já corroborado por Ardente *et al.* (2012). No que concerne a abundância, áreas mais próximas a clareiras e ao efeito de borda tendem a ser ocupadas por espécies mais generalistas e/ou oportunistas (que se beneficiam do acúmulo de invertebrados que ficam alojados no solo e consequentemente ficam mais expostos a predação (Ricklefs, 2003). O grupo dos onívoros se apresentou de forma acentuada ao longo dos anos, apresentando pouca ou nenhuma flutuação, o que reafirma o serviço ecossistêmico prestado sobre agentes de recuperação de florestas, uma vez que devido as suas capacidades de alimentação e locomoção, atuam na dispersão de frutos e sementes.

5 CONCLUSÃO

Nossos dados, demonstram de forma clara que os remanescentes florestais ainda são importantes refúgios para salvar e estruturar comunidades de pequenos mamíferos não voadores, ressaltando a necessidade de estudos futuros como este. Grande parte das espécies especialistas só foram registradas a uma determinada distância da matriz mineradora, mostrando a influência deste tipo de atividade na estruturação e sensibilidade dos pequenos mamíferos não voadores. Em síntese, os dados aqui apresentados ratificam que a Amazônia Oriental abriga uma fauna de pequenos mamíferos diversificada numa paisagem extremamente fragmentada.

Este estudo foi o primeiro a caracterizar a estrutura da comunidade de pequenos mamíferos na pouco conhecida Área de Proteção Ambiental das Reentrâncias Maranhenses, portanto, servindo como importante literatura para conhecimento da ampliação da distribuição de várias espécies para o estado do Maranhão. Os estudos futuros devem priorizar a continuidade e aprofundamento do monitoramento dessas comunidades para entender aspectos como diversidade funcional e filogenética para ampliar o conhecimento científico que auxiliem na elaboração de medidas que conservem a diversidade biológica presente. A implementação de corredores ecológicos entre os fragmentos pode direcionar o fluxo genético o que amenizaria a redução populacional ou até mesmo extinção local.

REFERÊNCIAS

Abreu-Jr, E.F., Casali, D.M., Garbino, G.S.T., Loretto, D., Loss, A.C., Marmontel, M., Nascimento, M.C., Oliveira, M.L., Pavan, S.E., & Tirelli, F.P. **Lista De Mamíferos Do Brasil**. Comitê De Taxonomia Da Sociedade Brasileira De Mastozoologia (Ct-Sbmz). Disponível Em: <<https://www.sbmz.org/mamiferos-do-brasil/>>. Acesso Em: 10 Jan. 2024.

August, P. V. **The Role Of Habitat Complexity And Heterogeneity In Structuring Tropical Mammal Communities**. Ecology. The Ecological Society Of America. 1983.

Almeida, J. L. et al. **Avaliação Das Mudanças No Uso Da Terra Da Bacia Hidrográfica Do Rio Turiaçu Na Região Amazônica Maranhense**. Revista Brasileira De Geografia Física, V. 15, N. 04, P. 1965-1977, 2022.

Araújo, M. A.; Serra, J.; Filho, F. S. M.; Albuquerque, V. G. M. R.; Serra, L. S.; Ferreira, S. G. **Caracterização Do Meio Físico Da Bacia Do Maracaçumé (Ma) Nos Municípios: Amapá Do Maranhão, Carutapera, Godofredo Viana E Luís Domingues**. Universidade Federal Do Ceará. Xviii Simpósio Brasileiro De Geografia Física Aplicada. 2019.

Ardente, N. C. et al. **A Comunidade De Pequenos Mamíferos Em Áreas De Savana Metalófila E Floresta Ombrófila Densa Na Floresta Nacional De Carajás, Pa: Estrutura, Estratificação E Impacto Da Mineração**. 2012.

Ardente, N. C. et al. **Differential Efficiency Of Two Sampling Methods In Capturing Non-Volant Small Mammals In An Area In Eastern Amazonia**. Acta Amazonica, V. 47, P. 123-132, 2017.

August, P. V. **The Role Of Habitat Complexity And Heterogeneity In Structuring Tropical Mammal Communities**. Ecology. The Ecological Society Of America. 1983.

Bonvicino, C. R. et al. **Guia Dos Mamíferos Não Voadores Do Jardim Botânico De Brasília – Df**. Revista Heringeriana, Brasília, 98p. Isbn: 978-65-992859-1-2. 2020.

Bonvicino, C. R.; Oliveira, J. A.; D'andrea, P. S. **Guia De Roedores Do Brasil, Com Chaves Para Gêneros Baseadas Em Caracteres Externos**. Rio De Janeiro: Centro Pan-Americano De Febre Aftosa – Opas/Oms, 2008.

Borges, M. L. O. **A Comunidade De Pequenos Mamíferos E O Processo De Regeneração De Palmeiras Em Fragmentos Florestais Isolados Por Água Na Amazônia Central**. 2007.

Caderno Da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental / Ministério Do Meio Ambiente, Secretaria De Recursos Hídricos. – Brasília: Mma, 2006.

- Castro, K. C. **Assembleia De Pequenos Mamíferos Não Voadores Da Floresta Nacional Do Amapá, Amazônia Oriental**. 2012.
- Cianciaruso, M. V.; Silva, I. A.; Batalha, M. A. **Diversidades Filogenética E Funcional: Novas Abordagens Para A Ecologia De Comunidades**. *Biota Neotropica*, 9: 93-103. 2009.
- Cobra, P. D. P. A.; Loretto, D.; Papi, B.; Dalloz, M. F.; Figueiredo, M. S.; Rezende, N. **Seleção De Locais De Abrigo Por Caluromys Philander (Didelphimorphia, Didelphidae), Utilizando Ninhos Artificiais, Em Área De Mata Atlântica, Guapimirim, Rj, Brasil**. *Oecologia Australis*, 27(2): 196-207. 2023.
- Colwell, R. K.; Coddington, J. A. Estimating Terrestrial Biodiversity Through Extrapolation. **Philosophical Transactions Of The Royal Society Of London. Series B: Biological Sciences**, V. 345, N. 1311, P. 101-118, 1994.
- Corominas, I. T. **Distribution, Population Dynamics And Habitat Selection Of Small Mammals In Mediterranean Environments: The Role Of Climate, Vegetation Structure, And Predation Risk**. *Small, V. Phd*, N. 707, P. 1–178, 2004.
- Drummond, J. A. **Investimentos Privados, Impactos Ambientais E Qualidade De Vida Num Empreendimento Mineral Amazônico – O Caso Da Mina De Manganês Da Serra Do Navio (Amapá)**. *História, Ciência E Saúde*. 2000.
- Dutra, F. M. **Tamanho Corporal E Aspectos Reprodutivos Das Populações De Pequenos Mamíferos Não Voadores Na Floresta Nacional De Carajás-Pa**. Tese De Doutorado. Ufra. 2013.
- Fonseca, G. A. B. **Small Mammal Species Diversity In Brazilian Tropical Primary And Secondary Forests Of Different Sizes**. *Revista Brasileira De Zoologia*, V. 6, P. 381-422, 1989.
- Galetti, M.; Pardini, R.; Duarte, J.M.B.; Silva, V.M.F.; Rossi, A. & Peres, C.A. **Mudanças No Código Florestal E Seu Impacto Na Ecologia E Diversidade Dos Mamíferos No Brasil**. *Biotropica*. 2010.
- Gardner, A. L. **Mammals Of South America**. Chicago: University Of Chicago Press, 669 P. 2008.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Cidades E Estados: Godofredo Viana**. Disponível Em <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/godofredo-viana.html>>. Acesso Em: 29 Out. De 2021.
- Instituto Maranhense De Estudos Socioeconômicos E Cartográficos – Imesc. **Unidades De Conservação Estaduais**. 70p. Isbn 978-65-87226-01-9. 2020.

Instituto Maranhense De Estudos Socioeconômicos E Cartográficos (Imesc). **Relatório De Diversidade Faunística Do Maranhão: Avaliação Da Composição, Áreas Prioritárias, Ameaças E Recomendações De Ações Para Sua Conservação Do Zoneamento Ecológico-Econômico Do Estado Do Maranhão (Zee) - Etapa Bioma Cerrado E Sistema Costeiro / Instituto Maranhense De Estudos Socioeconômicos E Cartográficos (Imesc).** – São Luís. 2023.

Laureto, L. M. O.; Cianciaruso, M. V.; Samia, D. S. M. **Functional Diversity: An Overview Of Its History And Applicability.** *Natureza & Conservação*, 13(2): 112-116. 2015.

Larkin, J.L.; Maehr, D. S.; Krupa, J.J.; Cox, J.J.; Alexy, K.; Unger, D. E. & Barton, C. **Small Mammal Response To Vegetation And Spoil Conditions On A Reclaimed Surface Mine In Eastern Kentucky.** *Southeastern Naturalist*, 7(3):401-412. 2008.

Leiner, N. O.; Silva, W. R. **Non-Volant Small Mammals At An Atlantic Forest Area Situated Nearby A Limestone Quarry (Limeira Quarry), State Of São Paulo, Brazil.** *Biota Neotropica*, V. 12, P. 191-197, 2012.

Leite, R. N. **Comunidade De Pequenos Mamíferos Em Um Mosaico De Plantações De Eucalipto, Florestas Primárias E Secundárias Na Amazônia Oriental.** 2006.

Liaño, A. G. **Ecologia De Pequenos Mamíferos Silvestres Reservatórios De Zoonoses Na Represa De Ribeirão Das Lajes, Piraí, Rj.** Universidade Federal Do Rio De Janeiro. Programa De Pós – Graduação Em Ecologia. 2013.

Lopes, M.A.; Mendes-Oliveira, A.C. A Amazônia Brasileira E Os Pequenos Mamíferos Nãovoadores. **Pequenos Mamíferos Não-Voadores Da Amazônia Brasileira**, Pp. 15–20 (Orgs. A.C. Mendes-Oliveira E C.L. Miranda), Sociedade Brasileira De Mastozoologia, Rio De Janeiro, Rj. 2015.

Magurran, A. E. **Ecological Diversity And Its Measurement.** Oxford: Princeton University Press, 179 P. 1988.

Magioli, M.; Ferraz, K. M. P. M. D. B.; Setz, E. Z. F.; Percequillo, A. R.; Rondon, M. V. D. S. S.; Kuhn, V. V.; Et Al. **A Conectividade Mantém A Diversidade Funcional Das Assembleias De Mamíferos Em Paisagens Agrícolas E Fragmentadas.** *Jornal Europeu De Pesquisa Da Vida Selvagem*, 62: 431-446. 2016.

Magioli, M.; De Barros, K. M. P. M.; Chiarello, A. G.; Galetti, M.; Setz, E. Z. F.; Paglia, A. P., O. Et Al. **Land-Use Changes Lead To Functional Loss Of Terrestrial Mammals In A Neotropical Rainforest.** *Perspectives In Ecology And Conservation*, 19(2): 161-170. 2021.

Magnus, L. Z.; Cáceres, N. C. **Efeito Do Tamanho De Área Sobre A Riqueza E Composição De Pequenos Mamíferos Da Floresta Atlântica.** *Mastozoologia Neotropical*, 19(2): 163-178. 2012.

Malcolm, J.R. **Biomass And Diversity Of Small Mammals In Amazonian Forest Fragments. In Tropical Forest Remnants: Ecology, Management And Conservation Of Fragmented Communities** (W.F. Laurance & R.O. Bierregard, Eds.). University Of Chicago Press, Chicago. 1997.

Marinho-Filho, J.; Reis, M. L.; Oliveira, P. S.; Vieira, E. M.; Paes, M. N. **Density And Small Mammals Numbers: Conservation Of The Cerrado Biodiversity**. Anais Academia Brasileira De Ciências, Rio De Janeiro. 1994.

Monteiro, M.A. **Meio Século De Mineração Industrial Na Amazônia E Suas Implicações Para O Desenvolvimento Regional**. Estudos Avançados, 19(53):187-207. 2005.

Oliveira, T. G. D., Silva Junior, J. D. S., Dias, P. A., Quixaba-Vieira, O., Gerude, R. G., Giusti, M., & Pereira, A. P. (2011). Mamíferos Da Amazônia Maranhense. Museu Paraense Emílio Goeldi. In: Martins, M. B.; Oliveira, T. G. (Ed.). **Amazônia Maranhense: Diversidade E Conservação**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2011.

Mckinney, M. L. **Effects Of Urbanization On Species Richness: A Review Of Plants And Animals**. Urban Ecosystems, New York. 2008.

Miranda, C. L. et al. **A New Species Of Jupati, Genus Metachirus Burmeister 1854 (Didelphimorphia, Didelphidae) For The Brazilian Amazon**. Mammalia, V. 87, N. 2, P. 172-189, 2023.

Monteiro, M.A. **Meio Século De Mineração Industrial Na Amazônia E Suas Implicações Para O Desenvolvimento Regional**. Estudos Avançados, 19 (53): 187-207. 2005.

Monteiro-Filho, E. L. A.; Cáceres, N. C. **Biologia Reprodutiva De Fêmeas De Marsupiais Didelfídeos**. In: Cáceres, N. C.; Monteiro-Filho, E. L. A. Os Marsupiais Do Brasil: Biologia, Ecologia E Evolução. Ufms. Campo Grande: P. 99-110. 2006.

Monteiro-Filho, E. L. A.; Graipel, M. E. **Captura E Marcação**. Pp. 17-27, Em: Marsupiais Do Brasil: Biologia, Ecologia E Evolução (Nc Cáceres, E Ela Monteiro-Filho, Eds.). Campo Grande, Ms, Editora Ufms. 2006.

Nascimento, D. C. et al. **New Records And A New Mtdna Lineage Of Cryptonanus Agricolai (Moojen, 1943) (Didelphimorphia, Didelphidae) From Maranhão State, Northeastern Brazil**. Check List, V. 18, N. 3, P. 515-523, 2022.

Naeem, S.; Thompson, L. J.; Lawler, S. P.; Lawton, J. H.; Woodún, R. M. **Declining Biodiversity Can Alter The Performance Of Ecosystems**. Nature. 1994.

Oliveira, A. C. M. D. et al. **Efeito Da Monocultura De Palma De Dendê (Elaeis Guineensis Jacq.) Sobre A Fauna De Pequenos Mamíferos Não-Voadores Na Amazônia**. 2013.

Oliveira, T. G.; Catunda, P. H. A.; Dias, L. J. B. S. **Relatório Técnico De Diversidade Faunística Da Amazônia Maranhense: Avaliação Da Composição, Áreas Prioritárias, Ameaças E Recomendações De Ações Para Sua Conservação Do Zoneamento Ecológico Econômico Do Estado Do Maranhão - Etapa Bioma Amazônico**. São Luís. Isbn: 978-85-61929-24-4, 59 P. 2019.

Paglia, A.P.; Da Fonseca, G.A.; Rylands, A.B.; Herrmann, G.; Aguiar, L.M.; Chiarello, A.G.; Leite, Y.L.; Costa, L.P.; Siciliano, S.; Kierulff, M.C.M.; Mendes, S.L. **Lista Anotada Dos Mamíferos Do Brasil 2ª Edição/Annotated Checklist Of Brazilian Mammals**. Occasional Papers In Conservation Biology, 6, Pp.1-82, 2012.

Papi, B.; Santos, H. R.; Semedo, F. B. T.; Moura, E. D. C.; Lopes, W.; Bezerra, R. M. A. **Pequenos Mamíferos Não Voadores**. In: Fauna De Vertebrados Do Entorno Da Estrada De Ferro Carajás. 212p. 2020.

Pardini, R. et al. **The Role Of Forest Structure, Fragment Size And Corridors In Maintaining Small Mammal Abundance And Diversity In An Atlantic Forest Landscape**. *Biological Conservation*, V. 124, N. 2, P. 253–266, 2005.

Pardini, R.; Umetsu, F. **Pequenos Mamíferos Não-Voadores Da Reserva Florestal Do Morro Grande: Distribuição Das Espécies E Da Diversidade Em Uma Área De Mata Atlântica**. *Biota Neotropica*, V. 6, 2006.

Passamani, M.; Jenilson, D.; Lopes, S. A. **Mamíferos Não-Voadores Em Áreas Com Predomínio De Mata Atlântica Da Samarco Mineração Sa, Município De Anchieta, Espírito Santo**. *Biotemas*, V. 18, N. 1, P. 135-149, 2005.

Patton, J. L.; Da Silva, M. N. F.; Malcolm, J. R. **Mammals Of The Rio Juruá And The Evolucionary And Ecological Diversification Of Amazonia**. *Bulletin Of The American Museum Of Natural History*, P. 1-306, 2000.

Prevedello, J. A. et al. **Uso Do Espaço Vertical Por Pequenos Mamíferos No Parque Nacional Serra Dos Órgãos, Rj: Um Estudo De 10 Anos Utilizando Três Métodos De Amostragem**. *Revista Espaço E Geografia*, V. 11, N. 1, 2008.

Quintela, F.; Da Rosa, C. A.; Feijo, A. **Updated And Annotated Checklist Of Recent Mammals From Brazil**. *Anais Da Academia Brasileira De Ciências*, V. 92, 2020.

Rebello-Mochel, F. **Mapeamento Temático Dos Manguezais Do Estado Do Maranhão - Ilha De São Luís E Localidade De Parna-Açu**. 1996.

Reis, N. R. et al. **Mamíferos Do Brasil**. In: *Mamíferos Do Brasil*. 2008.

Rocha, E. A.; Catunda, P. H. A. **Relatório Técnico De Classificação Da Vegetação Do Zoneamento Ecológico Econômico Do Estado Do Maranhão (Zee-Ma) – Etapa Bioma Amazônico**. São Luís. Isbn: 978-85-61929-25-1, 196 P. 2020.

Rola, A.; Ricardo, F. **Mineração Em Terras Indígenas Na Amazônia Brasileira**. Instituto Socioambiental, 2013.

Rossi, R. V., Brandão, M. V., Carmignotto, A. P., Miranda, C. L., Gerem, J. **Diversidade Morfológica E Taxonômica De Marsupiais Didelfídeos, Com Ênfase Nas Espécies Brasileiras**. In N. C. Cáceres (Ed.), *Os Marsupiais Do Brasil: Biologia, Ecologia E Evolução*. Editora Ufms. 2012.

Saldaña, I.; Cadavid, A.; Gómez, D. **Abundancia Relativa Y Patrones De Actividad De Didelphis Marsupialis En Un Área Periurbana De Medellín, Colombia**. *Revista Mvz Córdoba*, V. 24, N. 3, P. 7366-7371, 2019.

Santos, P. G. P. et al. **Estudo Da Comunidade De Pequenos Mamíferos Não-Voadores, Sob Efeito Do Fogo E Da Borda, Em Área De Floresta De Transição Amazônia-Cerrado, Querência, Mt**. 2008.

Secretaria De Estado Do Meio Ambiente E Recursos Naturais Do Maranhão. **Portaria Nº 035, De 08 De Junho De 2021**. Disponível Em: < File:///C:/Users/Rodney%20lucas/Desktop/Portaria_N_035_2021_Revoga_Portaria_148_2021_Estabelece_Procedimentos_Autorizacao_Manejo_Fauna_Silvestre_Empreendimentos_Causam_Impactos_Fauna_Silvestre%20(1).Pdf>. Acesso Em: 27 De Out. De 2021.

Semedo, T. B. F. et al. **Systematics Of Neotropical Spiny Mice, Genus Neacomys Thomas, 1900 (Rodentia: Cricetidae), From Southeastern Amazonia, With Descriptions Of Three New Species**. *American Museum Novitates*, V. 2020, N. 3958, P. 1-43, 2020.

Siegel, S. **Nonparametric Statistics**. *The American Statistician*, 11(3): 13-19. 1957.

Silva, C. R. **Riqueza E Diversidade De Mamíferos Não-Voadores Em Um Mosaico Formado Por Plantios De Eucalyptus Saligna E Remanescentes De Floresta Atlântica No Município De Pilar Do Sul, Sp**. Tese De Doutorado. Universidade De São Paulo. 2001.

Silveira-Neto, S. et al. **Manual De Ecologia Dos Insetos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 419p. 1976.

Soto-Werschitz, A.; Mandujano, S.; Passamani, M. **Influence Of Forest Type On The Diversity, Abundance, And Naïve Occupancy Of The Mammal Assemblage In The Southeastern Brazilian Atlantic Forest**. *Therya*, 14(3): 329. 2023.

Vieira, O. Q.; Oliveira, T. G. **Non-Volant Mammalian Species Richness In The Ecotonal Brazilian Midnorth: Checklist For Maranhão State**. *Biota Neotropica*, V. 20, N. 2, 2020.

Voss, R.S.; Emmons, L. H. **Mammalian Diversity In Neotropical Lowland Rainforests: A Preliminary Assessment.** Bulletin Of The American Museum Of Natural History. 1996.

APÊNDICES

IMPACTS OF MINING ON THE STRUCTURE OF SMALL NON-VOLANT MAMMALS COMMUNITIES EASTERN AMAZON

Rodney Nascimento LUCAS ^{1,2}, João Marcelo da Silva ABREU ^{2,3}, Zairon Marcel de Matos GARÇÊS ^{1,2,4}, Naiara Rabello VALLE ⁴, Sara Sales Marinho do NASCIMENTO ⁴, Ligia TCHAICKA ^{1,2*}, Flor Maria Guedes LAS-CASAS ¹.

1 Programa de Pós – Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade - PPGECEB, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, Campus Paulo VI, São Luís, Maranhão, Brasil.

2 Laboratório de Biodiversidade Molecular – LaBiMol. Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, Campus Paulo VI, São Luís, Maranhão, Brasil.

3 Laboratório de Ecologia e Sistemática de Peixes, Universidade Federal do Maranhão – UFMA, São Luís, Maranhão, Brasil

4 Instituto Ecos de Gaia - EGA, São Luís, Maranhão, Brasil

* Corresponding author: ligiatchaicka@professor.uema.br; <https://orcid.org/0000-0003-1993-1377>

ABSTRACT

The removal of vegetation cover alters the structural complexity and heterogeneity of the habitat, which affects the ecosystem services provided by small mammals and also the structuring of their communities. In this study we tested the influence of mining on the organization of communities of small earthbound mammals in fragments of dense Ombrophilous forest in the eastern Amazon. Three years of sampling were carried out using live traps and pitfall traps in three different fragments influenced by mining: A1 (320m), A2 (1700m) and A3 (2800m). The greatest richness and diversity was concentrated in the fragments furthest from the mining site, and was made up of less tolerant species of anthropized environments such as *Cryptonanus agricolai* and *Rhipidomys emiliae*, which are more sensitive to noise, habitat fragmentation and

resource availability. In comparison, the nearest fragment was formed by more generalist and disturbance-tolerant species including *Monodelphis domestica* and *Didelphis marsupialis*, both of which are typical of disturbed environments. Recognizing the ecological importance of mammals reveals that their extinction jeopardizes the regeneration of forests, increases the interaction of wild species with humans and elevates the spread of invasive species. Future research should prioritize the consequences of the loss of functional diversity, estimating which specific functions would be lost by wild species in order to comprehend more complex aspects such as phylogenetic diversity, which more sensitively detects species' responses to environmental changes, since kinship relationships between species are factored in.

Keywords: Biodiversity, Conservation, Eastern Amazon.

INTRODUCTION

Community ecology seeks to establish which processes influence patterns of richness, abundance and composition, and how species are benefited or harmed by anthropogenic actions. Communities with greater ecological diversity are those most stable in relation to environmental disturbances (August 1983; Cianciaruso; Silva and Batalha 2009; Laureto; Cianciaruso and Samia 2015; Magioli et al. 2016). Small flightless mammals are a zoological group of great interest and are indispensable in terrestrial ecosystems, due to their habitat specificity, seed and seedling predation, and are therefore considered bioindicators of environmental quality (Faria and Kaizer 2020). Thus, it is advisable to use these species in various studies, as they respond in different ways to environmental changes (Alho 2011; Cusack 2011; Palmeirim et al. 2018). The abundance of small flightless mammals is associated with the complexity of habitats, suggesting that

the richness of species in a certain area correlates to the diversity of habitats found in it (Alho 2011; Lopes and Mendes - Oliveira, 2015).

The larger availability of potential niches is associated with more complex habitats, allowing several species to coexist and making each become more specialized in the use of different resources. In forest environments, the number of trees and lianas are two determining elements in vertical structure (Cianciaruso; Silva and Batalha 2009; Dias 2022). Passamani and Cerboncini (2013) and Lopes and Mendes-Oliveira (2015) emphasize that habitat structure may influence the composition and diversity of communities of small earthbound mammals.

Throughout the years, numerous studies reveal strong associations between small non-flying mammals and disturbed habitats, leading to a homogenization of species richness, composition and abundance (Faria et al. 2016; Faria et al. 2018; Magioli et al. 2021; Araújo et al. 2023). The combination of these losses affects the functionality of the ecosystem, since mammals have a fundamental part in regenerating forests (Passamani; Dalmaschio; Lopes 2005). There are serious risks to the environment from the loss of functional diversity, since the replacement of species also implies the replacement of ecosystem functions. Due to their variety of feeding habits, small mammals contribute to the process of seed dispersal, population control of arthropods and through such interactions they are potential transformers in changing the landscape (Martins and Gribel 2007; Paglia et al. 2012; Araújo et al. 2023).

Within this scenario, mammals are good indicator taxa for investigating the influence of mining on biological communities, and for characterizing changes in the organization of communities due to mining in the Amazon rainforest. In the current study, we tested the influence of mining on the structuring of communities of small flightless

mammals in fragments of Ombrophilous Forest and tested the following hypothesis: the richness and abundance of small flightless mammals will decrease with the proximity of the Ombrophilous Forest fragment to mining.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The study was carried out in the municipality of Godofredo Viana, in the northwest of the state of Maranhão, Brazil. It is located in the Amazon Biome, within the Maranhão Reentrances (Maranhense Institute of Socioeconomic and Cartographic Studies 2023). The area is bordered to the east by the Maracaçumé River and to the west by the Tromaí River (between 01°34'20" S and 45°47'04" W). The vegetation coverage is diverse and includes different phyto physiognomies, including Lowland Open Ombrophilous Forest and Alluvial Dense Ombrophilous Forest (Figure 1) (Ministry of the Environment 2006). According to the Koppen classification (1948), the region's climate is Aw', which refers to regions with a humid tropical climate, with a well-defined seasonality throughout the year, with a rainy period from January to June and a dry period from July to December. The average temperature is between 20° C and 30° C (Rebelo - Mochel 1996; Almeida et al. 2018).

Data collection

The samples were gathered between 2018 and 2021, with two sessions during the dry season and two during the rainy season. The areas sampled comprise three different fragments, two of which are located within the mining company's facilities and one in the vicinity of the enterprise, called, respectively, Nearby Area A1 (320m away from the

mining headquarters), Intermediate Area A2 (1700m away from the mining headquarters) and Distant Area A3, which in turn is outside the enterprise (2800m away from the mining headquarters). There are fragments of Dense Ombrophilous Forest in different successional stages of regeneration resulting from illegal mining, hunting, plantations and grazing (Almeida et al. 2022).

Grids consisting of pairs of traps 30 m apart were made in each fragment, with one tomahawk in the leaf litter and one sherman in the understorey (1.5 m high). A total of 15 sherman traps and five tomahawk traps were used for sampling, forming 20 pairs per fragment, which were installed for ten consecutive nights. The total sampling effort was calculated by multiplying the number of traps used and the number of days they were active in the three forest fragments. Considering the three areas studied and the two types of traps used, the total effort of the campaigns was 4.320 traps/night for the live trap, whilst for the pitfall trap 7.200 traps/night. A mixture containing sardines, bananas and paçoca was used to attract the animals. In the morning, all the traps were checked and the baits replaced (Pardini and Umetsu, 2006; Prevedello 2008; Ardente et al. 2016).

Interception and drop traps were also used in each fragment. There were two sets per fragment, a linear one containing ten buckets and a "Y" set, in which four buckets were used, with a minimum distance of 200 m from one set to the other, covering different types of habitat. All the buckets had their bottoms cut out and were equipped with Styrofoam to prevent the animals from drowning during the rainy season. The traps remained in operation for ten consecutive nights and inspections were always conducted in the morning (Cechin and Martins 2000; Pardini and Umetsu, 2006; Ardente et al. 2016).

To manage the wildlife, a field license was obtained from the State Secretariat for the Environment and Natural Resources (AAF-026/2021, process N° 2107210025). Some specimens have been registered with the Coleção de Tecidos e DNA da Fauna Maranhense (CoFauMA) at the State University of Maranhão.

Data analysis

To analyze whether the number of species observed was sufficiently sampled, we conducted a species accumulation curve (Colwell and Coddington 1994) and also estimated the richness based on the non-parametric estimators jackknife 1 and jackknife 2, (Margurran 1988). In order to assess the alpha diversity pattern between the fragments, we adopted Shannon's index (all species have the same weight) and Margalef's index (rare species are valued), as well as Pielou's equitability to check whether the spatial distribution of species was homogeneous or whether there was a dominant species. We also checked the Bray - Curtis similarity between the fragments studied to better grasp the species composition in each fragment (Leiner and Silva 2012; Ardente et al. 2016).

The analysis of whether the distance between the fragments had a positive or negative effect on species richness and abundance was based on a correlation analysis using richness and abundance as the dependent variable and distance between the fragments as the independent variable. The closer the r^2 is to 1, the stronger is the correlation between these variables. This non-parametric test was chosen because our data did not meet the requirements for a parametric test (Magnus and Cáceres 2012). So as to test our hypothesis and assess the level of significance, one of the tests used was the non-parametric Kruskal-Wallis test, which takes into account our independent variables, namely the distances between the fragments and the mining matrix. In both of these tests,

a 95% confidence interval was used, with a significance value of $p < 0.05$. The entire statistical analysis was processed using PAST 3.11 and EstimateS software (Siegel 1956; Soto-Werchitz; Mandujano and Passamani 2023). To analyze whether mining affected the abundance of each species of small flightless mammals individually, an independent variable was used for the distance from mining at our three sampling sites and compared with the abundance data (Ardente et al. 2016).

RESULTS

Over the course of 12 quarterly campaigns, 182 records were obtained of 19 species of small flightless mammals (Table 1), 11 species belonging to the Order Didelphimorphia and eight belonging to the Order Rodentia. The curve shows the sampling sufficiency employed throughout the campaigns, displaying a decrease in the rate of other species not yet recorded, tending towards an asymptote (Figure 2). Based on the methodology adopted, the richness estimate was 24 species (jackknife 1) and 27 species (jackknife 2). Thus, the observed richness corresponds to 79% and 70%, respectively, of the estimated richness (Figure 3).

Area A3 had the highest richness with 15 species. Areas A1 and A2 had the exact same richness, with 13 species. Between the sampling areas, the number of species varied from 13 to 15 species, with area A3 having the highest richness. If one considers abundance, area A1 accumulated 73 records, followed by A3, with 69 records, and A2 contributed the least, with only 40 records.

Cryptonanus agricolai (Moojen 1943) was only recorded in Area A3, while *Thrichomys laurentius* (Thomas 1904) only occurred in Area A1 and *Didelphis albiventris* (Lund 1840) and *Makalata didelphoides* (Desmarest 1817) were found

exclusively in Area A2. The three fragments studied shared ten species, which represents 52% of the overall richness found in all areas. This data allows us to understand the high degree of connectivity of these fragments.

Shannon's diversity, Margalef's diversity and Pielou's evenness varied between the fragments surveyed, being higher in the more area A2, corroborating the hypothesis tested (Table 2). The value of the Margalef index for area A3 should be analyzed, as it had the highest number of species exclusive to this area, reaching 97% of the overall diversity of all the fragments monitored. The similarity analysis resulted in greater similarity between Areas A2 and A1, while A3 and A1 have greater dissimilarity. This isolation of A3 is due to species exclusive to this area. Expectedly, because they are geographically adjacent, Areas A1 and A2 have a high degree of similarity, as a result of sharing 13 species (Figure 4).

For the Kruskal-Wallis test, there was no significant difference in relation to the hypothesis tested, with the value found being $p= 0.662$. When evaluating the species individually, we noticed that some species (e.g. *Caluromys philander* and *Proechimys roberti*) do not have their abundance compromised in relation to the distance from mining and others do (e.g. *Gracilinanus agilis* and *Marmosa murina*) (Table 3).

DISCUSSION

By examining the three fragments simultaneously, we noticed that the effect of mining is not uniform among the species, since the 19 species monitored have a considerable variety. One hypothesis that could justify this event is their feeding habits, demonstrating that ecologically, species that are more generalist in terms of habitat and

diet tend to be favored when landscapes are altered, as evidenced by the high relative abundance values (Pardini et al. 2010; Paglia et al. 2012; Dias 2022).

Such high richness in the area furthest from the impact is due to the lesser influence of the edge effect, a result previously corroborated by Ardente et al. (2016). These structuring patterns assessed in relation to richness can be further illustrated by the proximity of the species, which are more susceptible to the negative effects of vibration, noise, edge effects and exposure to predators, resulting in their being driven away to areas further away from the mining matrix. This is evident from the high richness recorded in fragment A3, which is the furthest away. Notwithstanding, the richness in A1 and A2 was mainly marked by species that benefit from environmental changes and use the long-term availability of arthropods in the soil (Leiner and Silva 2012; Galetti et al. 2021).

The decrease in diversity resulting from forest fragmentation has no singular pattern, since these animals can inhabit numerous environments altered by human action, and size and isolation must be taken into account as factors that can determine the effects of fragmentation, as is the case with the fragments evaluated in our study (Mendes-Oliveira 2015). Santos-Filho et al. (2012) report that research on the Amazon region is scarce when compared to other Brazilian regions. However, the available studies share the capacity of small non-flying mammals to colonize modified habitats, although there are patterns of richness that vary in the context of the landscape in question.

A detailed species-by-species evaluation showed that only two of the 19 species had a positive correlation, inferring distinct patterns, especially in species that are habitat generalists, with a positive correlation between distance and abundance. The reason for this may have been the ecological preference of the species: *Caluromys philander* has a nocturnal habit and a more open canopy, as is the case in area A1, may not be of interest

to the species, which prefers areas further away from mining. However, Cobra et al. (2023), studying the selection of shelter sites for this species using artificial nests, found that the species actually prefers places that are difficult to access and protected, suggesting that its behavior is different, leading us to propose that other species of small neotropical mammals use this behavior.

A widespread ecological pattern was discovered by Malcom (1997) in Central Amazonia, who noticed an increase in the richness and abundance of small non-flying mammals in recent fragments, with their matrix in a state of regeneration, when comparing nearby areas with continuous primary vegetation. In a 1 ha fragment of primary forest, the small mammal community was practically identical to the community in secondary areas, which corroborates the same pattern observed in our study.

Malcom (1997) stated that for birds, large mammals and primates, the smaller and more isolated the fragment, the lower the probability of viable populations. In this case, particularly for the group under study here, there is an exception in relation to the pattern of richness and diversity, as Malcom (1997) recorded greater representativeness in small fragments (10 ha) compared to continuous forests. Silva-Filho et al. (2012) in southwestern Amazonia, also studying small non-flying mammals, failed to find significant variations in richness between fragments of ombrophilous forest.

The similarity observed in the fragments reiterates that although they are at different levels of ecological succession (from fragments with less vegetation cover to fragments with more vegetation cover) most of the species are still able to access the same fragments. This is mainly due to the fact that area A1 acts as an ecological corridor for the other areas. This hypothesis can be sustained by the studies of Ardente et al. (2016)

who diagnosed the same by also evaluating mining impacts on small non-flying mammals in the Brazilian Amazon.

Regarding the linear correlation and the Kruskal-Wallis test, the results revealed that the mining company's operations do not seem to have a negative influence on the structuring of the communities of small non-flying mammals, despite observing variations in richness and composition. Nevertheless, there may be an impairment at the population level and depending on distance (Leiner and Silva 2012), which could be investigated in more detail in subsequent studies and adopting a greater sampling effort to conclude this hypothesis.

Another hypothesis which might explain the structuring patterns found relates to the speed at which plant suppressions occurred, creating space and time for this zoological group to move around (pers. obs.). Contrary to what was found by Ardente et al. (2016), where the abundance of small mammals rose with increasing distance from the mine, our analyses show that there was no significant variation for the entire community of small flightless mammals, validating the findings of Lambert et al. (2006) who studied the edge effect on small flightless mammals in fragmented landscapes in the Amazon. The authors also pointed to a positive relationship between the abundance and availability of lianas in the trees and the number of fallen trunks.

CONCLUSION

Based on our data, it is clear that forest remnants are still important refuges for safeguarding and structuring communities of small non-flying mammals, highlighting the need for future research of this nature. Most of the specialist species were only recorded at a certain distance from the mining matrix, indicating the influence of this type of

activity on the structuring and sensitivity of small non-flying mammals. To summarize, the data presented ratifies that the Eastern Amazon is home to a diverse fauna of small mammals in an extremely fragmented landscape.

The present study was the first to characterize the structure of the small mammal community in the sparsely known Reentrâncias Maranhenses Environmental Protection Area, and therefore serves as an important piece of literature for understanding the expanded distribution of various species in the state of Maranhão. Future studies should prioritize continuing and deepening the monitoring of these communities in order to understand aspects such as functional and phylogenetic diversity, so as to expand scientific knowledge and help devise measures to conserve the biological diversity present. The implementation of ecological corridors between the fragments could direct gene flow, which would mitigate population reduction or even local extinction.

REFERENCES

- Abreu, EF.; Casali D.; Costa-Araújo R.; Garbino, GST.; Libardi, GS.; Loretto, D. et al. 2022. Lista de Mamífero do Brasil. Acessado em 20 de outubro de 2023.
- Agosto, P. V. 1983. O papel da complexidade e heterogeneidade do habitat na estruturação de comunidades de mamíferos tropicais. *Ecologia*, 64 (6): 1495-1507.
- Alho, C. J. 2011. Environmental effects of hydropower reservoirs on wild mammals and freshwater turtles in Amazonia: a review. *Oecologia Australis*, 15: 593-604.
- Alho, C. J. R 2005. Intergradation of Habitats of Non-Volant Small Mammals in the patchy Cerrado landscape. *Arquivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro*, 63: 41-48.

- Almeida Jr, E. B.; Guterres, A. V. F.; Amorim, G. S.; Anjos, J. S.; Costa, L. B. S.; Lima, G. P. et al. 2018. Expedição botânica às Reentrâncias Maranhenses: contribuições para o conhecimento da flora do Estado. *Biodiversidade do Meio Norte do Brasil: conhecimentos ecológicos e aplicações*, 2: 111-136.
- Almeida, J. L.; Bezerra, J. F. R.; Santos, J. R. C.; Moraes, M. S.; Lisboa, G. S. 2022. Avaliação das mudanças no uso da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu na Região Amazônica Maranhense. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 15: 1965-1977.
- Antunes, P. C.; Miranda, C. L.; Hannibal, W.; Godoi, M. N.; Aragona, M.; Mozerle. et al. 2021. Roedores da Bacia do Alto Paraguai: uma revisão do conhecimento do planalto à planície pantaneira. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais*, 16(3): 579-649.
- Araújo, R. D. S.; Bobrowiec, P. E. D.; De Moura, R. T.; Magnusson, W. E. 2023. The impact of a run-of-the-river hydroelectric dam on a non-volant small-mammal assemblage in Brazilian Amazonia. *Austral Ecology*, 48: 143-157.
- Ardente, C. N.; Ferregueti, C. A.; Gettinger, D.; Leal, P.; Mendes-Oliveira, C. A.; Martins-Hatano, F.; et al. 2016. Diversity and impacts of mining on the non-volant small mammal communities of two vegetation types in the Brazilian Amazon. *PLoS One*, 11: e0167266.
- Bonvicino, C. R., Soares, V. A., Sampaio, R. C.; Bezerra, A. M. R. 2020. Guia dos mamíferos do Jardim Botânico de Brasília, DF, Brasil. *Heringeriana*, Brasília. 98p.
- Cechin, S. Z.; Martins, M. 2000. Eficiência de armadilhas de queda (pitfall traps) em amostragens de anfíbios e répteis no Brasil. *Revista brasileira de zoologia*, 17: 729-740.

- Cianciaruso, M. V.; Silva, I. A.; Batalha, M. A. 2009. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotropica*, 9: 93-103.
- Cobra, P. D. P. A.; Loretto, D.; Papi, B.; Dalloz, M. F.; Figueiredo, M. S.; Rezende, N. et al. 2023. Seleção de locais de abrigo por *Caluromys philander* (Didelphimorphia, Didelphidae), utilizando ninhos artificiais, em área de Mata Atlântica, Guapimirim, RJ, Brasil. *Oecologia Australis*, 27(2): 196-207.
- Colwell, R. K.; Coddington, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 345: 101-118.
- Cusack, J. 2011. Characterizing small mammal responses to tropical forest loss and degradation in northern Borneo using capture-mark-recapture methods. Master Thesis, Imperial College London. 73p.
- Dias, A. C. B. 2022. Pequenos mamíferos de uma área protegida: Explorando padrões de diversidade em uma paisagem altamente fragmentada. *Brazilian Journal of Mammalogy*, 91: e91202283-e91202283.
- Dos Santos, E. M. Carvaho-Neto, F. G. 2012. Predação do roedor *Calomys* sp. (Cricetidae) pelo marsupial *Monodelphis domestica* (Didelphidae) em Buíque-PE, Brasil. *Biotemas*, 25(3): 317-320.
- Dutra, F. M. 2013. Tamanho corporal e aspectos reprodutivos das populações de pequenos mamíferos não voadores na Floresta Nacional de Carajás-PA. Tese de Doutorado. Universidade Rural da Amazônia (UFRA), Brasil. (https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/11865/1/Dissertacao_INPA.pdf).

- Faria M. B.; Ferraz D. S.; Ribeiro M. C. S.; Kaizer M. C.; Melo F. R. 2018. Pequenos mamíferos não-voadores (Didelphimorphia, Rodentia) em fragmentos da Mata Atlântica de Minas Gerais. *Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia*, 82(1): 89-96.
- Faria, M. B.; Kaizer, M. C. 2020. Pequenos mamíferos não-voadores (Didelphimorphia e Rodentia): estudo de impacto ambiental em uma região de ecótono entre a Mata Atlântica e a Caatinga. *Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia*, 89: 74-82.
- Faria, M. B.; Siqueira M. L. G.; Bonvicino C. R.; 2016. New record of the rare Atlantic Forest rodent *Phyllomys lundii* (Mammalia: Rodentia). *Zoologia*, 33(4): e20150208. 10.1590/S1984-4689zool-20150208.
- Galetti, M.; Gonçalves, F.; Villar, N.; Zipparro, V. B.; Paz, C.; Mendes, C.; et al. 2021. Causes and consequences of large-scale defaunation in the Atlantic forest. *The atlantic forest: history, biodiversity, threats and opportunities of the mega-diverse forest*, 297-324.
- Koppen, W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México, Fondo de Cultura Economia. 478p.
- Lambert, T. D.; Malcolm, J. R.; Zimmerman, B. L. 2006. Amazonian small mammal abundances in relation to habitat structure and resource abundance. *Journal of mammalogy*, 87(4): 766-776.
- Laureto, L. M. O.; Cianciaruso, M. V.; Samia, D. S. M. 2015. Functional diversity: an overview of its history and applicability. *Natureza & Conservação*, 13(2): 112-116.

- Leiner, N. O.; Silva, W. R. 2012. Pequenos mamíferos não-voadores em uma área de Mata Atlântica adjacente à mina de cimento Limeira, São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, 12: 191-197.
- Lopes, MA.; Mendes-Oliveira, AC.; Miranda, CL. 2015. A Amazônia Brasileira e os pequenos mamíferos não voadores. In: A. C. Mendes-Oliveira and C. L. Miranda (eds). *Pequenos mamíferos Não Voadores da Amazônia Brasileira*. Rio de Janeiro. pág 15-20.
- Magioli, M.; De Barros, K. M. P. M.; Chiarello, A. G.; Galetti, M.; Setz, E. Z. F.; Paglia, A. P., O. et al. 2021. Land-use changes lead to functional loss of terrestrial mammals in a Neotropical rainforest. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 19(2): 161-170.
- Magioli, M.; Ferraz, K. M. P. M. D. B.; Setz, E. Z. F.; Percequillo, A. R.; Rondon, M. V. D. S. S.; Kuhnen, V. V.; et al. 2016. A conectividade mantém a diversidade funcional das assembleias de mamíferos em paisagens agrícolas e fragmentadas. *Jornal Europeu de Pesquisa da Vida Selvagem*, 62: 431-446.
- Magnus, L. Z.; Cáceres, N. C. 2012. Efeito do tamanho de área sobre a riqueza e composição de pequenos mamíferos da Floresta Atlântica. *Mastozoología neotropical*, 19(2): 163-178.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Oxford: Princeton University Press. 179 p.
- Malcolm, J. R. 1997. Biomass and diversity of small mammals in forest fragments. In: Laurance, W. F.; Bierregaard Jr., R.O. (Eds). *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management and Conservation of Fragmented communities*. Chicago, Illinois: University of Chicago Press. pág 207-221.

- Martins, MB; Oliveira, TG. 2011. Amazônia maranhense: diversidade e conservação. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. 329p.
- Martins, R. L.; Gribel, R. 2007. Polinização de *Caryocar villosum* (Aubl.) Pers. (Caryocaraceae) uma árvore emergente da Amazônia Central. *Revista Brasileira de Botânica*, 30: 37–45.
- Ministério do Meio Ambiente. 2006. Caderno da Região Atlântico Nordeste Ocidental. http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3483/Parte-1-Caderno-da-Regi%C3%A3o-Hidrogr%C3%A1fica-Atl%C3%A2ntico-Nordeste-Ocidental_MMA.pdf?sequence=1. Acessado em 03 de maio de 2023.
- Monteiro, M. D. A. 2005. Meio século de mineração industrial na Amazônia e suas implicações para o desenvolvimento regional. *Estudos avançados*, 19:187-207.
- Paglia, A.P., Fonseca, G.A.B., Rylands, A.B., Herrmann, G., Aguiar, L.M.S., Chiarello, A.G., Leite, Y.L.R. et al. 2012. Lista anotada dos mamíferos do Brasil. *Occasional papers in conservation biology*, 6:1-82.
- Palmeirim, A. F.; Benchimol, M.; Vieira, M. V.; Peres, C. A. 2018. Small mammal responses to Amazonian forest islands are modulated by their forest dependence. *Oecologia*, 187: 191-204.
- Papi, B.; Dos Santos, R. H.; Semedo, F. B T.; Moura, A. J.; Carmo, E. D. C.; Lopes, W. et al. 2020. Pequenos mamíferos não voadores. In: Dornas, RAP; Rolim, SG. (Eds.). *Fauna de Vertebrados do entorno da Estrada de Ferro Carajás*, Belo Horizonte. Pág 175-189.
- Pardini, R.; Bueno, A. A.; Gardner, A. T.; Prado, I. P.; Metzger, P. J. 2010. Beyond the fragmentation threshold hypothesis: Regime Shifts in Biodiversity Across Fragmented Landscapes. *Plos One*, 5: e13666.

- Pardini, R.; Umetsu, F. 2006. Pequenos mamíferos não-voadores da Reserva Florestal do Morro Grande: distribuição das espécies e da diversidade em uma área de Mata Atlântica. *Biota Neotropica*, 6 (2).
- Passamani, M.; Cerboncini, R. A. S. 2013. Os efeitos da criação de uma hidrelétrica nas comunidades de pequenos mamíferos no Brasil central. *Biologia Neotropical e Conservação*, 8: 9-16.
- Passamani, M.; Dalmaschio, J.; Lopes, A. S. 2005. Mamíferos não-voadores em áreas com predomínio de Mata Atlântica da Samarco Mineração SA, município de Anchieta, Espírito Santo. *Biotemas*, 18: 135-149.
- Patton, J. L.; Da Silva, M. N. F.; Malcolm, J. R. 2000. Mammals of the Rio Juruá and the evolutionary and ecological diversification of Amazonia. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 244:1-306.
- Prevedello, J. A.; Ferreira, P.; Papi, B. S.; Loretto, D.; Vieira, M. V. 2008. Uso do espaço vertical por pequenos mamíferos no Parque Nacional Serra dos Órgãos, RJ: um estudo de 10 anos utilizando três métodos de amostragem. *Revista Espaço e Geografia*, 11: 35-38.
- Rebello-Mochel, F. 1996. Mapeamento temático dos manguezais do Estado do Maranhão - Ilha de São Luís e localidade de Parna-Açu. In: REBELO-MOCHEL, F. Estudos ecológicos dos manguezais do Estado do Maranhão. Relatório, 9-17.
- Reis, N.R.; Peracchi, A.L.; Fregonezi, M.N.; Rossaneis, B.K. 2010. Mamíferos do Brasil: Guia de Identificação. Technical Books, Rio de Janeiro, 560p.
- Saldaña, I.; Cadavid, A.; Gómez, D. 2019. Abundancia relativa y patrones de actividad de *Didelphis marsupialis* en un área periurbana de Medellín, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 24: 7366-7371.

- Santos-Filho, M.; Peres, C. A.; Silva, D. J.; Sanaiotti, T.M. 2012. Habitat patch and matrix effects on small-mammals persistence in Amazonian forest fragments. *Biodivers Conserv*, 21:1127-1147.
- Siegel, S. 1957. Nonparametric statistics. *The American Statistician*, 11(3): 13-19.
- Silva, C. R. D. 2001. Riqueza e diversidade de mamíferos não-voadores em um mosaico formado por plantios de *Eucalyptus saligna* e remanescentes de floresta atlântica no município de Pilar do Sul, SP. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Brasil.<https://pdfs.semanticscholar.org/f52f/48d31cf59248d6a55aada57cfb784f1f92d7.pdf>).
- Silva, C. R. Riqueza e diversidade de mamíferos não-voadores em um mosaico formado por plantios de *Eucalyptus saligna* e remanescentes de floresta atlântica no município de Pilar do Sul, SP. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2001.
- Soto-Werschitz, A.; Mandujano, S.; Passamani, M. 2023. Influence of forest type on the diversity, abundance, and naïve occupancy of the mammal assemblage in the southeastern Brazilian Atlantic Forest. *Therya*, 14(3): 329.
- Vieira, A. L.M.; Pires, A. S.; Nunes-Freitas, A. F.; Oliveira, N. M.; Resende, A. S.; Campello, E. F. C. 2014. Efficiency of small mammal trapping in an Atlantic Forest fragmented landscape: the effects of trap type and position, seasonality and habitat. *Brazilian Journal of Biology*, 74: 538-544.
- Voss, R.S.; Emmons, L. H. 1996. Mammalian diversity in neotropical lowland rainforests: a preliminary assessment. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 230: 1-115.

Figure legend

Figure 1. Sampling points influenced by mining activity in the municipality of Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brazil.

Figure 2. Accumulation curve for species of small non-volant mammals in the municipality of Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brazil.

Figure 3. Estimators and observed richness for species of small non-volant mammals in the municipality of Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brazil.

Figure 4. Bray – Curtis similarity based on the abundances of species of small non-volant mammals in the sampling points of the municipality of Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brazil.

Table 4. Abundance of small non-volant mammals in the municipality of Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brazil.

Espécies	Estiagem	Chuva	A1	A2	A3	Total
<i>Caluromys philander</i> (Linnaeus, 1758)	1	11	3	4	5	12
<i>Cryptonanus agricolai</i> (Moojen, 1943)	-	1	-	-	1	1
<i>Didelphis albiventris</i> (Lund, 1840)	-	1	-	1	-	1
<i>Didelphis marsupialis</i> (Linnaeus, 1758)	13	20	11	5	17	33
<i>Gracilinanus agilis</i> (Burmeister, 1854)	6	6	7	5	-	12
<i>Hylaeamys megacephalus</i> (Fischer, 1814)	2	-	-	-	2	2
<i>Marmosa (Micoureus) demerarae</i> (Thomas, 1905)	8	13	5	5	11	21
<i>Marmosa (Micoureus) murina</i> (Linnaeus, 1758)	2	3	2	1	2	5

<i>Marmosops</i> (<i>Sciophanes</i>) <i>pinheiroi</i> (Pine, 1981)	4	3	3	1	3	7
<i>Metachirus</i> <i>myosurus</i> (É. Geoffroy St.- Hilaire, 1803)	1	-	-	-	1	1
<i>Monodelphis</i> <i>domestica</i> (Wagner, 1842)	17	17	17	6	11	34
<i>Necomys</i> <i>lasiurus</i> (Lund, 1841)	-	5	3	1	1	5
<i>Philander</i> <i>opossum</i> (Linnaeus, 1758)	7	12	13	4	2	19
<i>Makalata</i> <i>didelphoides</i> (Desmarest, 1817)	-	1	-	1	-	1
<i>Oecomys</i> cf. <i>bicolor</i> (Tomes, 1860)	-	2	-	-	2	2
<i>Oligoryzomys</i> <i>stramineus</i> (Bonvicino & Weksler, 1998)	6	1	2	1	4	7

<i>Proechimys roberti</i> (Thomas, 1901)	7	8	4	5	6	15
<i>Rhipidomys emiliae</i> (Allen, 1916)	1	1	1	-	1	2
<i>Thrichomys laurentius</i> (Thomas, 1904)	-	2	2	-	-	2

Table 2. Diversity of Shannon, Margalef e equitability of Pielou of small non-volant mammals in the municipality of Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brazil.

	Diversity of Shannon	Diversity of Margalef	Equitability of Pielou
A1	2,2	2,7	0,8
A2	2,3	3,2	0,9
A3	2,2	3,3	0,8

Table 3. Linear correlation of species abundance and distance from fragments of small non-volant mammals in the municipality of Godofredo Viana, Reentrâncias Maranhenses, Brazil. r^2 = correlation and p = significance level.

Species	r^2	p
<i>Caluromys philander</i>	0,997	0,041
<i>Cryptonanus agricolai</i>	0,83167	0,37477
<i>Didelphis albiventris</i>	0,065047	0,95856
<i>Didelphis marsupialis</i>	0,44261	0,70811
<i>Gracilinanus agilis</i>	-0,95305	0,19586
<i>Hylaeamys megacephalus</i>	0,83167	0,37477
<i>Marmosa (Micoureus) demerarae</i>	-0,06505	0,95856
<i>Marmosa (Micoureus) murina</i>	-0,06505	0,95856
<i>Marmosops (Sciophanes) pinheiroi</i>	0,83167	0,37477
<i>Metachirus myosurus</i>	-0,5981	0,59184
<i>Monodelphis domestica</i>	-0,9591	0,18271
<i>Necomys lasiurus</i>	0,83167	0,37477
<i>Philander opossum</i>	-0,89671	0,29189
<i>Makalata didelphoides</i>	-0,06505	0,95856
<i>Oecomys cf. bicolor</i>	0,83167	0,37477
<i>Oligoryzomys stramineus</i>	-0,06505	0,95856
<i>Proechimys roberti</i>	0,065047	0,95856
<i>Rhipidomys emiliae</i>	0,99788	0,041439
<i>Thrichomys laurentius</i>	-0,89671	0,29189