



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

OMAR SANTIAGO ERAZO SOTOMAYOR

**Influência da perturbação ambiental na assembleia de pequenos mamíferos não-  
voadores na Amazônia Oriental**

Belém  
2019

OMAR SANTIAGO ERAZO SOTOMAYOR

**Influência da perturbação ambiental na assembleia de pequenos mamíferos não-voadores na Amazônia Oriental**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do convênio da Universidade Federal do Pará e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Área de Concentração: Ecologia

Linha de pesquisa: Ecologia de Comunidades e Ecossistemas

**Orientadora: Prof. Dra. Ana Cristina Mendes de Oliveira**

Belém  
2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

E65i Erazo Sotomayor, Omar Santiago

Influência da perturbação ambiental na assembleia de pequenos mamíferos não-voadores na Amazônia Oriental / Omar Santiago  
Erazo Sotomayor. — 2019.  
41 f. : il. color.

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dra. Ana Cristina Mendes de Oliveira  
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

1. Estrutura de comunidades. 2. seleção de habitat. 3. diversidade taxonômica. 4. diversidade funcional. 5. atributos morfológicos. I. Título.

CDD 301.3

---

OMAR SANTIAGO ERAZO SOTOMAYOR

**Influência da perturbação ambiental na assembleia de pequenos mamíferos não-voadores na Amazônia Oriental**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do convênio da Universidade Federal do Pará e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

Profa. Dra. Barbara Dunck Oliveira  
Universidade Federal do Pará

Profa. Dra. Marcela Guimarães Moreira Lima  
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Rogério Rosa Da Silva  
Museu Paraense Emílio Goeldi

Prof. Dr. Manoel Dos Santos Filho  
Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Rogério Vieira Rossi  
Universidade Federal de Mato Grosso

Aprovado por parecer a distância. Apresentação pública em: 30 de junho de 2019.

Local da apresentação: LM02 do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará.

Dedicado aos meus pais e irmãs, por sempre me mostrarem seu apoio incondicional e me encorajarem a continuar e lutar pelos meus sonhos.

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer à Universidade Federal do Pará (UFPA), a Embrapa Amazônia Oriental, ao Programa de Pós-graduação em Ecologia (PPGECO), ao Laboratório de Ecologia e Zoologia de Vertebrados do Instituto de Ciências Biológicas (ICB) da UFPA, e ao Laboratório de Parasitologia Animal (LPA) da UFPA, Campus Castanhal. Ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) pelo acesso a sua Coleção Mastozoológica durante a fase de identificação. Agradeço ao Programa da Aliança para Educação e Treinamento (PAEC) da Organização dos Estados Americanos (OEA), e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo. A todos os proprietários de terras pela concessão de acesso às suas propriedades. Especiais agradecimentos a minha orientadora Prof. Dra. Ana Cristina Mendes de Oliveira pela confiança, o apoio e por saber compartilhar seu valioso conhecimento. Agradeço também ao professor Rogério Rosa da Silva, a professora Barbara Dunck Oliveira e ao professor Leandro Juen pelas valiosas sugestões no decorrer do estudo. Aos colegas e amigos de laboratório e de mestrado, pelo companheirismo, pelas ajudas, e pelas discussões científicas. Finalmente agradecer a todos os amigos que tive a oportunidade de conhecer durante esse tempo, pelas diferentes experiências de vida dentro e fora da academia.

# **Influência da perturbação ambiental na assembleia de pequenos mamíferos não-voadores na Amazônia Oriental**

## **RESUMO**

A perturbação ambiental antropogênica resulta em diferentes modificações estruturais da floresta, que podem gerar alterações nos padrões de composição de espécies, diversidade taxonômica e funcional. Nós avaliamos a influência da perturbação ambiental na estrutura e diversidade de assembleias de pequenos mamíferos não voadores na Amazônia oriental. Analisamos a composição, riqueza e abundância de espécies e seus caracteres funcionais como descritores de assembleias, considerando suas variações ambientais, em três níveis de perturbação ambiental: (i) interior da floresta; (ii) borda da floresta; e (iii) espaço rural. A diversidade (taxonômica e funcional) permaneceu relativamente constante através dos níveis de perturbação ambiental antropogênica. No entanto na diversidade taxonômica, na assembleia da comunidade de floresta-borda apresenta gradientes de abundância, onde compartilham a maioria de suas espécies, mas alguns indivíduos da borda são perdidos na floresta. Por outro lado, as assembleias de floresta-rural e borda-rural apresentam variação equilibrada da abundância, em que os indivíduos de algumas espécies das áreas de floresta e de borda são substituídos por indivíduos de espécies diferentes nas áreas rurais. Entre os atributos morfológicos observamos respostas mais sutis da comunidade, pequenos mamíferos caracterizados por uma cauda maior predominam nas áreas de floresta e, aqueles caracterizados por um pé maior predominam nas áreas rurais. Concluimos que os atributos morfológicos (comprimento da cauda e do pé), são fatores determinantes nos padrões de composição da assembleia dos pequenos mamíferos não-voadores e, de sua seleção de habitat em ambientes que enfrentam impactos antrópicos. As alterações e os padrões identificados em nosso estudo são de importância crucial para planos de manejo e conservação da biodiversidade.

**Palavras-chave:** Estrutura de comunidades, seleção de habitat, diversidade taxonômica, diversidade funcional, atributos morfológicos.

# **Influence of environmental disturbance on the assembly of small mammals non-flying in the Eastern Amazon**

## **ABSTRACT**

Anthropogenic environmental disturbance results in different structural modifications of the forest, which can lead to changes in species composition patterns, taxonomic and functional diversity. We evaluated the influence of environmental disturbance on the structure and diversity of assemblies of non-flying small mammals in the eastern Amazon. We analyzed species composition, richness and abundance and their functional characters as assemblage descriptors, considering their environmental variations, in three levels of environmental disturbance: (i) forest interior; (ii) edge of the forest; and (iii) rural space. The diversity (taxonomic and functional) remained relatively constant through the levels of anthropogenic environmental disturbance. However, in the taxonomic diversity, the assemblage of the forest-edge community presents abundance gradients, where they share most of their species, but some individuals of the edge are lost in the forest. On the other hand, the rural forest and rural edge assemblages present a balanced variation of abundance, in which individuals of some species of forest and border areas are replaced by individuals of different species in rural space. Among the morphological attributes we observed subtler responses of the community, small mammals characterized by a larger tail predominate in forest areas and those characterized by a larger foot predominate in rural areas. We conclude that the morphological attributes (tail and foot length) are determining factors in the assemblage composition patterns of the small non-flying mammals and their habitat selection in environments facing anthropic impacts. The changes and patterns identified in our study are of crucial importance for biodiversity management and conservation plans.

**Keywords:** Community structure, habitat selection, taxonomic diversity, functional diversity, morphological traits.



## SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
ÍNDICE DE TABELAS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
INTRODUÇÃO.....	12
MATERIAL E MÉTODOS.....	14
Área de Estudo.....	14
Desenho experimental e coleta de pequenos mamíferos não-voadores.....	16
Variáveis ambientais.....	18
<i>Volume de serapilheira</i> .....	18
<i>Cobertura florestal</i> .....	18
Definição de Atributos Funcionais.....	19
Análises de Dados.....	21
<i>Estrutura taxonômica</i> .....	21
<i>Estrutura funcional</i> .....	22
RESULTADOS.....	23
DISCUSSÃO.....	30
REFERÊNCIAS.....	33

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Detalhamento do esforço amostral para cada nível de perturbação ambiental .....	17
Tabela 2. Descrição dos Atributos funcionais selecionados e sua importância funcional.....	20
Tabela 3. Riqueza e abundância dos pequenos mamíferos não voadores nos três níveis de perturbação ambiental .....	24
Tabela 4. Descrição dos atributos funcionais das espécies de pequenos mamíferos não-voadores. .	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica das áreas de estudo na Amazônia oriental, Estado do Pará, Brasil. ....	15
Figura 2. Similaridade funcional e diversidade taxonômica de pequenos mamíferos não voadores em diferentes níveis de perturbação ambiental na Amazônia (interior da floresta, borda da floresta e área rural).....	26
Figura 3. Diversidade taxonômica e funcional da comunidade de pequenos mamíferos não-voadores nas áreas de Floresta, Borda e Rural .....	27
Figura 4. Média e desvio padrão da média ponderada pela comunidade (CWM) dos quatro atributos morfológicos (A-D) nas áreas de Floresta, Borda e Rural .....	28
Figura 5. Dissimilaridade total e seus componentes de variação equilibrada da abundância e de gradientes de abundância da diversidade taxonômica , analisados par-a-par entre os níveis de perturbação ambiental (Floresta-Borda, Floresta-Rural e Borda-Rural). ....	29
Figura 6. Resposta dos caracteres morfológicos às variáveis ambientais, verificado através da CWM-RDA (A). Representação gráfica da influência do volume de serapilheira sobre o comprimento do pé (B). ....	30

**Artigo científico a ser submetido à Revista Journal of Mammalogy**

**Influência da perturbação ambiental na assembleia de pequenos mamíferos não-voadores na Amazônia Oriental**

**<sup>1</sup>\*Omar Santiago Erazo, <sup>1</sup>Ana Cristina Mendes-Oliveira**

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Ecologia, Laboratório de Ecologia e Zoologia de Vertebrados, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Correia, 1, Belém, PA 66075-110, Brasil

\*Autor correspondente:

e-mail: [santiagoe007@gmail.com](mailto:santiagoe007@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

As perturbações ambientais podem gerar impactos dentro da floresta, que inclui, mudanças do microclima (Vergopolan & Fisher, 2016), aumento da susceptibilidade a incêndios florestais (Cochrane & Laurance, 2002) e maior acesso à caça e ou extração seletiva de madeira (Laurance et al., 2011; Burivalova et al., 2014). Também resultam na perda e fragmentação de habitats (Fahrig, 2003; Ewers & Didham, 2006), altamente vulneráveis a efeitos de borda, matriz e isolamento (Laurance et al., 2011). Os efeitos de borda são considerados entre os mais importantes fatores de mudança ecológica, segundo Laurance (2008) “são vários fenômenos físicos e biológicos associados às fronteiras abruptas e artificiais dos fragmentos de habitat”. Em algumas regiões, especialmente na Amazônia oriental, essas categorias de perturbações estão presentes na mesma escala espacial, promovendo o surgimento de remanescentes florestais altamente degradados (Carvalho et al., 2019).

A Amazônia, considerada um dos ecossistemas com maior diversidade biológica no mundo (Capobianco, 2001; Cardoso et al., 2017), vem enfrentando diversos eventos de perturbação ambiental no Brasil nos últimos 50 anos (Chomitz & Thomas, 2003; Araujo et al., 2018). No caso do bioma amazônico, a especulação de terra especialmente ao longo das estradas, o crescimento das cidades, aumento dramático da pecuária, mineração, exploração madeireira e agricultura mecanizada, são fatores que provocaram a perda em grande escala de cobertura vegetal e funções ecológicas essenciais (Alencar et al., 2004; Laurance, et al., 2004; Fearnside, 2005). Além de todo o desmatamento acumulado de cerca de 20% da Floresta Amazônica (INPE, 2018), um novo modelo ainda mais predatório de ocupação vem sendo traçado para os próximos anos na região (Artaxo, 2019; Brito et al., 2019).

Esses eventos de perturbação ambiental que ocorrem em ritmo acelerado, são causadoras de alterações na biodiversidade, interferindo na riqueza e abundância de espécies (Passamani & Ribeiro, 2009; Burivalova et al., 2014), na diversidade funcional (Razafindratsima et al., 2016) e modificando os padrões de composição das comunidades (Razafindratsima et al., 2013). Os efeitos podem ser altamente seletivos nas comunidades, negativos sobre espécies com alto valor funcional e de conservação (Barlow et al., 2016) e favorecendo espécies intimamente relacionadas que compartilham certas características que lhes permitem tolerar condições ambientais extremas (Mayfield & Levine, 2010). Também eliminam espécies sensíveis, beneficiam espécies generalistas

ou invasoras (Lehtonen et al., 2001; Fahrig, 2003; Pardini, 2004; Ferraz et al., 2010) e reduzem a diversidade funcional (Flynn et al., 2009).

Estas modificações estruturais da floresta podem ter reflexos sobre a disponibilidade de recursos, sejam alimentares, de proteção ou de suporte, que influenciam na estrutura das comunidades de pequenos mamíferos não-voadores (Adler & Seamon, 1991; Pardini et al., 2005; Umetsu & Pardini, 2007; Santos-Filho et al., 2012; Borges-Matos et al., 2016). Os pequenos mamíferos não-voadores, representados pela ordem Didelphimorphia (marsupiais) e pelas famílias Cricetidae, Muridae e Echimydae da ordem Rodentia (roedores) (Lopes & Mendes-Oliveira, 2014), são muito diversos em termos de ecologia e estilos de vida, exibem uma variedade de comportamentos locomotores, ocupando uma ampla gama de ambientes, microhabitats e recursos alimentares (Dammhahn et al., 2012; Galetti et al., 2016). Podem ser espécies-chave em alguns ambientes (Ernest & Brown, 2001), exercem uma série de papéis ecológicos no ecossistema, incluindo remoção e dispersão de sementes, predação de plântulas, sementes, frutos e artrópodes (Job & Vieira, 2008; Mills et al., 2017; Tabeni et al., 2017), são presas importantes para algumas espécies (Mancini et al., 2018) e tem rápida substituição da população e ampla abundância de espécies (Gentile et al., 2000). Tem a capacidade de se adaptar a ambientes e estilos de vida específicos, comumente associada a seus atributos morfológicos (Ricklefs & Miles, 1994; Biewener, 2003) e funcionais (Holt et al., 2017; Mills et al., 2017), além de sua história evolutiva (Razafindratsima et al., 2013; Tavares et al., 2018). Essas características os tornam particularmente úteis para entender os efeitos das modificações de habitat na fauna.

Dependendo do nível de perturbação e variação ambiental a assembleia de pequenos mamíferos não-voadores pode ser altamente simplificada (Da Silva & Pontes, 2008; Luza et al., 2016) e a riqueza e diversidade podem mudar (Vera y Conde & Rocha, 2006; Gentile et al., 2018). As respostas podem diferir entre espécies, dependendo da habilidade em persistir nos habitats modificados (Pardini et al., 2005; Santos-Filho et al., 2012; Gentile et al., 2018; Luza et al., 2018), tendem a favorecer as espécies generalistas (Stallings, 1990) e diminuir a abundância de espécies arborícolas (Passamani, 2003; Pardini, 2004). No bioma Amazônico as espécies endêmicas, normalmente estão associadas a habitats florestais, porém neste bioma ocorrem várias espécies adaptadas a ambientes abertos como o Cerrado (Mendes-Oliveira et al., 2010; Rossi et al., 2010; Oliveira & Bonvicino, 2011). Apesar da rapidez e intensidade de degradação da floresta amazônica, o conhecimento acerca das respostas do grupo de pequenos mamíferos não voadores as pressões antrópicas exercidas na região são insuficientes e, não basta avaliar apenas sua riqueza, abundância e

composição (Mendes-Oliveira et al., 2014). Como resultado, a compreensão da estrutura da comunidade baseada em dados taxonômicos pode ser simplista, porque a diversidade funcional ou história evolutiva foram ignoradas ou minimizadas (Dreiss et al., 2015).

A diversidade funcional é "o valor e a variação das espécies e suas características que influenciam o funcionamento das comunidades" (Tilman et al., 1997), esta é uma das definições mais aceitas por alguns autores (Petchey & Gaston, 2002, 2006; Cianciaruso et al., 2009). Esse conceito é considerado chave para entender a relação entre a diversidade, a estrutura das comunidades e o funcionamento dos ecossistemas (Tilman et al., 1997; Hooper et al., 2005; McGill et al., 2006). A aplicação de atributos de espécies para avaliar a estrutura funcional das comunidades, fornecem uma abordagem alternativa para entender a resposta das comunidades em ecossistemas com perturbação ambiental (Mouillot et al., 2012). Para tanto, associar estudos sobre diversidade taxonômica e funcional, mostra uma visão mais aprofundada das respostas das espécies e da comunidade a perturbação ambiental.

Nossos objetivos eram (i) avaliar a influência da perturbação ambiental nos padrões da estrutura de assembleias de pequenos mamíferos não-voadores e (ii) explorar os possíveis efeitos das variáveis ambientais na estrutura de atributos funcionais de comunidades de pequenos mamíferos não-voadores na Amazônia oriental. Utilizamos a composição, riqueza e abundância de pequenos mamíferos não-voadores para entender as possíveis variações na estrutura taxonômica da comunidade entre os níveis de perturbação ambiental. Além disso, analisamos seus atributos funcionais como descritores da estrutura de assembleias em resposta as variações ambientais geradas pela perturbação ambiental. Nós esperamos encontrar (i) diferentes padrões na estrutura taxonômica e funcional das assembleias entre os níveis de perturbação ambiental e (ii) que os atributos funcionais respondam significativamente às variáveis ambientais como descritores da estrutura de assembleias.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de Estudo**

O estudo foi realizado na Amazônia brasileira, no extremo nordeste do estado do Pará, (Figura 1). A vegetação predominante na área é a Floresta Ombrófila Densa primária em diferentes níveis de degradação, mas também estão presentes as Florestas secundárias em diferentes níveis de

recuperação, além de atividades agrárias e comunidades urbanas (IBGE, 2016; Carvalho et al., 2019). De acordo com os critérios do Köppen (1936), a classificação climática da região é Af, com precipitação anual entre 3.000 e 4.000 mm, e temperatura média anual maior que 26°C (Alvares et al., 2013)

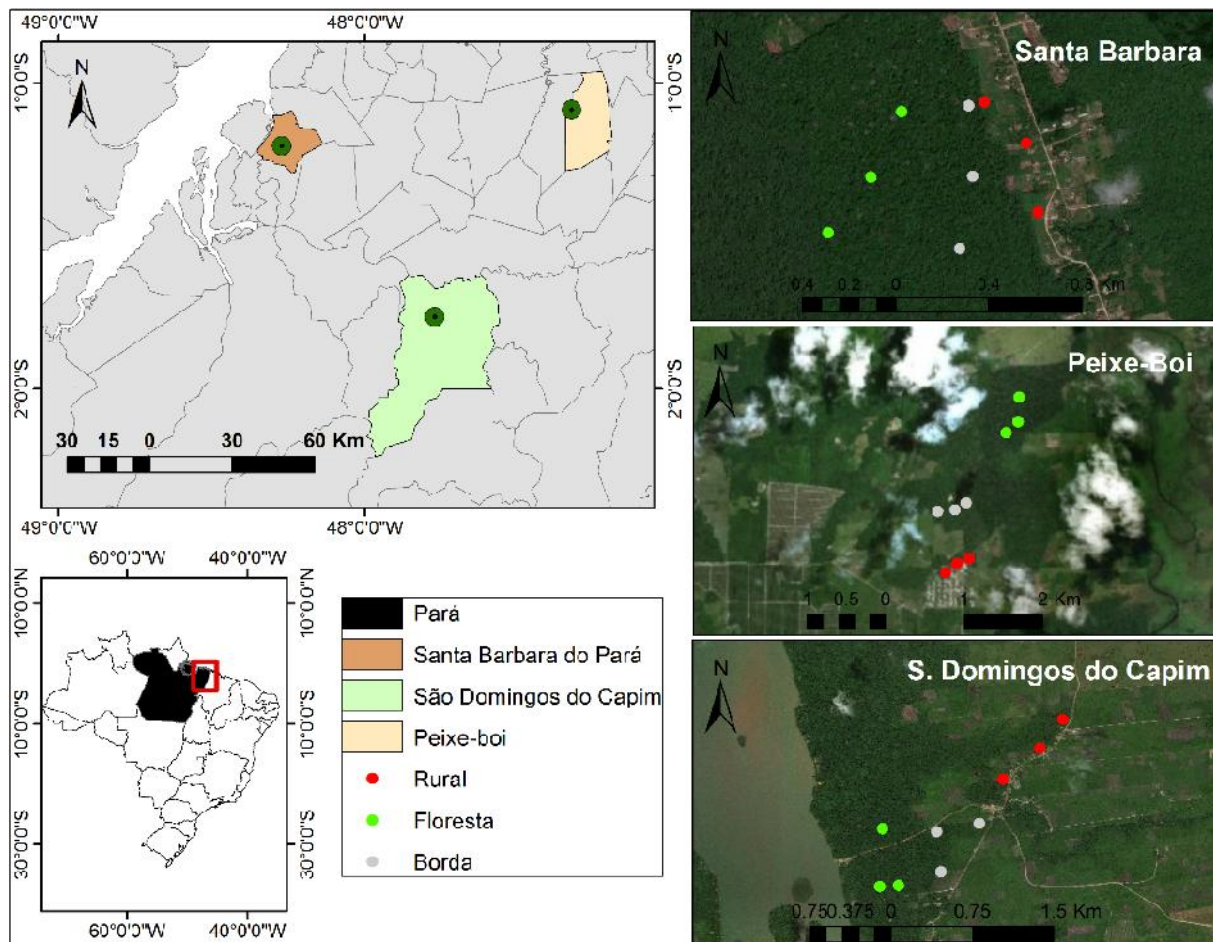


Figura 1. Localização geográfica das áreas de estudo na Amazônia oriental, Estado do Pará, Brasil. Os municípios onde foram implantadas as parcelas amostrais (PA) estão destacados em colorido: Peixe boi, Santa Bárbara e São Domingos do Capim. Parcelas amostrais destacadas em verde apresentam menor nível de perturbação ambiental (interior da floresta); cinza, nível médio de perturbação ambiental (borda da floresta); e vermelho, nível alto de perturbação ambiental (área rural)

O estado do Pará tem as maiores taxas de desmatamentos da Amazônia brasileira, representando o 34% de toda a perda florestal da Amazônia, entre 1988 e 2017 (INPE, 2018). Considerada uma das áreas de histórico de ocupação mais antigo da Amazônia, esta região era originalmente coberta por Floresta Ombrófila Densa exuberante e sempre verdes, do Bioma Amazônico (Vieira et al., 2007). Entretanto, desde 1900, essas florestas vêm sofrendo um intenso uso do solo, e acabaram sendo substituídas por heliófilas de sucessão secundária e xerófilas, vegetação típica do Nordeste do Brasil, e atualmente são um mosaico de capoeiras com diferentes graus de

sucessão vegetal, culturas agrícolas e áreas de pastagem (Vieira et al., 2007). Portanto, nossa área de estudo faz parte de um contexto de perturbação e pressão antrópica, onde seus pequenos fragmentos de florestas secundárias remanescente estão circundados principalmente por espaços rurais (moradias humanas e cultivos).

### **Desenho experimental e coleta de pequenos mamíferos não-voadores**

Nos municípios de Peixe-boi (1°05'53.7"S, 47°19'54.9"W), Santa Bárbara (1°12'36.4"S, 48°16'14.5"W), e São Domingos do Capim (1°46'09.1"S, 47°46'34.1"W), estabelecemos um total de 27 Parcelas Amostrais (PA), classificadas em três níveis de perturbação ambiental, sendo: (i) áreas de menor perturbação ambiental, com parcelas localizadas no interior da floresta; (ii) áreas de média intensidade de perturbação ambiental, com parcelas localizadas na borda da floresta; e (iii) áreas de alto nível de perturbação ambiental, com parcelas localizadas no espaço rural, próximo a moradias humanas. Em cada município instalamos os três níveis e três PA em cada nível, distantes umas das outras no mínimo 300 metros, permitindo uma independência (Figura 1). No total, nove PA foram distribuídas em cada nível.

Coletamos os dados entre 2014 e 2018, em diferentes períodos e campanhas de campo; mas, para evitar variação nos dados e padronizar o esforço de amostragem para cada PA, consideramos apenas as campanhas feitas no período chuvoso, realizadas em abril-2015 (Santa Bárbara), maio-2015 (Peixe Boi) e março-2018 (São Domingos do Capim). Em todas as PA a coleta foi de 10 dias consecutivos, utilizando o mesmo número, tipos e disposição de armadilhas, sendo: quatro armadilhas de interceptação e queda (pitfalls) e 36 armadilhas de contenção de animal vivo, 24 do tipo Sherman (30x9x8 cm) e 12 do tipo Tomahawk (45x16x16 cm) (Tabela 1).



Tabela 1. Detalhamento do esforço amostral para cada nível de perturbação ambiental (Área). Esforço amostral indicado em armadilhas-dia. Parcela Amostrai (PA), Peixe-boi (PEB), Santa Bárbara (SBER) e São Domingos do Capim (MD).

Área	Data	Município	PA	Armadilhas/PA		Dias/PA	Esforço amostral	
				<i>Sherman e Tomahawk</i>	<i>Pitfalls</i>		<i>Sherman e Tomahawk</i>	<i>Pitfalls</i>
Floresta	mai-15	PEB	3					
	abr-15	SBER	3	36	4	10	3240	360
	mar-18	MD	3					
Borda	mai-15	PEB	3					
	abr-15	SBER	3	36	4	10	3240	360
	mar-18	MD	3					
Rural	mai-15	PEB	3					
	abr-15	SBER	3	36	4	10	3240	360
	mar-18	MD	3					
<b>Total</b>			<b>27</b>	<b>972</b>	<b>108</b>		<b>9720</b>	<b>1080</b>

Em cada PA instalamos quatro armadilhas *pitfall*, com baldes de 60 litros enterradas no solo até a borda, dispostos em linha e distantes por 15m um balde do outro, conectados por cerca-guia de lona plástica preta de 80 cm de altura (com 10 cm enterrados no solo), seguras por estacas de madeira (Fitch, 1987). A extensão de cada linha de *pitfall* era de aproximadamente 50 metros.

Ao final de cada linha de *pitfall*, estabelecemos uma trilha, onde foram distribuídas as 36 armadilhas de contenção de animal vivo, divididas em 12 pontos dispostos alternadamente entre esquerda e direita da trilha e, separados a cada 10 metros. Em cada ponto colocamos três armadilhas, sendo duas Sherman, uma no solo e outra no sub-bosque (entre 1 e 2 metros de altura a partir do solo) e uma Tomahawk no solo. Vistoriamos diariamente as armadilhas para verificar a captura dos animais, e troca de isca. Alternamos as iscas entre uma mistura feita de paçoca de amendoim, sardinha, óleo de fígado de bacalhau e fubá, e frutas como banana, maçã e abacaxi.

Utilizamos a autorização de coleta e transporte de material biológico de número 37174/1, aprovada pelo SISBIO/IBAMA. Os animais capturados foram acondicionados em sacos de pano e na medida do possível foram coletados três exemplares de cada espécie e conservado seu material biológico para a coleção de referência. Os exemplares foram sedados com uma associação de ketamina e xilazina por via intramuscular e posteriormente sacrificados com superdosagem de lidocaína no forâmen magno, conforme recomendação do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA). Os animais foram necropsiados e os crânios foram removidos

e enviados juntamente com a pelagem para o Laboratório de Zoologia e Ecologia de Vertebrados da Universidade Federal do Pará (UFPA), onde foram taxidermizados e identificados em nível de espécie. Estes exemplares foram depositados no Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Durante a identificação dos espécimes, a classe etária também foi definida, utilizando os critérios de Voss (1991) para Rodentia e Tribe (1990) para Didelphidae. A classe etária dos espécimes foi considerada para identificar os “outliers” das medidas dos atributos morfológicos, processo explicado em análise de dados.

## **Variáveis ambientais**

Para caracterizar cada uma das PA, bem como diferenças e semelhanças entre os níveis de perturbação, coletamos duas variáveis ambientais: volume de serapilheira (medida em gr.) e cobertura florestal (medida em %). Esses parâmetros têm sido comumente utilizados em estudos com pequenos mamíferos não-voadores, porque são variáveis com influência direta nesse grupo (Lambert et al., 2006; Leite, 2006; Naxara et al., 2009; Raybuck et al., 2012).

### *Volume de serapilheira*

Em cada PA estabelecemos 16 quadrantes de 0,25m<sup>2</sup> (0,5 x 0,5m), distribuídos no lado esquerdo e direito das quatro armadilhas *pitfall*; e nos pontos 1, 4, 8 e 12 da trilha de armadilhas de contenção de animal vivo. Em cada quadrante coletamos toda a serapilheira e acondicionamos em sacolas plásticas, devidamente identificadas e levamos para o Laboratório de Zoologia e Ecologia de Vertebrados da UFPA. Para obter sua biomassa seca, colocamos as amostras em sacos de papel para secagem em estufa, por cinco dias, até que todo o material estivesse seco. Após a secagem pesamos e obtivemos a biomassa seca (em gr.) de cada quadrante (Naxara et al., 2009).

### *Cobertura florestal*

Calculamos a porcentagem de cobertura florestal através do programa ArcGis 10.2.2, utilizando imagens de satélite Landsat, com resolução espacial de 30m, fornecidas pelo Projeto MapBiomas – Coleção [2] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil.

Para cada PA, criamos um buffer de 300m de diâmetro, utilizando ArcGis-Geoprocessing-Buffer. Depois, para sua caracterização convertimos nosso mapeamento em *raster* como entrada para calcular a porcentagem das classes de uso de solo mapeadas em cada buffer, no ArcToolbox - Spatial Analyst Tools. Finalmente, no Excel, para calcular a porcentagem de cobertura florestal, agrupamos

as classes em duas categorias: Florestas (Floresta densa e Floresta secundária) e Formações não Florestais (Formações Naturais não Florestais, Pastagem e Agricultura ou Pastagem). O tamanho do buffer foi de 300m porque corresponde a distância mínima estabelecida entre as PA, evitando assim sobreposição entre buffers.

### **Definição de Atributos Funcionais**

Selecionamos os atributos funcionais de resposta (Violle et al., 2007), para os pequenos mamíferos não voadores considerando seus atributos morfológicos, comportamentais, de nicho temporal e de nicho trófico (Tabela 2). Esses atributos estão relacionados à biologia das espécies ou aos hábitos ecológicos das mesmas (Gómez–Ortiz & Moreno, 2017).

Medimos quatro atributos morfológicos diretamente dos indivíduos coletados neste estudo, sendo: (i) comprimento de cabeça e corpo (CC), (ii) comprimento da cauda (Ca), (iii) comprimento da orelha (CO) e (iv) comprimento do pé (CP). Por outro lado, as informações dos atributos comportamentais foram retiradas da “Lista anotada dos mamíferos do Brasil” (Paglia et al., 2012), e os dados do nicho temporal e de nicho trófico do Data Paper “Elton Traits 1.0” (Wilman et al., 2014).

Tabela 2. Descrição dos Atributos funcionais selecionados e sua importância funcional.

Atributos funcionais	Categoria funcional	Abrev.	Significado funcional	Categoria de variável	
Morfológico / Morfométrico (mm.)	Comprimento Cabeça e Corpo	-	CC	Demanda por recursos tróficos, gasto energético, tamanho do domínio vital	Quantitativa
	Comprimento das patas	-	CP	Locomoção - hábito - área de distribuição	
	Comprimento da cauda	-	Ca	Locomoção - hábito	
	Comprimento da orelha	-	CO	Estratégias predatórias e anti-predatórias	
<sup>1</sup> Comportamental / Hábito/ Locomoção	Terrestre		Te	Uso de recursos alimentares e espaciais	Nominal
	Escansoriales		Sc		
	Arborícola		Ar		
	Semiaquático		SA		
<sup>2</sup> Nicho temporal / Padrão de atividade	Noturno		Noc	Estratégias predatórias e anti-predatórias e segregação temporária	Nominal
	Crepuscular		Cre		
	Diurno		Diu		
<sup>2</sup> Nicho trófico / Dieta. % estimado de uso (soma de categorias, 100% no total)	Invertebrados		Inv	Uso de recursos alimentares, controle de populações e pragas, polinização, dispersão de sementes e frutos e plasticidade trófica	Fuzzy
	Vertebrados		Ver		
	Coletor de lixo (miudezas, carcaças, carniça)		Lix		
	Frutos		Fru		
	Sementes (milho, nozes, esporos, trigo, grãos)		Sem		
Material vegetal (Néctar, pólen, grama, líquen, musgo, fungos, raízes)		Veg			

<sup>1</sup>(Paglia et al., 2012), <sup>2</sup>(Wilman et al., 2014)

## Análises de Dados

### *Estrutura taxonômica*

Considerando que riqueza de espécies registrada em um determinado local é uma subestimação do número real (Santos, 2003), para avaliar os padrões da diversidade, estimamos a riqueza de espécies das PAs de cada nível de perturbação a partir do estimador jackknife de primeira ordem (Colwell & Coddington, 1994). Os intervalos de confiança de 95% foram determinados com 1000 aleatorizações no programa EstimateS Win, ver. 9, (R. K. Colwell, <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>). A partir desta análise, os grupos são considerados estatisticamente diferentes quando não tem sobreposição entre o intervalo de confiança de um grupo e o escore médio do outro.

Para avaliar as diferenças na composição da comunidade de pequenos mamíferos não-voadores entre os níveis de perturbação ambiental, aplicamos uma PERMANOVA (Anderson, 2001; Anderson & Walsh, 2013), usando dados de abundância transformados  $\log(x + 1)$  e, a medida de dissimilaridade de Bray-Curtis (Kruskal, 1964; Clarke, 1993). Para avaliar a diversidade taxonômica, calculamos a dissimilaridade da assembleia com base na sua abundância, para todos os pares possíveis de comunidades de pequenos mamíferos não-voadores entre os níveis de perturbação ambiental (Floresta-Borda, Floresta-Rural e Borda-Rural), conforme o proposto por Baselga (2017). Este procedimento consiste em estimar a dissimilaridade total com base na sua abundância usando o índice de Bray Curtis ( $d_{BC}$ ), particionado em dois componentes (i) variação equilibrada da abundância ( $d_{BC.BAL}$ ) e (ii) gradientes de abundância ( $d_{BC.GRA}$ ) (Baselga, 2017). Esses componentes (i) variação equilibrada da abundância, em que os indivíduos de algumas espécies em um local são substituídos pelo mesmo número de indivíduos de espécies diferentes em outro local e (ii) gradientes de abundância, nos quais alguns indivíduos são perdidos de um local para outro local; revelam o processo envolvido na assembleia da comunidade (Baselga, 2017). Esta análise foi calculada usando a função “beta.pair.abund” do pacote betapart (Baselga et al., 2018), no software R (R Core Team, 2019).

A fim de avaliar a influência das variações ambientais na estrutura da comunidade de pequenos mamíferos não-voadores entre os níveis de perturbação, consideramos a cobertura florestal e o volume de serapilheira como variáveis explicativas utilizando uma análise de redundância (RDA), seguido de modelos ANOVA por permutações para testar significância dos eixos (Legendre & Anderson, 1999; Legendre & Legendre, 2012).

## *Estrutura funcional*

Para reduzir a variação nos atributos morfológicos, as medidas dos indivíduos mais jovens, de classe etária 1 para Rodentia e 1-2 para Didelphidae, foram excluídas das análises, já que seus valores foram identificados como “outliers”. Calculamos os valores médios das medidas morfológicas de cada espécie com base no número total de indivíduos medidos. Para padronizar e reduzir a correlação com o tamanho do corpo, os valores médios de Ca, CO e CP de cada espécie foram divididos para seu valor médio do comprimento da cabeça e corpo (CC). Transformamos os atributos com log para reduzir a influência de valores extremos.

Para medir as distâncias funcionais entre espécies usamos o “coeficiente de distância de variável mista de Pavoine” que considera diferentes tipos estatísticos ou categorias de variável (Pavoine et al., 2009), neste caso, foram identificados três tipos (quantitativo, nominal e fuzzy) (Tabela 2). Para visualizar as distâncias funcionais utilizamos um dendograma. Para medir os processos de estruturação funcional das comunidades nos diferentes níveis de perturbação ambiental utilizamos o índice de Entropia Quadrática Rao’s Q (Rao, 1982) e a média ponderada pela comunidade (CWMs) (Garnier et al., 2004). Medidas adotadas para resumir diferentes aspectos da composição dos atributos funcionais da comunidade (Ricotta & Moretti, 2011).

O índice Rao’s Q expressa a soma das diferenças funcionais entre cada par de espécies em uma amostra ponderada pela abundância relativa das espécies (Botta-Dukát, 2005; de Bello et al., 2013). Calculamos este índice através da função “dbFD” no pacote “FD” (Laliberté & Legendre, 2010; Laliberté et al., 2014), no software R (R Core Team, 2019), ingressando com a matriz calculada de distância de variável mista de Pavoine e a planilha de abundância de espécies. Já o CWM reflete o valor do atributo dominante da comunidade, calculando o valor médio do atributo de cada espécie, ponderada de acordo com sua abundância local (Garnier et al., 2004). Calculamos o CWM para os atributos morfológicos, ingressando a matriz original de dados e a planilha de abundância, usando a função “dbFD” no pacote “FD” (Laliberté & Legendre, 2010; Laliberté et al., 2014), no software R (R Core Team, 2019).

Para avaliar a influência dos níveis de perturbação ambiental na diversidade funcional realizamos uma ANOVA de um-fator seguida de uma análise post-hoc de Tukey, de Rao’s Q e da média ponderada pela comunidade (CWM) de cada atributo morfológico (CWM.CC, CWM.Ca, CWM.CO, CWM.CP). Mas no caso de CWM.CC e CWM.CO, que apresentaram variâncias diferentes (*Levene’s test*), foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, seguido de um teste de comparação

múltipla não paramétrico. E para avaliar o efeito dos níveis de perturbação ambiental sobre a diversidade funcional dos atributos morfológicos, utilizamos uma PERMANOVA (Anderson, 2001; Anderson & Walsh, 2013), da média ponderada pela comunidade (CWM) de cada atributo morfológico.

Para avaliar a resposta dos atributos funcionais as variáveis ambientais, aplicamos uma análise CWM-RDA, que consiste em uma análises de redundância (RDA) da média ponderada pela comunidade (CWM) de cada atributo morfológico (Nygaard & Ejrnaes, 2004; Kleyer et al., 2012). Finalmente, usando uma regressão múltipla, testamos as respostas separadas da média ponderada pela comunidade (CWM) de cada atributo morfológico em relação às variáveis ambientais de Volume de serapilheira e Cobertura de floresta.

## **RESULTADOS**

Foram capturados 66 indivíduos de pequenos mamíferos não-voadores, registrando um total de 14 espécies, sete da ordem Didelphimorphia e sete da ordem Rodentia. Entre os três níveis de perturbação ambiental, as áreas de borda possuíram a maior abundância geral, com 41% do total de indivíduos. As bordas apresentaram a maior riqueza de espécies de marsupiais, mas nas áreas rurais foi registrada a maior riqueza de roedores. Enquanto isso as áreas de florestas apresentaram a menor abundancia e riqueza de pequenos mamíferos não-voadores (Tabela 3 e Figura 2).

Tabela 3. Riqueza e abundância dos pequenos mamíferos não voadores nos três níveis de perturbação ambiental (Área).

Ordem/Família/Espécie	Abreviatura	Área			Total	
		Floresta	Borda	Rural		
<b>Didelphimorphia</b>						
<b>Didelphidae</b>						
<i>Didelphis marsupialis</i>	Linnaeus, 1758	<i>Did_mar</i>	5	7	6	18
<i>Philander opossum</i>	(Linnaeus, 1758)	<i>Phi_opo</i>	1	1	-	2
<i>Marmosa demerarae</i>	(Thomas, 1905)	<i>Mar_dem</i>	1	1	1	3
<i>Marmosa murina</i>	Linnaeus, 1758	<i>Mar_mur</i>	1	1	3	5
<i>Marmosops pinheiroi</i>	(Pine, 1981)	<i>Map_pin</i>	1	6	1	8
<i>Metachirus nudicaudatus</i>	(Geoffroy, 1803)	<i>Met_nud</i>	-	1	-	1
<i>Monodelphis americana</i>	(Müller, 1776)	<i>Mon_ame</i>	-	1	-	1
<b>Rodentia</b>						
<b>Cricetidae</b>						
<i>Nectomys cf. rattus</i>	(Pelzen, 1883)	<i>Nec_cf_rat</i>	-	-	3	3
<i>Hylaeamys megacephalus</i>	(Fischer, 1814)	<i>Hyl_meg</i>	-	1	1	2
<i>Neacomys</i> sp.	Thomas, 1900	<i>Nea_sp</i>	-	-	1	1
<i>Oecomys cf. bicolor</i>	(Tomes, 1860)	<i>Oec_cf_bic</i>	1	2	1	4
<i>Oecomys paricola</i>	(Thomas, 1904)	<i>Oec_par</i>	7	6	-	13
<b>Muridae</b>						
<i>Mus musculus</i>	Linnaeus, 1758	<i>Mus_mus</i>	-	-	1	1
<i>Rattus rattus</i>	(Linnaeus, 1758)	<i>Rat_rat</i>	-	-	4	4
<b>Total</b>			<b>17</b>	<b>27</b>	<b>22</b>	<b>66</b>

No cálculo das médias dos atributos morfológicos de cada espécie, foram utilizadas medidas de 68 indivíduos das 14 espécies (Tabela 4). No dendrograma que considera as distâncias funcionais é possível observar dois grupos distintos (Figura 2). Grupo 1 é formado por todas as espécies da ordem Rodentia e os marsupiais de hábitos terrestres (*Monodelphis americana* e *Metachirus nudicaudatus*). Neste grupo a espécie mais abundante foi o roedor *Oecomys paricola* (N=13) exclusivo das áreas com estrutura florestal (interior e borda). As mais distantes funcionalmente do Grupo 1 são o *Nectomys cf. rattus* única espécie semiaquática e as duas espécies do gênero *Oecomys*, únicas com hábito de locomoção principalmente arborícola (Figura 2). Por outro lado, o Grupo 2 é formado pelos marsupiais com hábitos de locomoção arborícolas e escansoriais, sendo a espécie mais abundante *Didelphis marsupialis* (N=18) distribuído nos três níveis de perturbação ambiental. Os dois marsupiais arborícolas *Marmosa murina* e *Marmosops pinheiroi* são as espécies funcionalmente mais dissimilares do Grupo 2 (Figura 2).



Tabela 4. Descrição dos atributos funcionais das espécies de pequenos mamíferos não-voadores. Legenda: (N) Número de espécimes medidos; Morfológicos (média): Comprimento do corpo (CC), Comprimento da orelha (CO), Comprimento da cauda (Ca), Comprimento do pé (CP); Habito/locomoção: Escansorial (Sc), Arborícola (Ar), Terrestre (Te), Semiaquático (SA); Período de atividade: Noturno (Noc), Crepuscular (Cre), Diurno (Diu); Nicho trófico/Dieta (%): Insetívoro (Inv), Vertebrados (Ver), Coletor de lixo orgânico (Lix).

Ordem / espécie	Indivíduos medidos	Morfológicos				Habito	Atividade	Nicho trófico/Dieta (%)					
		CC	CO	Ca	CP			Inv	Ver	Lix	Fru	Sem	Veg
<b>Didelphimorphia</b>													
<i>Didelphis marsupialis</i>	16	358.7	13.9	107.6	15.2	Sc	Noc	20	30	30	0	0	20
<i>Philander opossum</i>	4	257.3	13.7	107.0	14.9	Sc	Noc_Cre_Diu	30	60	0	10	0	0
<i>Marmosa demerarae</i>	3	184.3	15.2	141.6	15.2	Ar	Noc	90	0	0	10	0	0
<i>Marmosa murina</i>	4	114.5	17.6	135.6	17.5	Sc	Noc	40	30	0	30	0	0
<i>Marmosops pinheiroi</i>	12	106.3	16.9	127.4	14.7	Sc	Noc	50	0	0	50	0	0
<i>Metachirus nudicaudatus</i>	3	267.3	11.1	114.1	14.5	Te	Noc	30	50	0	20	0	0
<i>Monodelphis americana</i>	1	94.0	14.9	54.3	18.1	Te	Noc	20	20	20	20	20	0
<b>Rodentia</b>													
<i>Nectomys cf. rattus</i>	3	124.7	15.5	98.9	27.8	SA	Noc	30	40	0	0	0	30
<i>Hylaeamys megacephalus</i>	1	112.0	15.2	96.4	23.2	Te	Noc_Cre_Diu	20	0	0	20	20	40
<i>Neacomys sp.</i>	2	79.5	13.2	110.7	26.4	Te	Noc	20	0	0	10	40	30
<i>Oecomys cf. bicolor</i>	4	105.8	12.8	108.3	20.1	Ar	Noc	0	0	0	50	50	0
<i>Oecomys paricola</i>	10	98.6	13.6	116.8	22.6	Ar	Noc	0	0	0	50	50	0
<i>Mus musculus</i>	1	85.0	16.5	88.2	25.9	Te	Noc	20	0	0	0	20	60
<i>Rattus rattus</i>	4	179.5	11.1	104.5	17.8	Te	Noc	30	0	0	20	40	10

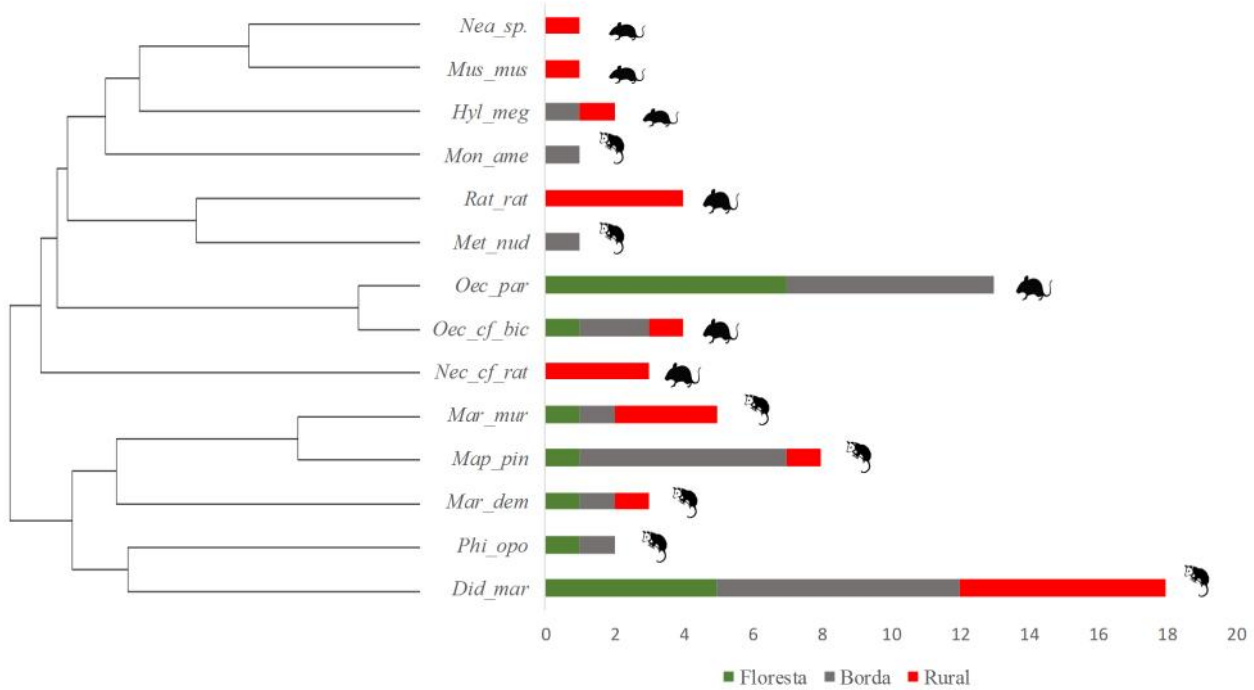


Figura 2. Similaridade funcional e diversidade taxonômica de pequenos mamíferos não voadores em diferentes níveis de perturbação ambiental na Amazônia (interior da floresta, borda da floresta e área rural). Abreviaturas de espécies são as 3 primeiras letras do nome do gênero mais as 3 primeiras letras do nome da espécie.

A perturbação ambiental não influenciou na diversidade taxonômica e funcional de comunidades de pequenos mamíferos não-voadores nas áreas estudadas. A riqueza estimada pelo Jackknife de primeira ordem, com base nos intervalos de confiança não evidenciou diferenças significativas (Figura 3A). Os resultados de Rao's Q refletiram o mesmo padrão da riqueza estimada de espécies, sem apresentar diferenças significativas na diversidade funcional ( $F_{(2,19)}=0.283$ ;  $p=0.757$ ) (Figura 3B).

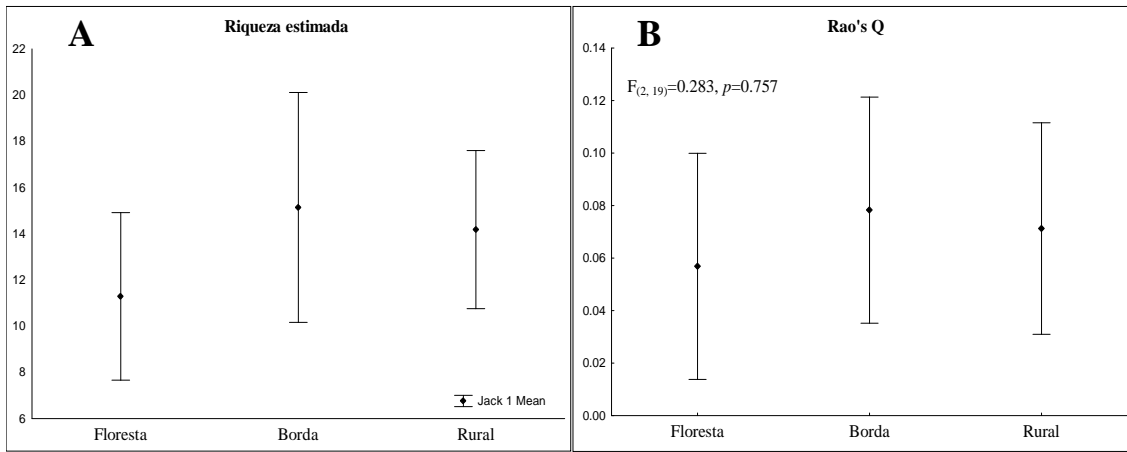


Figura 3. Diversidade taxonômica e funcional da comunidade de pequenos mamíferos não-voadores nas áreas de Floresta, Borda e Rural. Riqueza estimada pelo jackknife de primeira ordem com intervalos de confiança de 95% da diversidade taxonômica (A). Média e desvio padrão do índice da diversidade funcional Rao's Q (B).

Os quatro atributos morfológicos (CWM.CC, CWM.Ca, CWM.CO, CWM.CP) não apresentaram diferenças significativas de sua média ponderada pela comunidade (CWM) entre os níveis de perturbação ambiental (Figura 4). No entanto, a média dos valores do atributo de comprimento da cauda foi significativamente maior nas áreas de interior da Floresta ( $4.76 \pm 0.078$ ) em relação as áreas rurais ( $4.69 \pm 0.042$ ) (post-hoc de Tukey,  $p=0.05$ ) (ANOVA,  $F_{(2,19)}=3.140$ ;  $p=0.066$ ).

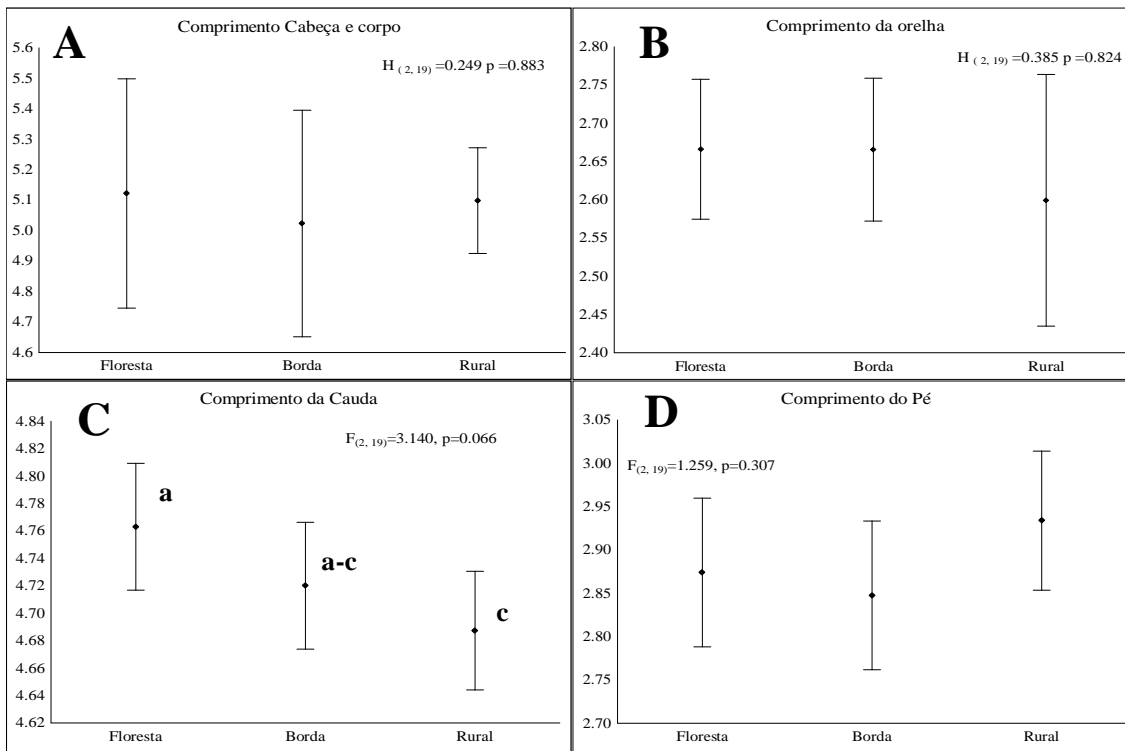


Figura 4. Média e desvio padrão da média ponderada pela comunidade (CWM) dos quatro atributos morfológicos (A-D) nas áreas de Floresta, Borda e Rural. As diferentes letras associadas aos ambientes representam diferenças significativas nas médias avaliadas pela análise Post-hoc de Tukey.

A composição da comunidade de pequenos mamíferos não voadores não apresentou diferenças significativas entre os níveis de perturbação ambiental (PERMANOVA, pseudo- $F_{(2,19)}=1.547$ ;  $p=0.098$ ). Mas analisando a diversidade taxonômica, a dissimilaridade par-a-par da assembleia com base na sua abundância, revelou que a dissimilaridade total ( $BC$ ) e seu componente de variação equilibrada da abundância ( $BC_{BAL}$ ) foram maiores nos pares de Floresta-Rural ( $BC=0.538$  e  $BC_{BAL}=0.471$ ) e Borda-Rural ( $BC=0.551$  e  $BC_{BAL}=0.5$ ) do que em Floresta-Borda ( $BC=0.273$  e  $BC_{BAL}=0.059$ ), no entanto seu componente de gradientes de abundância ( $BC_{GRA}$ ) foi maior em Floresta-Borda ( $BC_{GRA}=0.214$ ) do que em Floresta-Rural e Borda-Rural ( $BC_{GRA}=0.068$  e  $BC_{GRA}=0.051$  respectivamente) (Figura 5).

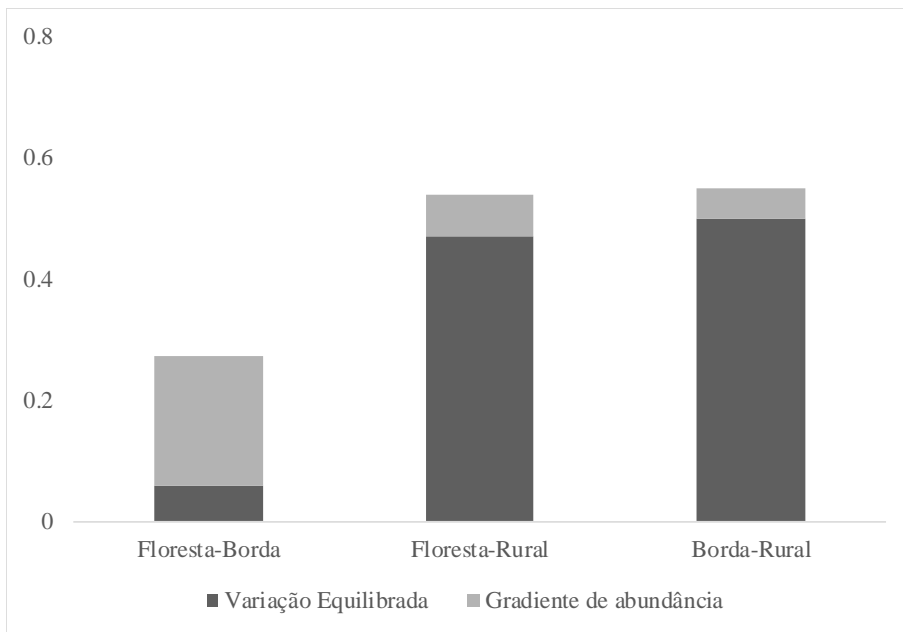


Figura 5. Dissimilaridade total e seus componentes de variação equilibrada da abundância e de gradientes de abundância da diversidade taxonômica, analisados par-a-par entre os níveis de perturbação ambiental (Floresta-Borda, Floresta-Rural e Borda-Rural).

Considerando as variáveis ambientais como variáveis explicativas, na RDA não foi possível identificar variação ou correlação significativa da comunidade de pequenos mamíferos não voadores no nível taxonômico (ANOVA  $F_{(2,19)} = 1.198$ ;  $p=0.222$ ). Em termos funcionais, a CWM-RDA também não apresentou correlação significativa da média ponderada pela comunidade (CWM) de cada atributo morfológico com as variáveis ambientais (ANOVA  $F_{(2,19)} = 2.077$ ;  $p=0.062$ ) (

Figura 6A). No entanto, na regressão múltipla realizada para cada atributo morfológico foi possível observar influência significativa das variáveis ambientais sobre a média ponderada pela comunidade (CWM) do comprimento do pé ( $R^2 = 0.321$ ,  $F_{(2,19)} = 4.481$ ,  $p=0.025$ ), mas houve efeito negativo e significativo apenas do volume de serapilheira ( $p=0.021$ ) (

Figura 6B). Demais atributos morfológicos não sofreram influência significativa das variáveis ambientais.

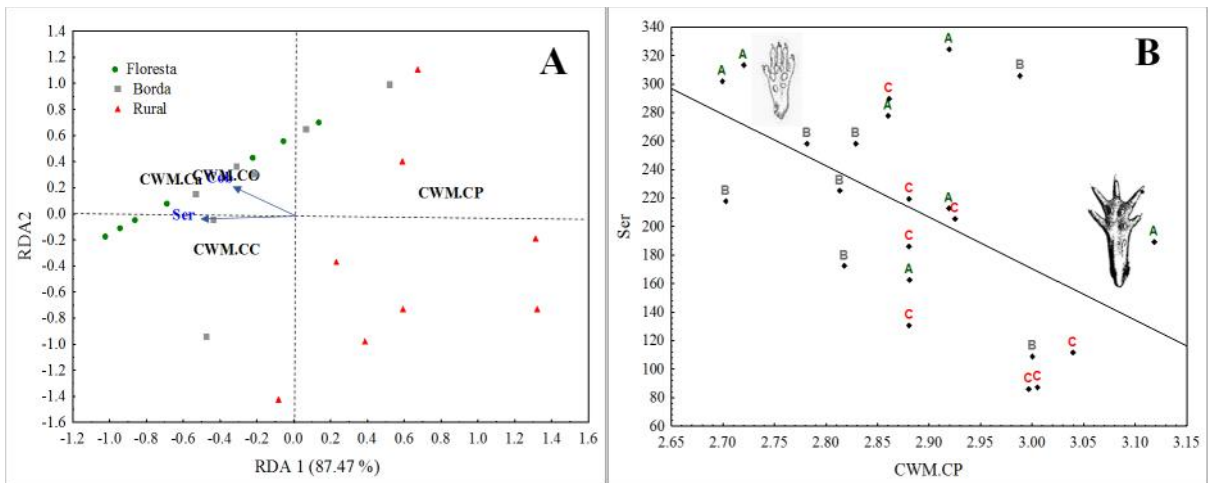


Figura 6. Resposta dos caracteres morfológicos às variáveis ambientais, verificado através da CWM-RDA (A). Representação gráfica da influência do volume de serapilheira sobre o comprimento do pé (B). Volume de serapilheira (Ser) e Cobertura de floresta (Cob). Média ponderada pela comunidade (CWM) do comprimento de cabeça e corpo (CWM.CC), comprimento da cauda (CWM.Ca), comprimento da orelha (CWM.CO) e comprimento do pé (CWM.CP). Interior da floresta (A), borda da floresta (B) e área rural (C).

## DISCUSSÃO

Neste estudo encontramos diferentes respostas na estrutura da assembleia de pequenos mamíferos não-voadores influenciadas pela perturbação ambiental, observando alterações tanto taxonômicas quanto funcionais. As respostas foram idiossincráticas, diferindo entre espécies e grupos funcionais, uma vez que a própria natureza da perturbação ambiental é complexa. A diversidade (taxonômica e funcional), da comunidade de pequenos mamíferos não voadores, permaneceu relativamente estável e não diferiu entre os diferentes níveis de perturbação. Nesse contexto as espécies de pequenos mamíferos não-voadores podem estar associadas as áreas da matriz e como resposta sua riqueza não sofre mudanças significativas (Pardini, 2004; Passamani & Ribeiro, 2009).

Por outro lado, a composição taxonômica da comunidade não apresenta diferenças e não tem um padrão claro de composição. No entanto a dissimilaridade total e seus componentes revelam diferentes processos envolvidos na assembleia da comunidade entre os níveis de perturbação ambiental. Na assembleia da comunidade de floresta-borda apresenta gradientes de abundância, onde compartilham a maioria de suas espécies, mas alguns indivíduos da borda são perdidos na floresta, sugerindo conectividade entre as áreas de floresta e de borda. Essa conectividade deve facilitar o aumento da homogeneidade espacial na composição da comunidade, diminuindo sua diversidade beta (Pardini et al., 2005) e apresentando baixa dissimilaridade. Por outro lado, as assembleias de floresta-

rural e borda-rural apresentam variação equilibrada da abundância, em que os indivíduos de algumas espécies das áreas de floresta e de borda são substituídos por indivíduos de espécies diferentes nas áreas rurais. As áreas compartilham espécies generalistas e sinantrópicas (e.g., *Didelphis marsupialis*), mas nas áreas rurais também tem espécies exclusivas (*Rattus rattus*, *Mus musculus*, *Nectomys cf. rattus* e *Neacomys sp.*), entre elas as primeiras duas espécies são invasoras. Segundo Gentile et al. (2018) espécies invasoras, generalistas e sinantrópicas são indicadoras de áreas degradadas. As áreas de estudo têm um contexto histórico de perturbação, caracterizadas por vegetação secundária, atividades agrárias e aldeias. Comunidades de animais em um contexto de paisagem fragmentada e degradada pode incorporar, até certo ponto, a matriz circundante como parte integrante da paisagem que usufruem (Laurance et al., 2006).

Analisando as variações dos caracteres morfológicos, observamos respostas mais sutis da comunidade de pequenos mamíferos, identificando diferentes padrões de composição, influenciados pelos níveis de perturbação ambiental. Algumas espécies podem sofrer alterações em suas abundâncias em função de suas características morfológicas (Tulli et al., 2015). No nosso estudo, pequenos mamíferos não-voadores caracterizados por caudas maiores predominam na floresta, ao passo que aqueles caracterizados por caudas menores predominam em áreas rurais. Por outro lado, as comunidades das áreas de borda responderam diferente, pois a estrutura do habitat permite a coexistência de espécies, tanto de cauda longa como de cauda curta. Essas variações do comprimento relativo da cauda podem estar diretamente relacionadas à especialização do habitat (Alhajeri & Stepan, 2018). Teoricamente as variações no comprimento da cauda são associadas a um hábito de locomoção específico. As caudas longas podem estar associadas a espécies mais arborícolas e as caudas curtas a espécies mais terrestres (Hayssen, 2008; Rivas-rodríguez et al., 2010). A cauda longa como característica morfológica e funcional, é uma adaptação relacionada à capacidade de manter o equilíbrio e navegar com sucesso em ambientes arbóreos, utilizando-a como contrapeso e membro móvel, livre para alcançar suportes descontínuos (Larson & Stern, 2006). As caudas curtas tendem a reduzir sua funcionalidade em relação às caudas mais longas (Russo, 2015).

Outro padrão morfológico que parece influenciar na seleção de habitats em função da degradação é o comprimento do pé. Observamos que quanto menor o volume de serapilheira, maior o comprimento do pé. Teoricamente as variações morfológicas podem ser adaptações específicas (Verde Arregoitia et al., 2017), as variações do comprimento do pé estão associadas à locomoção, suporte de peso corporal e propulsão (Tavares et al., 2018). Os animais com pés maiores, adaptados

ao hábito de locomoção terrestre (Rivas-Rodríguez et al., 2010), podem estar selecionando as áreas rurais como habitat.

Confirmando a importância das adaptações morfológicas e os hábitos de locomoção nos padrões de seleção de habitat, foi possível observar que espécies com hábitos de locomoção associados a ambientes arbóreos (escansoriais ou arborícolas) e, que entre suas características morfológicas têm uma cauda longa, responderam de maneiras muito semelhantes, prevalecendo mais nas áreas com estrutura florestal (interior da floresta e borda). Essas espécies são os marsupiais *Didelphis marsupialis*, *Philander opossum*, *Marmossa murina* e *Marmosops pinheiroi* (escansoriais), *Marmosa demerarae* (arborícola) e, entre os roedores as espécies arborícolas *Oecomys paricola* e *Oecomys* cf. *bicolor*. Em relação ao grupo de marsupiais, apesar de serem geralmente associados a áreas com estrutura florestal (Pires et al., 2002), durante o estudo, alguns marsupiais foram registrados em áreas rurais (e.g., *Didelphis marsupialis* e *Marmossa murina*). Esses marsupiais têm a capacidade de forragear em um tipo de habitat enquanto nidificam em outro (Lambert et al., 2006).

No caso dos roedores do gênero *Oecomys*, estas espécies foram exclusivas das áreas com estrutura florestal (interior e borda), com exceção de um indivíduo que foi registrado em uma área rural, mas caracterizada com alto volume de serapilheira. Este gênero é caracterizado por ter cauda moderadamente maior que a cabeça e o corpo, um pé curto e largo, o que caracteriza hábito especializado à vida arbórea (Patton et al., 2015). Estas espécies também podem ser consideradas restritas a áreas de florestas maduras (Lambert et al., 2006). A restrição de habitat dessas espécies sugere que as áreas com estrutura florestal (interna e borda) está se tornando em sua macro-habitat pela mudança ambiental abrupta gerada nas bordas.

Por outro lado, observamos que roedores, *Neacomys* sp., *Hylaeamys megacephalus*, *Mus musculus*, *Rattus rattus* (terrestres) e, *Nectomys* cf. *rattus* (semiaquático), são caracterizados por ter patas longas, e responderam ao mesmo padrão de seleção de habitat, sendo exclusivos nas áreas rurais, com exceção de um indivíduo de *H. megacephalus*. A espécie semi-aquática *Nectomys* cf. *rattus* apesar de ter um hábito de locomoção diferente, morfológicamente está muito associado a roedores terrestres de áreas abertas (Rivas-Rodríguez et al., 2010) e, é capaz de manter sua eficiência de locomoção no ambiente terrestre (Santori et al., 2014). Essa convergência na morfologia pode resultar de adaptações evolutivas em espécies que vivem em ambientes com pressões seletivas semelhantes (Fabre et al., 2015). O mesmo tipo de padrão foi observado por da Rosa et al. (2017),



onde as espécies terrestres foram atraídas para habitats próximas a matriz com densidade da vegetação menor, e as espécies arbóreas foram encontradas em maior densidade em habitats distantes da matriz.

Concluimos que, em ambientes influenciados pela perturbação ambiental, as comunidades de pequenos mamíferos não-voadores podem ser semelhantes taxonômica e funcionalmente, mas isso não significa que individualmente suas espécies e grupos funcionais respondam semelhantemente. Espécies individuais podem apresentar respostas diferentes à mudança do habitat (Holland & Bennett, 2009), diferentes padrões de seleção de habitat (Stapp, 1997; Hodara & Busch, 2010), variações e adaptações morfológicas (Biewener, 2003; Verde Arregoitia et al., 2017) e hábitos de locomoção especializados (Galetti et al., 2016). Em nosso estudo, as variações do comprimento da cauda e do pé, são fatores determinantes nos padrões de composição da assembleia dos pequenos mamíferos não-voadores e, de sua seleção de habitat em ambientes que enfrentam impactos antrópicos. Pequenos mamíferos caracterizados por cauda longa e hábitos de locomoção escansoriais ou arborícolas estão associados principalmente a ambientes com estrutura florestal desenvolvida. Por outro lado, espécies com patas longas e hábitos de locomoção terrestres estão associadas a ambientes abertos, como espaços rurais.

## REFERÊNCIAS

- Adler, G. H., & Seamon, J. O. (1991). Distribution and abundance of a tropical rodent , the spiny rat, on islands in Panama. *Journal of Tropical Ecology*, 7(3), 349–360. <https://doi.org/10.1017/S0266467400005617>
- Alencar, A., Nepstad, D., McGrath, D., Moutinho, P., Pacheco, P., Diaz, M. V., & Soares Filho, B. (2004). Desmatamento na Amazônia: indo além da “emergência crônica.” In *Ipam*. Belém, PA.
- Alhajeri, B. H., & Steppan, S. J. (2018). Ecological and Ecomorphological Specialization Are Not Associated with Diversification Rates in Muroid Rodents (Rodentia: Muroidea). *Evolutionary Biology*, 45(3), 268–286. <https://doi.org/10.1007/s11692-018-9449-8>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes, G., Leonardo, J., & Sparovek, G. (2013). Köppen’s climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26(1), 32–46.
- Anderson, M. J., & Walsh, D. C. (2013). PERMANOVA , ANOSIM , and the Mantel test in the face of heterogeneous dispersions : What null hypothesis are you testing ? *Ecological Monographs*,

83(4), 557–574.

- Araujo, C., Combes, J.-L., & Féres, J. G. (2018). Determinants of Amazon deforestation: the role of off-farm income. *Environment and Development Economics*, 24(2), 1–19. <https://doi.org/10.1017/s1355770x18000359>
- Artaxo, P. (2019). Working together for Amazonia. *Science*, 363(6425), 323–323. <https://doi.org/10.1126/science.aaw6986>
- Barlow, J., Lennox, G. D., Ferreira, J., Berenguer, E., Lees, A. C., Nally, R. Mac, ... Braga, R. F. (2016). Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. *Nature*, 535(7610), 144–147. <https://doi.org/10.1038/nature18326>
- Baselga, A. (2017). Partitioning abundance-based multiple-site dissimilarity into components: balanced variation in abundance and abundance gradients. *Methods in Ecology and Evolution*, 8, 799–808. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12693>
- Baselga, A., Orme, D., Villeger, S., De Bortoli, J., & Leprieur, F. (2018). betapart: Partitioning Beta Diversity into Turnover and Nestedness Components. *R Package*, 1.5.1.
- Biewener, A. A. (2003). *Animal locomotion*. Oxford University Press.
- Borges-Matos, C., Aragón, S., Nazareth, M., Fortin, M., & Magnusson, W. E. (2016). Importance of the matrix in determining small-mammal assemblages in an Amazonian forest-savanna mosaic. *Biological Conservation*, 204, 417–425. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.037>
- Botta-Dukát, Z. (2005). Rao ' s quadratic entropy as a measure of functional diversity based on multiple traits. *Journal of Vegetation Science*, 533–540.
- Brito, B., Barreto, P., Brandão Jr, A., Baima, S., & Gomes, P. H. (2019). Stimulus for land grabbing and deforestation in the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters*, 2, 1–2. <https://doi.org/10.1016/j. vetmic.2007.04.014>
- Burivalova, Z., ekercio lu, Ç. H., & Koh, L. P. (2014). Thresholds of logging intensity to maintain tropical forest biodiversity. *Current Biology*, 24(16), 1893–1898. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.06.065>
- Capobianco, J. P. R. (2001). Biodiversidade na Amazônia brasileira: avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios. In *Instituto Socioambiental*.
- Cardoso, D., Särkinen, T., Alexander, S., Amorim, A. M., Bittrich, V., Celis, M., ... Forzza, R. C. (2017). Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(40), 10695–10700. <https://doi.org/10.1073/pnas.1706756114>
- Carvalho, R., Adami, M., Amaral, S., Bezerra, F. G., & de Aguiar, A. P. D. (2019). Changes in secondary vegetation dynamics in a context of decreasing deforestation rates in Pará Brazilian Amazon. *Applied Geography*, 106(March), 40–49. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.03.001>

- Chomitz, K. M., & Thomas, T. S. (2003). Determinants of Land Use in Amazônia: Afine-Scale Spatial Analysis. *American Journal of Agricultural Economics*, 85(4), 1016–1028.
- Cianciaruso, M. V., Silva, I. A., & Batalha, M. A. (2009). Diversidades filogenética e funcional : novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotropica*, 9(3), 93–103.
- Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18, 117–143.
- Cochrane, M. A., & Laurance, W. F. (2002). Fire as a large-scale edge effect in Amazonian forests. *Journal of Tropical Ecology*, 18(3), 311–325. <https://doi.org/10.1017/s0266467402002237>
- Colwell, R. K., & Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. In *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* (p. 345(1311), 101-118).
- da Rosa, C. A., Secco, H., Carvalho, N., Maia, A. C., & Bager, A. (2017). Edge effects on small mammals : Differences between arboreal and ground-dwelling species living near roads in Brazilian fragmented landscapes. *Austral Ecology*, 43(1), 117–126. <https://doi.org/10.1111/aec.12549>
- Da Silva, A. P., & Pontes, A. R. M. (2008). The effect of a mega-fragmentation process on large mammal assemblages in the highly-threatened Pernambuco Endemism Centre, north-eastern Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 17(6), 1455–1464. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9353-0>
- Dammhahn, M., Soarimalala, V., & Goodman, S. M. (2012). Trophic Niche Differentiation and Microhabitat Utilization in a Species-rich Montane Forest Small Mammal Community of Eastern Madagascar. *BIOTROPICA*, 0(0), 1–8.
- de Bello, F., Carmona, C. P., Mason, N. W., Sebastià, M. T., & Lepš, J. (2013). Which trait dissimilarity for functional diversity: trait means or trait overlap? *Journal of Vegetation Science*, 24, 807–819. <https://doi.org/10.1111/jvs.12008>
- Dreiss, L. M., Burgio, K. R., Cisneros, L. M., Klingbeil, B. T., Patterson, B. D., Presley, S. J., & Willig, M. R. (2015). Taxonomic , functional , and phylogenetic dimensions of rodent biodiversity along an extensive tropical elevational gradient. *Ecography*, 38, 1–13. <https://doi.org/10.1111/ecog.00971>
- Ernest, S. M., & Brown, J. H. (2001). Delayed Compensation for Missing Keystone Species by Colonization. *Science*, 292(April), 101–104.
- Ewers, R. M., & Didham, R. K. (2006). Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 81(1), 117–142. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006949>
- Fabre, A., Cornette, R., & Goswami, A. (2015). Do constraints associated with the locomotor habitat drive the evolution of forelimb shape? A case study in musteloid carnivorans. *Journal of Anatomy*, 226, 596–610. <https://doi.org/10.1111/joa.12315>

- Fahrig, L. (2003). Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1), 487–515. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>
- Fearnside, P. M. (2005). Fearnside, 2005. Desmatamento na Amazônia brasileira\_história, índices e consequências.pdf. *Megadiversidade*, 1(1), 113–123.
- Ferraz, K., Siqueira, M., Martin, P., Esteves, C., & HTZ, C. (2010). Assessment of *Cerdocyon* thous distribution in an agricultural mosaic, southeastern Brazil. *Mammalia*, 74(3), 275–280. <https://doi.org/10.1515/MAMM.2010.036>
- Flynn, D. F. B., Gogol-Prokurat, M., Nogeire, T., Molinari, N., Richers, B. T., Lin, B. B., ... DeClerck, F. (2009). Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. *Ecology Letters*, 12(1), 22–33. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01255.x>
- Galetti, M., Rodarte, R. R., Neves, C. L., Moreira, M., & Costa-Pereira, R. (2016). Trophic Niche Differentiation in Rodents and Marsupials Revealed by Stable Isotopes. *PLOS One*, 11(4), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152494>
- Garnier, E., Cortez, J., Billès, G., Navas, M. L., Roumet, C., Debussche, M., ... Toussaint, J. (2004). Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. *Ecology*, 85(9), 2630–2637.
- Gentile, R., Cardoso, T. S., Costa-neto, S. F., Teixeira, B. R., & Andrea, P. S. D. (2018). Community structure and population dynamics of small mammals in an urban-sylvatic interface area in Rio de Janeiro , Brazil. *Zoologia*, 35, 1–12. <https://doi.org/10.3897/zoologia.35.e13465>
- Gentile, R., D'Andrea, P. S., Cerqueira, R., & Santoro Maroja, L. (2000). Population dynamics and reproduction of marsupials and rodents in a Brazilian rural area: a five-year study. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 35(1), 1–9. [https://doi.org/10.1076/0165-0521\(200004\)35:1;1-m;ft001](https://doi.org/10.1076/0165-0521(200004)35:1;1-m;ft001)
- Gómez–Ortiz, Y., & Moreno, C. E. (2017). La diversidad funcional en comunidades animales : una revisión que hace énfasis en los vertebrados. *Animal Biodiversity and Conservation*, 2, 165–174.
- Hayssen, V. (2008). Patterns of Body and Tail Length and Body Mass in Sciuridae. *Journal of Mammalogy*, 89(4), 852–873. <https://doi.org/10.1644/07-mamm-a-217.1>
- Hodara, K., & Busch, M. (2010). Patterns of macro and microhabitat use of two rodent species in relation to agricultural practices. *Ecological Research*, 25, 113–121. <https://doi.org/10.1007/s11284-009-0638-x>
- Holland, G. J., & Bennett, A. F. (2009). Differing responses to landscape change: Implications for small mammal assemblages in forest fragments. *Biodiversity and Conservation*, 18(11), 2997–3016. <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9621-7>
- Holt, B. G., Costa, G. C., Penone, C., Lessard, J., Brooks, T. M., Davidson, A. D., ... Graham, C. H. (2017). Environmental variation is a major predictor of global trait turnover in mammals. *Journal of Biogeography*, 45(1), 1–13. <https://doi.org/10.1111/jbi.13091>

- Hooper, D. U., Chapin, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., & Schmid, B. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75(1), 3–35.
- IBGE. (2016). Mapas temáticos de vegetação.
- INPE. (2018). Projeto Prodes: Amazon deforestation database. Retrieved February 2, 2019, from Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais website: [www.obt.inpe.br/prodes](http://www.obt.inpe.br/prodes)
- Iob, G., & Vieira, E. M. (2008). Seed predation of *Araucaria angustifolia* ( *Araucariaceae* ) in the Brazilian *Araucaria Forest* : influence of deposition site and comparative role of small and ' large ' mammals. 185–196. <https://doi.org/10.1007/s11258-007-9394-6>
- Kleyer, M., Dray, S., Bello, F., Lepš, J., Pakeman, R. J., Strauss, B., ... Lavorel, S. (2012). Assessing species and community functional responses to environmental gradients : which multivariate methods ? *Journal of Vegetation Science*, 1–17. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01402.x>
- Kruskal, J. B. (1964). Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. *Psychometrika*, (2), 115–129.
- Laliberté, E., & Legendre, P. (2010). A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology*, 91(1), 299–305.
- Laliberté, E., Legendre, P., & Shipley, B. (2014). FD: measuring functional diversity from multiple traits, and other tools for functional ecology. *R Package*, 1.0-12.
- 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.
- Larson, S. G., & Stern, J. T. (2006). Maintenance of Above-Branch Balance During Primate Arboreal Quadrupedalism : Coordinated Use of Forearm Rotators and Tail Motion. *American Journal of Physical Anthropology*, 129, 71–81. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20236>
- Laurance, W. F., Nascimento, H. E., Laurance, S. G., Andrade, A. C., Fearnside, P. M., Ribeiro, J. E., & Capretz, R. L. (2006). Rain forest fragmentation and the proliferation of successional trees. *Ecology*, 87(2), 469–482.
- Laurance, W. F. (2008). Theory meets reality : How habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. *Biological Conservation*, 141, 1731–1744. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.05.011>
- Laurance, W. F., Albernaz, A. K., Fearnside, P. M., Vasconcelos, H. L., & Ferreira, L. V. (2004). Deforestation in Amazonia. *Science*, 304(5674), 1109–1111. <https://doi.org/10.1515/9781400865277>
- Laurance, W. F., Camargo, J. L. C., Luizão, R. C. C., Laurance, S. G., Pimm, S. L., Bruna, E. M., ... Lovejoy, T. E. (2011). The fate of Amazonian forest fragments : A 32-year investigation. *Biological Conservation*, 144(1), 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.021>

- Legendre, P., & Anderson, M. J. (1999). Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecological Monographs*, 69(1), 1–24.
- Legendre, P., & Legendre, L. F. (2012). *Numerical Ecology*. Elsevier B.V.
- Lehtonen, J. T., Mustonen, O., Ramiarinjanahary, H., Niemelä, J., & Rita, H. (2001). Habitat use by endemic and introduced rodents along a gradient of forest disturbance in Madagascar. *Biodiversity and Conservation*, 10(7), 1185–1202. <https://doi.org/10.1023/A:1016687608020>
- Leite, R. D. N. (2006). Comunidade de pequenos mamíferos em um mosaico de plantações de eucalipto, florestas primárias e secundárias na Amazônia Oriental. INPA/UFAM, Manaus.
- Lopes, M. A., & Mendes-Oliveira, A. C. (2014). A Amazônia Brasileira e os Pequenos Mamíferos Não-Voadores. In A. C. Mendes-Oliveira & C. L. Miranda (Eds.), *Os Pequenos Mamíferos Não Voadores da Amazônia Brasileira* (pp. 15–20). Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Mastozoologia.
- Luza, A. L., Gonçalves, G. L., Pillar, V. D., & Hartz, S. M. (2016). Processes related to habitat selection , diversity and niche similarity in assemblages of non-volant small mammals at grassland – forest ecotones. *Natureza & Conservação*, 4, 88–98. <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2016.09.003>
- Luza, A. L., Trindade, J. P. P., Maestri, R., da Silva Duarte, L., & Hartz, S. M. (2018). Rodent occupancy in grassland paddocks subjected to different grazing intensities in South Brazil. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 16(3), 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.06.006>
- Mancini, M. C. S., Roth, P. R. O., Brennand, P. G. G., & Ruiz-esparza, J. M. (2018). *Tyto furcata* (Tytonidae : Strigiformes ) pellets : tools to access the richness of small mammals of a poorly known Caatinga area in northeast Brazil. *Mammalia*, 83(4), 390–398.
- Mayfield, M. M., & Levine, J. M. (2010). Opposing effects of competitive exclusion on the phylogenetic structure of communities. *Ecology Letters*, 13(9), 1085–1093. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01509.x>
- Mcgill, B. J., Enquist, B. J., Weiher, E., & Westoby, M. (2006). Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(4), 178–185. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.02.002>
- Mendes-Oliveira, A. C., Borges, M. L. D. O., Lambert, T., Santos-Filho, M. DOS, Bergallo, H., Ardente, N., ... Malcolm, J. (2014). Efeitos antrópicos sobre comunidades de pequenos mamíferos não-voadores na amazônia brasileira. In A. C. Mendes-Oliveira & C. L. Miranda (Eds.), *Os Pequenos Mamíferos Não Voadores da Amazônia Brasileira* (pp. 257–274). Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Mastozoologia.
- Mendes-Oliveira, A. C., Carvalho Júnior, O., Santos, P. G. P., Rossi, R. V., Lima, R. S., & Maria, S. L. (2010). Mamíferos não voadores. In A. C. et al. Mendes-Oliveira (Ed.), *Os Animais da Tanguro, Mato Grosso: diversidade na zona de transição entre a floresta Amazônica e o cerrado* (pp. 55–62). [Belém]: UFPA: MPEG: IPAM.

- Mills, C. H., Gordon, C. E., & Letnic, M. (2017). Rewilded mammal assemblages reveal the missing ecological functions of granivores. *Functional Ecology*, 1–11. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12950>
- Mouillot, D., Graham, N. A., Villéger, S., Mason, N. W., & Bellwood, D. R. (2012). A functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends in Ecology & Evolution*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.004>
- Naxara, L., Pinotti, B. T., & Pardini, R. (2009). Seasonal Microhabitat Selection by Terrestrial Rodents in an Old-Growth Atlantic Forest. *Journal of Mammalogy*, 90(2), 404–415. <https://doi.org/10.1644/08-mamm-a-100.1>
- Nygaard, B., & Ejrnaes, R. (2004). A new approach to functional interpretation of vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, 15, 49–56.
- Oliveira, J. A., & Bonvicino, C. R. (2011). Ordem Rodentia. In I. P. Reis, N.R., Peracchi, A.L., Pedro, W.A., Lima (Ed.), *Mamíferos Do Brasil, 2ª ed* (Universida).
- Paglia, A. P., da Fonseca, G. A. B., Rylands, A. B., Herrmann, G., Aguiar, L. M. de S., Chiarello, A. G., ... Patton, J. L. (2012). Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil / Annotated Checklist of Brazilian Mammals. In *Occasional Papers in Conservation Biology* (Vol. 6). Retrieved from [http://www.conservation.org/global/brasil/publicacoes/Documents/annotated\\_checklist\\_of\\_brazilian\\_mammals\\_2nd\\_edition.pdf](http://www.conservation.org/global/brasil/publicacoes/Documents/annotated_checklist_of_brazilian_mammals_2nd_edition.pdf)
- Pardini, R. (2004). Effects of forest fragmentation on small mammals in an Atlantic Forest landscape. *Biodiversity and Conservation*, 13, 2567–2586.
- Pardini, R., Marques, S., Souza, D., Braga-neto, R., & Paul, J. (2005). The role of forest structure , fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. *Biological Conservation*, 124, 253–266. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.01.033>
- Passamani, M. (2003). O efeito da fragmentação da Mata Atlântica serrana sobre a comunidade de pequenos mamíferos de Santa Teresa, Espírito Santo. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Passamani, M., & Ribeiro, D. (2009). Small mammals in a fragment and adjacent matrix in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 69(2), 305–309.
- Patton, J. L., Pardiñas, U. F., & D'Elía, G. (Eds. ). (2015). *Mammals of South America, volume 2: rodents (Vol. 2)*. Chicago and London: University of Chicago Press.
- Pavoine, S., Vallet, J., Dufour, A. B., Gachet, S., & Daniel, H. (2009). On the challenge of treating various types of variables: application for improving the measurement of functional diversity. *Oikos*, 118, 391–402. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2009.16668.x>
- Petchey, O. L., & Gaston, K. J. (2002). Functional diversity ( FD ), species richness and community composition. *Ecology Letters*, 5(3), 402–411.
- Petchey, O. L., & Gaston, K. J. (2006). Functional diversity : back to basics and looking forward. *Ecology Letters*, 9(6), 741–758. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00924.x>

- Pires, A. S., Lira, P. K., Fernandez, F. A. S., Schittini, G. M., & Oliveira, L. C. (2002). *Frequency of movements of small mammals among Atlantic Coastal Forest fragments in Brazil*. 108, 229–237.
- R Core Team. (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. Retrieved from <https://www.r-project.org/>
- Rao, R. (1982). Diversity and dissimilarity coefficients: a unified approach. *Theoretical Population Biology*, 21, 24–43.
- Raybuck, A. L., Moorman, C. E., Greenberg, C. H., Deperno, C. S., Gross, K., Simon, D. M., & Warburton, G. S. (2012). Forest Ecology and Management Short-term response of small mammals following oak regeneration silviculture treatments. *Forest Ecology and Management*, 274, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.02.012>
- Razafindratsima, O. H., Brown, K. A., Carvalho, F., Johnson, S. E., Wright, P. C., & Dunham, A. E. (2016). Edge effects on components of diversity and above-ground biomass in a tropical rainforest. *International Journal of Laboratory Hematology*, 38(1), 42–49. <https://doi.org/10.1111/ijlh.12426>
- Razafindratsima, O. H., Mehtani, S., & Dunham, A. E. (2013). Extinctions, traits and phylogenetic community structure: Insights from primate assemblages in Madagascar. *Ecography*, 36(1), 047–056. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2011.07409.x>
- Ricklefs, R. E., & Miles, D. B. (1994). Ecological and evolutionary inferences from morphology: an ecological perspective. In *Ecological morphology: integrative organismal biology* (pp. 13–41).
- Ricotta, C., & Moretti, M. (2011). CWM and Rao ' s quadratic diversity : a unified framework for functional ecology. *Oecologia*, 167, 181–188. <https://doi.org/10.1007/s00442-011-1965-5>
- Rivas-rodríguez, B. A., Elía, G. D., & Linares, O. (2010). Diferenciación Morfológica En Sigmodontinos ( Rodentia : Cricetidae ). *Mastozoología Neotropical*, 17(1), 97–109.
- Rossi, R. V., Voss, R. S., & Lunde, D. P. (2010). A Revision of the Didelphid Marsupial Genus *Marmosa* Part 1. The Species in Tate's 'Mexicana' and 'Mitis' Sections and Other Closely Related Forms. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 1–83.
- Russo, G. A. (2015). Postsacral Vertebral Morphology in Relation to Tail Length Among Primates and Other Mammals. *The Anatomical Record*, 298, 354–375. <https://doi.org/10.1002/ar.23004>
- Santori, R. T., Delciellos, A. C., Vieira, M. V., Gobbi, N., Loguercio, M. F. de C., & Rocha-Barbosa, O. (2014). Swimming performance in semiaquatic and terrestrial Oryzomyine rodents. *Mammalian Biology*, 79(3), 189–194. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2013.12.004>
- Santos-Filho, M., Peres, C. A., Da Silva, D. J., & Sanaiotti, T. M. (2012). Habitat patch and matrix effects on small-mammal persistence in Amazonian forest fragments. *Biodiversity and Conservation*, 21(4), 1127–1147. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0248-8>
- Santos, A. D. (2003). Estimativas de riqueza em espécies. In L. Cullen Jr, R. Rudran & C. Valladares-Padua (Eds.), *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre* (pp.



19–41). Curitiba: UFPR, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza.

- Stallings, J. R. (1990). The importance of understorey on wildlife in a Brazilian eucalypt plantation. *Revista Brasileira de Zoologia*, 7(3), 267–276.
- Stapp, P. (1997). Habitat selection by an insectivorous rodent: patterns and mechanisms across multiple scales. *Journal of Mammalogy*, 78(4), 1128–1143.
- Tabeni, S., Miguel, M. F., Campos, C. M., & Cona, M. (2017). Small mammal abundance and seed predation across boundaries in a restored-grazed woodland interface. *Restoration Ecology*, 26(4), 1–9. <https://doi.org/10.1111/rec.12600>
- Tavares, W. C., Abi-Rezik, P., & Seuánez, H. N. (2018). Historical and ecological influence in the evolutionary diversification of external morphology of neotropical spiny rats (Echimyidae, Rodentia). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 56(3), 453–465. <https://doi.org/10.1111/jzs.12215>
- Tilman, D., Knops, J., Wedin, D., Reich, P., Ritchie, M., & Siemann, E. (1997). The Influence of Functional Diversity and Composition on Ecosystem Processes. *Science*, 277, 1300–1302. <https://doi.org/10.1126/science.277.5330.1300>
- Tribe, C. J. (1990). Dental Age Classes in *Marmosa incana* and Other Didelphoids. *Journal of Mammalogy*, 71(4), 566–569.
- Tulli, M. J., Carrizo, L. V., & Samuels, J. X. (2015). Morphological Variation of the Forelimb and Claw in Neotropical Sigmodontine Rodents (Rodentia: Cricetidae). *Journal of Mammalian Evolution*, 23(1), 81–91. <https://doi.org/10.1007/s10914-015-9300-2>
- Umetsu, F., & Pardini, R. (2007). Small mammals in a mosaic of forest remnants and anthropogenic habitats — evaluating matrix quality in an Atlantic forest landscape. *Landscape Ecology*, 22, 517–530. <https://doi.org/10.1007/s10980-006-9041-y>
- Vera y Conde, C. F., & Rocha, C. F. D. (2006). Habitat disturbance and small mammal richness and diversity in an Atlantic rainforest area in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 66(4), 983–990.
- Verde Arregoitia, L. D., Fisher, D. O., & Schweizer, M. (2017). Morphology captures diet and locomotor types in rodents. *Royal Society Open Science*, 4, 1–14. <https://doi.org/10.1098/rsos.160957>
- Vergopolan, N., & Fisher, J. B. (2016). The impact of deforestation on the hydrological cycle in Amazonia as observed from remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 37(22), 5412–5430. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1232874>
- Vieira, I. C. G., Toledo, P. M. D., & Almeida, A. (2007). Análise das modificações da paisagem da região bragantina, no Pará, integrando diferentes escalas de tempo. *Ciência e Cultura*, (1966), 27–30. <https://doi.org/10.1029/2001JD000717>.
- Violle, C., Navas, M., Vile, D., Kazakou, E., & Fortunel, C. (2007). Let the concept of trait be functional ! *Oikos*, 116(5), 882–892. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.15559.x>

Voss, R. S. (1991). An introduction to the Neotropical muroid rodent genus *Zygodontomys*. In *Bulletin of the American Museum of Natural History (USA)*.

Wilman, H., J., B., J., S., C., de L. R., M., R., & W, J. (2014). EltonTraits 1.0 : Species-level foraging attributes of the world ' s birds and mammals. *Ecology*, 95(October 2013), 2027. <https://doi.org/10.1890/13-1917.1>