

ECOLOGIA DE PEQUENOS MAMÍFEROS: DIDELPHIMORPHIA E RODENTIA EM UMA ÁREA DE CAATINGA



Viviane Morlanes

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL

VIVIANE MORLANES

**ECOLOGIA DE PEQUENOS MAMÍFEROS (DIDELPHIMORPHIA E RODENTIA)
EM UMA ÁREA DE CAATINGA DO RIO GRANDE DO NORTE**

MOSSORÓ - RN

2021

VIVIANE MORLANES

**ECOLOGIA DE PEQUENOS MAMÍFEROS (DIDELPHIMORPHIA E RODENTIA)
EM UMA ÁREA DE CAATINGA DO RIO GRANDE DO NORTE**

Tese apresentada ao Doutorado em Ciência Animal do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação do Semiárido

Orientador: Prof^a. Dr^a. Cecilia Calabuig

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Rouco

MOSSORÓ - RN

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M863e Morlanes, Viviane.
Ecologia de Pequenos Mamíferos (Didelphimorphia e Rodentia) em uma área de Caatinga do Rio Grande do Norte / Viviane Morlanes. - 2021.
84 f. : il.

Orientadora: Cecilia Calabuig.
Coorientador: Carlos Rouco.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, 2021.

1. Conservação. 2. Dinâmica populacional . 3. Marsupiais. 4. Roedores. 5. Sazonalidade. I. Calabuig, Cecilia, orient. II. Rouco, Carlos, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

VIVIANE MORLANES

**ECOLOGIA DE PEQUENOS MAMÍFEROS (DIDELPHIMORPHIA E RODENTIA)
EM UMA ÁREA DE CAATINGA DO RIO GRANDE DO NORTE**

Tese apresentada a Universidade Federal Rural do
Semi-Árido – UFERSA. Campos Mossoró para a
obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

APROVADA EM: 03 / 11 / 2021.

BANCA EXAMINADORA



Cecilia Irene Pérez Calabuig, Profa. Dra. (UFERSA)
Presidente



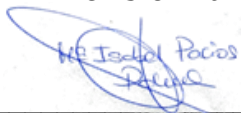
Carlos Rouco Zufiaurre, Prof. Dr. (UCO)
Membro Examinador



João Marcelo Azevedo de Paula Antunes, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador



Marco Jacinto Katzenberger Baptista Novo, Prof. Dr. (UFPE)
Membro Examinador



Isabel Pacios Palma, Dra. (EBD)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

*Em primeiro lugar quero agradecer a Dra. **Cecilia Calabuig**, pelos sete anos de orientação, pelo suporte e apoio material que ajudaram a desenvolver este estudo, e pelas oportunidades que me ofereceu durante todo tempo que trabalhamos juntas.*

*Agradeço ao meu diretor e tutor da tese de doutorado em regime de cotutela, Dr. **Carlos Rouco**, pela orientação, por todos os ensinamentos e pela disponibilidade oferecida a mim durante minha estância realizada na “Universidad de Córdoba – **UCO**” no Programa de “Doctorado en Recursos Naturales y Gestión Sostenible” em Espanha.*

*Quero agradecer à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – **UFERSA**, pela oportunidade e infraestrutura cedida, aos **professores** pelos ensinamentos e contribuição para a minha formação, à **coordenação** e à **secretaria** do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal – **PPGCA** pelo apoio. A todos os **colegas** de pós-graduação por tornar meu tempo aqui mais agradável.*

*Aos pesquisadores que aceitaram compor a banca de Defesa da Tese, Dr. **João Marcelo Azevedo de Paula Antunes**, Dr. **Marco Jacinto Katzenberger** e Dra. **Isabel Pacios Palma**, agradeço suas considerações para a versão final da tese e publicações futuras. Agradeço também ao suplente, Dr. **Moacir Franco de Oliveira**, pela disponibilidade.*

*Aos pesquisadores, Dr. **Eduardo Venticinque** e Dr. **Carlos Eduardo Moura**, agradeço por aceitarem fazer parte da banca de Exame de Qualificação e por todas as sugestões dadas para a melhoria desse trabalho.*

*Ao MSc. **Roberto Muriel**, por todo o apoio, pelo auxílio no campo e por suas valiosas contribuições que ajudaram a enriquecer o meu trabalho.*

*Ao Dr. **Simone Santoro**, pela ajuda com a modelagem no programa E-SURGE. Obrigada pela colaboração, pelas discussões e revisão do capítulo II da tese.*

*A Dra. **Sacramento Moreno**, que me apresentou, ensinou e despertou em mim o interesse de trabalhar com ecologia de “micromamíferos”, a quem serei eternamente grata.*

*Agradeço imensamente a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – **CAPES**, pelas bolsas de estudo concedidas a mim para que eu pudesse desenvolver o meu doutorado: Programa Demanda Social – **DS** (processo-88882.455744) e Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior – **PDSE** (processo-88881.362227).*

*Agradeço ao auxílio financeiro concedido pela Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação – **PROPPG** da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – **UFERSA**, para realização de estância no “Consejo Superior de Investigaciones Científicas – **CSIC** - Estación Biológica de Doñana – **EBD**” em Espanha, sob a supervisão do Dr. **José A. Godoy**, ao qual agradeço a orientação, o espaço cedido no laboratório, o aprendizado das técnicas moleculares e a identificação molecular de **Gracilinanus agilis**.*

Agradeço ao Dr. **Pedro Cordeiro Estrela**, curador da Coleção de Mamíferos da Universidade Federal da Paraíba – **UFPB**, por corroborar a identificação dos roedores, **Wiedomys cerradensis** e **Thrichomys laurentius**.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – **ICMBio**, agradeço a autorização para atividades com finalidade científica, coleta de amostras, capturas e marcação de pequenos mamíferos terrestres.

Agradeço a Comissão de Ética no Uso de Animais – **CEUA** da UFERSA, pelo licenciamento de Projeto de Pesquisa Ecologia e Diversidade de Pequenos Mamíferos da Caatinga: Levantamento da Comunidade Rodentia e Didelphimorphia na Estação Experimental Rafael Fernandes (Mossoró, RN).

Agradeço a **administração** e aos **funcionários** da Estação Experimental da UFERSA – **EEU**, que forneceram um grande auxílio, que foi essencial para que este trabalho se desenvolvesse. E a Estação Meteorológica Automática – **EMA** da UFERSA pelos dados cedidos.

Aos meus **colegas** do Laboratório de Ecologia e Conservação de Fauna Silvestre – **LABECOFAUNA-UFERSA**, especialmente a **Carlos, Sofia, Sami e Rosa**, pela disposição em me ajudar nas campanhas de captura.

Aos meus antigos e atuais companheiros de equipe: **Zacarias, Anne, Marcelo, Paulo, Luiz Fernando, Amanda, Belize, Kaio e Tasyely**, vocês foram essenciais para que este trabalho se desenvolvesse, ele foi resultado do nosso grande esforço. Obrigada pela dedicação e amizade, vocês são geniais, aprendi muito com vocês.

E principalmente quero agradecer aos pequenos: gambás, cuícas, punarés, ratos e preás.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho. Muito Obrigada!

RESUMO

Os pequenos mamíferos (Didelphimorphia e Rodentia) formam o grupo ecológico mais diversificado de mamíferos do Brasil e, sua abundância, distribuição e diversidade estão diretamente relacionadas com variações espaço-temporais no clima e na disponibilidade de recursos. A Caatinga é um ecossistema semiárido neotropical exclusivamente brasileiro, caracterizado por altas temperaturas e um regime sazonal e irregular de chuvas. No entanto há pouca informação sobre o efeito que o déficit hídrico e a sazonalidade na disponibilidade de recursos têm sobre a composição, estrutura e dinâmica das comunidades de pequenos mamíferos neste bioma. O presente estudo se divide em dois capítulos: o primeiro capítulo, apresenta dados sobre as densidades populacionais; e os padrões temporais em relação com a sazonalidade. E o segundo capítulo apresenta dados aparentes de sobrevivência e recrutamento para *Gracilinanus agilis*; e avaliou se eles diferem entre sexo e estado reprodutivo, e se eles são dependentes do efeito da chuva. Para o estudo foi utilizado o método de captura-marcação-recaptura através do uso de 115 armadilhas em vivo (modelos Sherman e Tomahawk), colocadas no solo e no sub-bosque, ao longo de cinco anos e nove meses sucessivos entre junho de 2014 a fevereiro de 2020. A área de estudo localiza-se em um fragmento de 8,25 ha de mata nativa de Caatinga, situada na Estação Experimental da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN.

Palavras-chave: conservação, dinâmica populacional, marsupiais, roedores, sazonalidade.

ABSTRACT

Small mammals (Didelphimorphia and Rodentia) constitute the most diversified ecological group among the mammals of Brazil, and their abundance, distribution and diversity are closely related with spatio-temporal variations of climate and resources availability. The Caatinga is a neotropical semiarid ecosystem exclusively from Brazil, characterized by high temperatures and a seasonal and irregular rainfall regime. However, there is a lack of information on the effect that hydric deficit and resources seasonality pose on the composition, structure, and dynamics of small mammal communities in this biome. The present study is divided into two chapters: the first chapter, presents data on population densities; and temporal patterns in relation to seasonality. And the second chapter presents apparent survival and recruitment data for *Gracilinanus agilis*; and assessed whether they differ between sex and reproductive status, and whether they are dependent on the effect of rain. Methods of capture-mark-recapture will be applied using 115 live traps (Sherman and Tomahawk models) on ground and trees, along five years and nine successive months between June 2014 to February 2020. The study area is an 8,25-ha patch of native forest in the Caatinga, located in the Estação Experimental of the Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN.

Keywords: conservation, population dynamics, marsupials, rodents, seasonality.

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

- Figura 1 – Localização geográfica da área de estudo na Estação Experimental da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (E.E.U.), Mossoró, no estado de Rio Grande do Norte, Brasil..... 26
- Figura 2 – Vegetação da área de estudo: (a) período seco (b) período chuvoso (c) carnaubal (*Copernicia prunifera*)..... 27

CAPÍTULO 1

- Figura 1 – Precipitação e temperatura média mensal registrada de 1964 a 2019 de acordo com os dados da Estação Meteorológica Automática (EMA) da UFRS, Rio Grande do Norte..... 45
- Figura 2 – Precipitação e Ciclos do Pacífico – anomalias térmicas *El Niño* / *La Niña* registradas durante o período de estudo (2014-2020), de acordo com os dados da Estação Meteorológica de Mossoró – EMPARN, Rio Grande do Norte, Brasil e da Administração Nacional Oceânica – NOAA, respectivamente.... 46
- Figura 3 – Desenho esquemático da grade de amostragem e disposição das estações de captura, onde foram dispostas as armadilhas dos modelos Sherman solo (círculo cinza), Tomahawk solo (círculo branco)..... 47
- Figura 4 – Espécies de pequenos mamíferos terrestres capturadas durante o período de estudo: marsupiais (a) *Didelphis albiventris*, (b) *Gracilinanus agilis*, (c) *Monodelphis domestica*; roedores (d) *Rattus rattus*, (e) *Wiedomys cerradensis*, (f) *Galea spixii* e (g) *Thrichomys Laurentius*..... 49
- Figura 5 – Estimativas de densidade $\hat{D}$ (por hectare) $\pm$ erro padrão (SE) para cada uma das três espécies de marsupiais (i.e., *Didelphis albiventris*, *Gracilinanus agilis*, *Monodelphis domestica*) capturados em armadilhas vivas durante os 12 períodos de captura agrupados na Caatinga. As barras indicam a precipitação média (mm $\pm$ SE) por período..... 56
- Figura 6 – Estimativas de densidade $\hat{D}$ (por hectare) $\pm$ erro padrão (SE) para cada uma das três espécies de roedores (i.e., *Rattus rattus*, *Wiedomys cerradensis*, *Thrichomys laurentius*) capturados em armadilhas vivas durante os 12 períodos de captura agrupados na Caatinga. As barras indicam a precipitação

	média (mm $\pm$ SE) por período. Observe que <i>Galea spixii</i> não foi considerada devido a poucos animais estarem capturados.....	56
Figura 7	– Correlação de Pearson entre precipitação média (mm) e estimativas de densidade de <i>Didelphis albiventris</i> (a), <i>Gracilinanus agilis</i> (b) e <i>Monodelphis domestica</i> (c) ao longo dos 12 períodos de captura agrupada na Caatinga. As áreas sombreadas indicam 95% de confiança de intervalo e observe que os valores de <i>R</i> AND <i>p</i> valor são indicados.....	57
Figura 8	– Correlação de Pearson entre precipitação média (mm) e estimativas de densidade de <i>Rattus rattus</i> (a), <i>Wiedomys cerradensis</i> (b) e <i>Thrichomys laurentius</i> (c) ao longo dos 12 períodos de captura agrupada na Caatinga. As áreas sombreadas indicam 95% de confiança de intervalo e observe que os valores de <i>R</i> AND <i>p</i> valor são indicados.....	58
 CAPÍTULO 2		
Figura 1	– Estimativas de sobrevivência aparente e IC 95% para reprodutores e não reprodutores <i>Gracilinanus agilis</i> durante os períodos reprodutivo e não reprodutivo na Caatinga semiárida.....	80

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

- Tabela 1 – Número de indivíduos, capturas e recapturas de cada uma das três espécies de marsupiais capturados em armadilhas vivas durante os 12 períodos de captura combinada na Caatinga..... 52
- Tabela 2 – Número de indivíduos, capturas e recapturas de cada uma das quatro espécies de roedores capturados em armadilhas vivas durante os 12 períodos de captura agrupada na Caatinga.....53
- Tabela 3 – Estimativas de densidade $\hat{D}$ (por hectare) e parâmetros de uma função de detecção semi-normal $\hat{g}_0$ e $\hat{\sigma}$ para cada uma das três espécies de marsupiais capturadas em armadilhas vivas durante os 12 períodos de captura agrupada na Caatinga. Os erros padrão estimados são apresentados entre parênteses..... 54
- Tabela 4 – Estimativas de densidade $\hat{D}$ (por hectare) e parâmetros de uma função de detecção semi-normal $\hat{g}_0$ e $\hat{\sigma}$ para cada uma das três espécies de roedores capturados em armadilhas vivas durante os 12 períodos de captura agrupados na Caatinga. Os erros padrão estimados são apresentados entre parênteses....55

CAPÍTULO 2

- Tabela 1 – Seleção de modelo de efeitos de chuva (chuva) e período reprodutivo (reprodução) na sobrevivência aparente (AS) e probabilidades de recrutamento (R). Cada parâmetro é testado mantendo o outro constante de acordo com o modelo consensual [AS (br) R (i); Tabela 3S, material complementar]. O modelo nulo, contra o qual os modelos são comparados, é o modelo mais suportado sem qualquer efeito ambiental (modelo 1 na Tabela 3S). Notação: Modelo, nome do modelo; np, número de parâmetros; AICc, Akaike Information Criterion corrigido para pequeno tamanho de amostra; $\Delta AICc$, AICc diferença entre o modelo atual e o modelo com melhor suporte com o AICc mais baixo; NB e BR referem-se, respectivamente, aos não reprodutores e reprodutores; br, efeito do estado de reprodução; sexo, efeito do sexo; t, efeito do tempo; i, sem efeitos (i.e., constante)..... 79

- Tabela 1S – Seleção de modelo na probabilidade de sobrevivência aparente (AS). Notação: *Modelo*, nome do modelo; *np*, número de parâmetros; *AICc*, Akaike Information Criterion corrigido para pequeno tamanho de amostra; $\Delta AICc$, diferenças *AICc* entre o modelo atual e o modelo com melhor suporte com o *AICc* mais baixo; *br*, efeito do estado de reprodução; *sexo*, efeito do sexo; *t*, efeito do tempo; *i*, sem efeitos. O modelo mais compatível está destacado em negrito.....80
- Tabela 2S – Seleção de modelo na probabilidade de recrutamento (R). Notação: *Modelo*, nome do modelo; *np*, número de parâmetros; *AICc*, Akaike Information Criterion corrigido para pequeno tamanho de amostra; $\Delta AICc$, diferenças *AICc* entre o modelo atual e o modelo com melhor suporte com o *AICc* mais baixo; *br*, efeito do estado de reprodução; *sexo*, efeito do sexo; *t*, efeito do tempo; *i*, sem efeitos. O modelo mais compatível está destacado em negrito..... 81
- Tabela 3S – Etapa de seleção do modelo final. Notação: *Modelo*, nome do modelo; *np*, número de parâmetros; *AICc*, Akaike Information Criterion corrigido para pequeno tamanho de amostra; $\Delta AICc$, diferenças *AICc* entre o modelo atual e o modelo com melhor suporte com o *AICc* mais baixo; *AS* e *R* codificam, respectivamente, para a estrutura do modelo em probabilidades aparentes de sobrevivência e recrutamento; *br*, efeito do estado de reprodução; *sexo*, efeito do sexo; *t*, efeito do tempo; *i*, sem efeitos. O modelo mais compatível está destacado em negrito..... 81

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	16
1.1	Ecologia de comunidades em meios semiáridos	16
1.2	Caatinga: o semiárido tropical nordestino	17
1.3	Pequenos mamíferos como modelo de estudo em meios semiáridos	19
2	OBJETIVO GERAL E ESTRUTURA DA TESE	21
2.1	Objetivo geral	21
2.2	Objetivos específicos e estrutura da tese	21
2.2.1	Capítulo 1.....	21
2.2.2	Capítulo 2	21
3	REVISÃO DA LITERATURA	22
3.1	Pequenos mamíferos terrestres e seu papel nos ecossistemas	22
3.2	Pequenos mamíferos terrestres na Caatinga	24
4	METODOLOGIA GERAL	26
4.1	Área de estudo	26
4.2	Desenho amostral	27
4.3	Licença de pesquisa	28
4.4	Manipulação de animais e levantamento de dados	28
4.4.1	Captura, marcação e identificação taxonômica de pequenos mamíferos terrestres	28
4.4.2	Determinação de sexo, idade e estado reprodutivo	28
5	REFERÊNCIAS	29

CAPÍTULO 1: Densidade de pequenos mamíferos em um ambiente semiárido no nordeste do Brasil

	ABSTRACT	41
	RESUMO	42
1	INTRODUÇÃO	43
2	MATERIAIS E MÉTODOS	45
2.1	Área de estudo	45
2.2	Clima	46
2.3	Coleta de dados de densidade	46
2.4	Capturas de pequenos mamíferos e descrição de espécies	47
2.5	Análise de dados de captura-marcação-recaptura	49
3	RESULTADOS	50
4	DISCUSSÃO	59
5	CONCLUSÃO	62
6	AGRADECIMENTOS	63
7	REFERÊNCIAS	63

CAPÍTULO 2: Análises de sobrevivência em uma população de *Gracilinanus agilis* NA floresta tropical seca do Nordeste do Brasil

	ABSTRACT	71
	RESUMO	72
1	INTRODUÇÃO	73
2	MATERIAIS E MÉTODOS	75
2.1	Área de estudo	75
2.2	Estação climática	75
2.3	Coleção de dados	75
2.4	Modelagem de captura-recaptura	76
3	RESULTADOS	78
3.1	Material suplementar	80
4	DISCUSSÃO	81
5	CONCLUSÃO	85
6	AGRADECIMENTOS	85
7	REFERÊNCIAS	86
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91

1 Introdução geral

1.1 Ecologia de comunidades em meios semiáridos

As populações de organismos que coexistem em um mesmo lugar conformam comunidades biológicas cuja composição, estrutura e abundância estão determinadas pelas respostas das populações aos gradientes abióticos do meio e pelas interações que se estabelecem entre indivíduos da mesma ou de distintas espécies (Begon et al. 2006; Stroud et al. 2015). Para entender os processos subjacentes que dão lugar aos padrões observados em uma comunidade é necessária uma aproximação que integre diferentes escalas espaço-temporais (Adler e Lauenroth 2003; White et al. 2010), assim como múltiplos níveis de organização biológica, dado que os padrões de níveis superiores são o resultado das respostas ecológicas e evolutivas individuais de seus componentes (Levin 1992).

O clima é uma das principais forças ambientais que atuam sobre os processos ecológicos que configuram as comunidades e ecossistemas terrestres (Stenseth et al. 2002). Se excluirmos os possíveis efeitos diretos (e.g., regulação térmica e de recursos hídricos), grande parte da influência do clima opera a través de uma cascata inversa de interações bióticas que se propagam desde os produtores primários na base do sistema, para os níveis superiores (i.e., controle *bottom-up*) (Hunter e Price 1992; Stenseth et al. 2002). A magnitude e extensão destes efeitos dependerão da variabilidade e a intensidade das mudanças climáticas e da sensibilidade dos componentes do sistema a mudança (Voigt et al. 2003; Walther 2010). Simultaneamente podem existir outras interações que modulem os efeitos do clima no ecossistema, já seja mediante interações bióticas ao mesmo nível (competidores) ou a través de um controle *top-down* desde níveis tróficos superiores (consumidores-predadores) (Hunter e Price 1992; Meserve et al. 2003).

Os ecossistemas sazonais, com uma clara diferença entre períodos úmidos e secos, oferecem um marco oportuno para o estudo do efeito que as variáveis climáticas exercem sobre as populações e comunidades animais (e.g., insetos: Janzen 1973; anfíbios: Vasconcellos e Colli 2009; reptéis: Dickman et al. 1999a; aves: Cavalcanti et al. 2016; mamíferos: Milstead et al. 2007). Os meios áridos e semiáridos representam um caso extremo de sazonalidade no que se dão pulsos cíclicos e pronunciados de disponibilidade de recursos associados a períodos relativamente curtos de precipitações concentradas, alternados com longos períodos secos com muita baixa ou nula produtividade (Polis 1991; Ostfeld e Keesing

2000; Schwinning e Sala 2004). Apresenta também uma acusada heterogeneidade interanual com alternância de períodos multianuais mais ou menos secos regidos em última instância pelo efeito das oscilações quase periódicas das temperaturas superficiais dos oceanos na circulação atmosférica geral (Nobre e Shukla 1996; Holmgren et al. 2001; Barbosa e Kumar 2016). Tais pulsos de recursos tem um efeito direto sobre o desempenho e comportamento em nível de indivíduo que se traduzirá em efeitos indiretos a escala de populações e comunidades (Yang et al. 2008). Portanto, é de esperar que os ecossistemas áridos e semiáridos estejam fortemente condicionados por efeitos *bottom-up* dependentes do regime de precipitações, em particular durante as fases limitantes de seca e no começo dos períodos úmidos, quando se desencadeia o pulso de produtividade primária (Meserve et al. 2003; Schwinning e Sala 2004).

1.2 Caatinga: o semiárido tropical nordestino

A Caatinga representa um claro exemplo de bioma semiárido tropical quente (classificação Koppen-Geiger; Peel et al, 2007) caracterizado pela baixa pluviosidade (240-1500 mm anuais) em relação à evapotranspiração potencial, e pela irregularidade pluviométrica (Andrade-Lima 1981). Neste se diferenciam duas estações durante o ano: a estação chuvosa, que dura de três a cinco meses (janeiro-maio), caracterizada por chuvas irregulares, torrenciais, locais e de pouca duração; e a estação seca que dura de sete a nove meses (junho-dezembro), quase sem chuvas e com um acusado déficit hídrico muito limitante (Machado et al. 1995; Velloso et al. 2002).

Baixo estas condições, os organismos próprios do semiárido nordestino tem desenvolvido um conjunto de atributos funcionais como resposta evolutiva ao estresse hídrico e térmico, assim como a sazonalidade e irregularidade do clima e da disponibilidade de recursos (Prado 2003; Abere e Oguzor 2011). Neste sentido, as formações vegetais características da Caatinga estão dominadas por arbustos e árvores xerófilos de baixo porte, espinhosos e decíduais, que costumam perder suas folhas em época de déficit hídrico (Velloso et al. 1991; Leal et al. 2003). A dinâmica espaço-temporal da produção primária e, por tanto, das comunidades de consumidores e do conjunto do ecossistema Caatinga, está sincronizada com as precipitações, tanto a escala sazonal (com retardo variável), como em ciclos multianuais dependentes das anomalias térmicas do Pacífico Sul (“El Niño”) e do Atlântico Tropical (Prado 2003; Erasmi et al. 2014; Barbosa e Kumar 2016).

O semiárido nordestino apresenta ademais certas vantagens que simplificam o estudo dos efeitos ecológicos do regime pluviométrico. Em primeiro lugar, as temperaturas, ademais de elevadas (média > 25°C), são muito estáveis ao longo do ano, de modo que a reduzida amplitude média anual (2-5°C) é inferior à média das amplitudes diárias ($\approx$ 8-12°C) (Nimer 1972). Em segundo lugar, devido à proximidade ao equador (5-10 ° latitude sul) a variação na duração do dia na região entre solstícios é mínima (30-60 min). Portanto, em grande parte do semiárido nordestino se pode estudar o efeito das precipitações sem a influência cruzada da variabilidade térmica anual ou do fotoperíodo.

Até épocas recentes, o semiárido nordestino havia sofrido um desinteresse por parte do âmbito científico, provavelmente devido a uma infra valoração de seus recursos biológicos associados às condições limitantes do próprio bioma. Porém, estudos recentes têm registrado que o nível de endemismo alcança valores notavelmente elevados em grupos como as espécies vegetais (34% das espécies descritas; Giulietti et al. 2004), e peixes (57%, 136 de 240 das espécies; Rosa et al. 2004).

Apesar da rica biodiversidade que alberga, a Caatinga sofre múltiplas ameaças devido à pressão antrópica que suporta e a sua maior vulnerabilidade natural, não é em vão que é considerada uma das regiões semiáridas mais povoadas do mundo (cerca de 27 milhões de habitantes) (Silva et al. 2004; Santos et al. 2011; MMA 2017). A Caatinga prove de importantes bens e serviços ambientais para a população local como o abastecimento de água, fertilidade do solo, matérias primas e regulação do clima. Contudo a exploração sofrida desde a época colonial até a atualidade há suposto a transformação de 46% da vegetação original, sendo um dos biomas brasileiros mais alterados baixos a ameaça da desertificação (MMA 2011; MMA 2017; ICMBio 2021a).

Apesar das singularidades ambientais deste ecossistema exclusivo de Brasil e das importantes ameaças que sofre por o impacto das atividades humanas, poucos recursos para pesquisas sobre a biodiversidade e conservação são voltados para este bioma (Santos et al. 2011). De fato, apresenta apenas 4,7 % de áreas protegidas com 29 Unidades de Conservação Federais, cobrindo uma superfície de quase quatro milhões de hectares na Caatinga (ICMBio, 2021b). Por tanto, a geração de conhecimento sobre a diversidade biológica da Caatinga e seu funcionamento deve ser prioritário para se conhecer as particularidades deste bioma, e torna-se essencial para estabelecer estratégias eficazes de gestão e conservação de espécies e habitat, particularmente em biomas sensíveis e ameaçados como este.

1.3 Pequenos mamíferos como modelo de estudo em meios semiáridos

As populações e comunidades de pequenos mamíferos terrestres têm sido amplamente utilizadas como indicadores do funcionamento dos ecossistemas e as mudanças ambientais (Dale e Beyeler 2001; Bonvicino et al. 2002; Avenant 2011; Rowe e Terry 2014). Apresentam um conjunto de características vantajosas que os faz especialmente apropriados como bioindicadores: ocupam áreas vitais relativamente reduzidas, apresentam alta sensibilidade às variações espaço-temporais na estrutura e composição do hábitat, respondem relativamente rápido as variações locais graças a sua elevada taxa reprodutora, e ocupam uma posição chave nas redes tróficas (Kaufman et al. 1983; Leis et al. 2008; Avenant 2011). Em efeito, os pequenos mamíferos jogam um papel importante nos ecossistemas como consumidores primários (herbívoros e granívoros; e.g., Meserve et al. 2003), secundários ou predadores (insetívoros e onívoros; e.g., Grant e French 1980), polinizadores (e.g., Goldingay et al. 1991), dispersores e consumidores de sementes (e.g., Sunyer et al. 2013), espécies presa (e.g., Jaksic et al. 1992; Korpimäki e Krebs 1996) e como vetores de enfermidades e parasitos (e.g., Ryszkowski 1975; Mills et al. 1999). Portanto, variações na composição, estrutura e abundância de suas comunidades podem ter efeitos importantes na integridade e sazonalidade dos ecossistemas, e nos serviços que estes oferecem (Keesing 2000; Hurst et al. 2014). Por outro lado, os pequenos mamíferos são a sua vez, dependentes dos fatores ambientais, de forma que mudanças nas variáveis abióticas (e.g., clima) e biológicas do meio podem ter efeitos sobre a dinâmica de suas populações e, em consequência, influir na estrutura e dinâmica das comunidades que conformam (Meserve et al. 2003; Milstead et al. 2007).

Estas propriedades fazem com que os pequenos mamíferos terrestres sejam modelo biológico ideal para o estudo dos efeitos da marcada heterogeneidade ambiental nos habitats semiáridos (Hoffmann e Zeller 2005; Stapp 2010; Avenant 2011), como a Caatinga nordestina (ver revisão bibliográfica em apartado 3). Múltiplos estudos avaliaram a influência das precipitações e/ou produção primária sobre os pequenos mamíferos de meios áridos e semiáridos em múltiplas escalas espaciais e temporais. Geralmente, se encontra um aumento sequencial na abundância e diversidade de pequenos mamíferos depois de episódios de precipitação (Brown 1973; Lima et al. 1999; Dickamn et al. 1999b; Ernest et al. 2000; Brown e Ernest 2002; Meserve et al. 2003; Milstead et al. 2007). Esta resposta depende da magnitude e ritmo (*timing*) das chuvas (Ernest et al. 2000; Bradley et al. 2006), e das estratégias vitais próprias de cada espécie (e.g., dieta) que determinam grupos funcionais que apresentam

respostas comuns a condições ambientais similares e que influem no ecossistema de maneira ecologicamente equivalente (Mcgill et al. 2006; Reed et al. 2006). Por exemplo, a resposta dos pequenos mamíferos costuma exibir um retardo variável que depende de sua posição trófica, de forma que as populações de herbívoros e granívoros (consumidores primários) aumentam depois do pulso de produção primária, enquanto a dinâmica dos insetívoros (consumidores secundários) mostra um maior atraso relacionado com o incremento de biomassa de insetos (Ernest et al., 2000; Thibault et al. 2010). No entanto, a correlação precipitação-recurso-consumidor nem sempre é positiva (Lima et al. 1999; Dickman et al. 1999b; Brown e Ernest 2002; Reed et al. 2006) e em ocasiões, especialmente em estudos a longo prazo, se observa uma resposta não linear mais complexa devido a interação de outros fatores tais como fenômenos denso-dependentes (Previtali et al. 2009), competência (Keesin 1998; Germano e Saslaw 2017), predação (Lima et al. 1999; Meserve et al. 2003) ou eventos extremos (e.g., seca, inundações; Andersen et al. 2000; Bradley et al. 2006).

Apesar do controle evidente que exerce o clima, especialmente as precipitações, a variabilidade e complexidade nas respostas observadas nas comunidades de pequenos mamíferos nos dizem que ainda deve aprofundar-se na compreensão das relações recursos-consumidores e das interações desencadeadas pelos pulsos de recursos em ecossistemas áridos e semiáridos. Neste sentido, os estudos a meio e longo prazo são de especial interesse para conhecer as respostas destas comunidades ante as mudanças ambientais (Franklin 1989; Hayes e Schradin 2017; Taig-Johnston et al. 2017). Especialmente importante em ambientes áridos e semiáridos (Stapp 2010), onde uma adequada replicação temporal permite considerar a elevada variabilidade interanual e a baixa probabilidade de eventos climáticos extremos (e.g., efeito de “El Niño”; Jaksic 2001; Holmgren et al. 2006), e compensar as densidades populacionais sazonalmente baixas e irregulares fruto das condições limitantes do meio (e.g., Previtali et al. 2009; Germano e Saslaw 2017). Os estudos em longo prazo ademais são de grande valor para averiguar os efeitos ocasionados pela atividade humana (e.g., mudança climática; Moritz et al. 2008; Myers et al. 2009) e para o desenvolvimento de ações de gestão e conservação adequadas.

2 Objetivos e estrutura da tese

2.1 Objetivo geral

- Estudar a dinâmica das populações e comunidade de pequenos mamíferos terrestres em relação com a sazonalidade ambiental na região semiárida do Rio Grande do Norte.

2.2 Objetivos específicos e estrutura da tese

Esta tese foi dividida em dois capítulos, no formato de manuscritos para publicação e, ambos, a ser submetidos à revista científica *Mammalian Biology* (normas para submissão disponível em <https://www.springer.com/journal/42991/submission-guidelines>):

2.2.1 Capítulo 1: *Densidade de pequenos mamíferos em um ambiente semiárido no nordeste do Brasil*

O primeiro capítulo estudou a densidade da comunidade de pequenos mamíferos terrestres em um fragmento de mata de Caatinga. Foram objetivos específicos deste capítulo: 1) estimar as taxas de densidade das espécies estudadas, e 2) analisar o efeito da precipitação entre períodos (úmido e seco) sobre as densidades da comunidade avaliada.

2.2.2 Capítulo 2: *Análises de sobrevivência em uma população de *Gracilinanus agilis* na floresta tropical seca do nordeste do Brasil*

O segundo capítulo estudou a sobrevivência aparente e recrutamento da população de *Gracilinanus agilis*, através dos seguintes objetivos específicos: 1) estimar as probabilidades de sobrevivência aparente e de recrutamento, e 2) avaliar o efeito do período reprodutivo, da chuva, de sexo e status reprodutivo, sobre estes parâmetros.

3 Revisão da literatura

3.1 Pequenos mamíferos terrestres e seu papel nos ecossistemas

O termo “pequeno mamífero” (“*small mammal*” em inglês) não se refere a um grupo taxonômico (classe) concreto de pequenos mamíferos, senão que em a literatura usualmente se emprega como um termo genérico para referir-se aos insetívoros, marsupiais, roedores e morcegos de pequeno porte (Hoffmann et al. 2010; Lim e Pacheco 2016). Os pequenos mamíferos terrestres neotropicais normalmente são representados por espécies de marsupiais e roedores (Chiarello et al. 2008; Bocchiglieri et al. 2010; Lim e Pacheco 2016). Segundo o pesquisador, podem ser consideradas espécies que apresentam massa corporal ≤ 1 kg (Lim e Pacheco 2016) ou ≤ 5 kg (Chiarello et al. 2008).

Os marsupiais distribuem-se pelos continentes americanos e de Oceania, e são representados por sete ordens (Dasyuromorpha, Didelphimorphia, Diprodontia, Microbiotheria, Notoryctemorphia, Paucituberculata e Peramelemorphia), na qual a ordem Didelphimorphia é única ordem presente no Brasil (Nowak 2018). As espécies de marsupiais pertencentes a esta ordem fazem parte de uma única família, a Didelphidae (e.g., catitas, cuícas, gambás, marmosas e ratos-cachorro), que se caracterizam por apresentar uma gestação intrauterina curta e uma fase lactante longa. Alguns gêneros possuem uma bolsa abdominal onde alojam a prole, o “marsúpio” (*Didelphis*, *Chironectes*, *Lutreolina* e *Philander*), porém a maioria das espécies não possuem marsúpio, e os filhotes ficam aderidos aos mamilos da região ventral e inguinal até completar o seu desenvolvimento. Todas as espécies de marsupiais da ordem Didelphimorphia apresentam a mesma fórmula dentária $i\ 5/4, c1/1, p3/3, m4/4=50$ (Gardner 2008; Voss e Jansa 2009; Nowak 2018).

Por outro lado, os roedores representados pela ordem Rodentia são encontrados em todos os continentes. No Brasil há cinco famílias nativas de pequenos roedores: Caviidae (e.g., preás, mocós), Cricetidae (e.g., ratos), Ctenomyidae (e.g., tuco-tucos), Echimyidae (e.g., ratos-de-espinho) e Sciuridae (e.g., esquilos). Estes apresentam reprodução intrauterina prolongada e fase lactante curta respeito aos marsupiais, e o número de mamas varia dependendo da espécie. Os pequenos roedores possuem um par de incisivos de crescimento contínuo em ambas as arcadas dentárias, seguidos por um espaço (diastema), por três molares e algumas espécies possuem um ou dois pré-molares, varia segundo a família (Patton et al. 2015).

Os roedores em conjunto com os marsupiais formam o grupo ecológico de mamíferos terrestres de maior diversidade no Brasil (Gardner 2008; Patton et al. 2015). Estes estão presentes em todos os biomas terrestres Brasileiros, apresentam distintas morfologias e ocupam uma grande variedade de habitats (arborícola, escansorial, fossorial, semiaquático e terrestre) (Paglia et al. 2012). Assim como apresentam uma ampla variedade de hábitos alimentares (folívoros, frugívoros, granívoros, insetívoros, onívoros e herbívoros) (Paglia et al. 2012). Algumas espécies são diurnas, ainda que geralmente possuam atividades noturnas ou crepusculares (Bonvicino et al. 2008; Cáceres et al. 2012).

Apesar do parentesco distante, os pequenos mamíferos das ordens Didelphimorphia e Rodentia compartilham diversas funções ecológicas nos ecossistemas que habitam, portanto podem ser utilizados métodos semelhantes de amostragem; geralmente se emprega o uso de armadilhas em vivo, e o método de captura-marcação-recaptura (Cáceres et al. 2012; Loretto 2012). Estes desempenham diversos papéis nos ecossistemas, como predadores de sementes, plântulas, insetos, ovos e, ocasionalmente, de aves e outros pequenos mamíferos (Barbini e Passamani 2003; Vieira et al. 2003; Casella e Cáceres 2006). Ademais disso, contribuem para dispersão de sementes, polinização de flores e ao arejamento dos solos (Beever e Brussard 2004; Casella e Cáceres 2006; Fischer et al. 2014; Queiroz et al. 2016) e influenciam diretamente a manutenção das populações de muitas espécies de predadores, uma vez que são espécies presa fundamental de grande parte de espécies carnívoras (Tófoli et al. 2009; Bueno e Motta-Junior 2015; Dias e Bocchiglieri 2015). Por outro lado, várias espécies são reservatórios de doenças importantes, por exemplo, como a Febre maculosa, Hantavírus e a Leishmaniose (Barbosa et al. 2011; Fornazari e Langoni 2014; Lim e Pacheco 2016), o que acarreta problemas econômicos e a saúde pública. Também é importante ressaltar que estes são habitualmente utilizados como cobaias para inúmeros experimentos de laboratório por médicos e biólogos, tanto espécies exóticas e/ou domésticas (e.g., *Cavia porcellus*, *Mus musculus* e *Rattus norvegicus*), como espécies silvestres criadas em cativeiros (e.g., *Galea spixii*, *Thrichomys laurentius*, *Trinomys yonenagae*, *Didelphis marsupialis*, *Monodelphis domestica*, *Philander opossum*) (Andrade et al. 2002; Manaf et al. 2003).

São ainda considerados bons indicadores das alterações na paisagem e na estrutura local dos habitats, portanto é um grupo de grande interesse para estudos ecológicos, sendo que fornecem informações da qualidade dos ecossistemas onde estão inseridos (Leis et al. 2008; Pardini et al. 2010).

3.2 Pequenos mamíferos terrestres na Caatinga

Os pequenos mamíferos constituem uma fração muito importante da diversidade específica de mamíferos conhecidos na Caatinga (26.23% do total; Carmignotto e Astúa 2017). Em um dos levantamentos mais recentes e completos sobre a mastofauna da Caatinga, Carmignotto e Astúa (2017) listaram um total de 183 espécies de mamíferos no bioma, com onze casos de endemismo. Entre elas, os pequenos mamíferos terrestres compreenderam um total de 48 espécies, pertencentes às ordens Didelphimorphia, (marsupiais) com 13 espécies e Rodentia (roedores) com 35 espécies, representada pela subordem Sciuromorpha (uma espécie da família Sciuridae), pela subordem Myomorpha (23 espécies da família Cricetidae) e pela subordem Hystricomorpha (três espécies da família Caviidae e oito espécies da família Echimyidae). As principais espécies de marsupiais estudadas pertencem aos gêneros *Didelphis*, *Monodelphis* e *Gracilinanus* (Bergallo e Cerqueira 1994; Lemos e Cerqueira 2002; Faria et al. 2013), e as espécies de roedores pertencem aos gêneros *Galea*, *Kerodon*, *Thrichomys*, *Trinomys* e *Wiedomys* (Lessa et al. 2005; Bezerra et al. 2010; Freitas et al. 2010; Sobral e Oliveira 2014; Carvalhães et al. 2015).

A maior parte da informação básica sobre os pequenos mamíferos no semiárido nordestino provém principalmente de pesquisas realizadas no estado de Bahia, Ceará, Paraíba e Pernambuco (e.g., Oliveira e Langguth 2004; Rocha et al. 2007; Geise et al. 2010; Souza et al. 2011; Gurgel-Filho et al. 2015), enquanto no resto dos estados que compõem o bioma (i.e., Alagoas, Maranhão, Minas Gerais, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) apenas existe informação disponível. O conhecimento existente sobre ecologia de populações e comunidades de pequenos mamíferos na Caatinga é escasso e fragmentado e a maior parte destes estudos se concentra em inventários da mastofauna (e.g., Oliveira et al. 2003; Fernandes-Ferreira et al. 2015; Nogueira et al. 2015; Delciellos 2016; Guedes et al. 2017). A primeira pesquisa realizada na Caatinga sobre ecologia foi no estado de Pernambuco desenvolvida por Streilein (1982a-e), onde fez um estudo de grande esforço amostral de dinâmica de populações. Posteriormente, Sousa et al. (2004) realizaram um estudo anual na Paraíba e Pernambuco, onde verificaram a preferência entre seis habitats, o sucesso de captura, riqueza de espécies e analisaram os itens alimentares. A seguir Cruz et al. (2005) inventariaram e compararam a mastofauna encontrada nas diferentes fitofisionomias na caatinga dos estados do Ceará, Pernambuco e Paraíba, realizado em duas expedições anuais cobrindo os períodos seco e chuvoso. Depois temos na Bahia a pesquisa de Freitas et al.

(2005), que estudaram a abundância de pequenos mamíferos em cinco habitats típicos da Caatinga e dois períodos chuvoso e seco durante dois anos. A seguir Santana (2006) realizou um estudo em 10 comunidades distintas distribuídos por os estados de Ceará e Pernambuco, onde amostrou todos os habitats uma vez por estação (seca e chuvosa). Nascimento (2010) estudou a estrutura de comunidade e dinâmica populacional de pequenos mamíferos em um ano de “La Niña” na Paraíba. Posteriormente Bezerra et al. (2014), realizaram amostragens em 15 localidades localizadas nos estados de Alagoas e Bahia, onde comparam a abundância entre as estações seca e úmida entre os diferentes habitats. Finalmente, no estado do Rio Grande do Norte foi desenvolvido por Morlanes (2016) um estudo de um ano relacionado com a ecologia de comunidade de pequenos mamíferos terrestres.

Ainda que as pesquisas tenham sido realizadas em diferentes regiões do bioma a maioria centraliza-se em poucas localidades e com amostragens parciais e insuficientes o que implica sérias lacunas de conhecimento (Costa et al. 2005) e uma infra estimação da diversidade de espécies, mais ainda se consideramos que o bioma apresenta uma importante heterogeneidade de paisagens (Cruz et al. 2005). De fato, a escassez de conhecimento científico básico e a perda e fragmentação de habitat que afeta a Caatinga, constituem as maiores ameaças a conservação de pequenos mamíferos terrestres (Costa et al. 2005; Cáceres et al. 2010). Neste sentido, segundo a lista vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN 2021), das 48 espécies descritas para o bioma Caatinga, duas das espécies ainda não possuem informações disponíveis (*Cerradomys vivoi* e *C. langguthi*) e outras seis espécies são classificadas como, dados insuficientes (*Cryptomys agricolai*, *Oligoryzomys rupestris*, *Rhipidomys cariri*, *Wiedomys cerradensis*, *Thrichomys laurentius* e *Phyllomys lamarum*). Ademais, das espécies com informação ao menos duas (*Thylamys karimii* e *Trinomys yonenagae*) se encontram vulneráveis ou em perigo.

Deste modo fica evidente a falta de conhecimento adequado sobre os pequenos mamíferos na Caatinga e da importância não só de aprofundar no funcionamento destas comunidades em entornos semiáridos, senão também para determinar seu estado de conservação e estabelecer estratégias eficazes para sua gestão.

4 Metodologia geral

4.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado na Estação Experimental da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - E.E.U (Figura 1), situada no distrito de Alagoinha, zona rural do município de Mossoró - RN (05°03'43" S, 37°23'54" O). A Estação Experimental possui aproximadamente 400 ha, e está inserida na região da Chapada do Apodi (Depressão Sertaneja Setentrional). O relevo caracteriza-se por suaves ondulações com uma altitude de 79 m (Maia-Silva et al. 2012). O solo se diferencia em três classes (argissolo vermelho distrófico típico, latossolo vermelho distrófico argissólico e plintossolo argiluvico eutrófico típico) que geralmente mostram áreas com textura mais arenosa na superfície e argilosa na subsuperfície (Rêgo et al. 2016). A área de estudo apresenta 8,25 ha, que está inserida numa área bem preservada de mata nativa de Caatinga, dominada por uma vegetação arbóreo-arbustiva densa hiperxerófila caducifólia de 26 ha (Figura 2), que faz parte da Reserva Legal da Estação Experimental (para detalhes da área de estudo ver Capítulo 1) (Velloso et al. 2002; Maia-Silva et al. 2012; Torquato 2015).

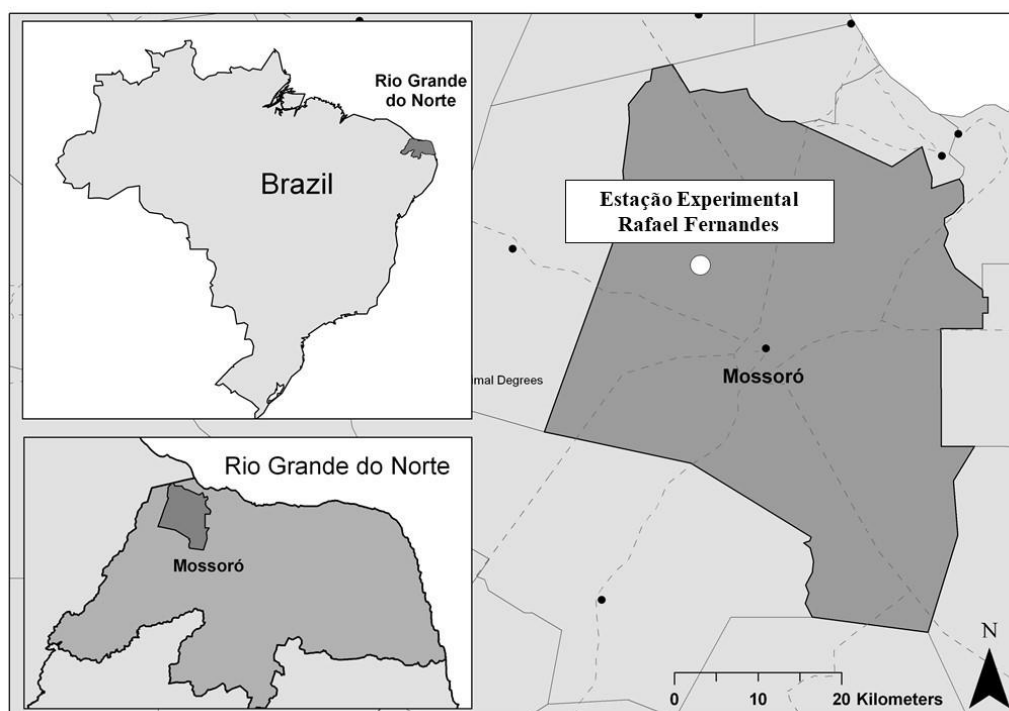


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo na Estação Experimental da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (E.E.U), Mossoró, no estado de Rio Grande do Norte, Brasil.



Figura 2. Vegetação da área de estudo: (a) período seco (b) período chuvoso (c) carnaubal (*Copernicia prunifera*).

4.2 Desenho amostral

O trabalho foi baseado em um modelo de captura, marcação e recaptura de pequenos mamíferos terrestres mediante captura sistemática e intensiva aproximadamente durante seis anos, desde o mês de junho de 2014 até fevereiro de 2020, somando um total de 49 sessões de amostragem (para detalhes ver Capítulo 1).

4.3 Licença de pesquisa

Todas as atividades deste projeto foram avaliadas pelo comitê de ética da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA (parecer N° 11/2014, processo N° 23091.00413/2014-21) e pelo SISBIO (N° 41686-6). E seguiram de acordo com as diretrizes fornecidas para o uso de mamíferos em pesquisas estabelecidas pela American Society of Mammalogists (Sikes et al. 2016).

4.4 Manipulação de animais e levantamento de dados

4.4.1 Captura, marcação e identificação taxonômica de pequenos mamíferos terrestres

Foram anotadas as posições de captura de todos os animais, posteriormente, foram transferidos de suas armadilhas para sacos individuais de algodão. Em seguida foram obtidas a massa corporal de todos os espécimes com auxílio de balança digital com capacidade máxima de 1 kg e com precisão de 0,1 g. Todos os indivíduos capturados foram marcados na orelha com um brinco e liberados no mesmo ponto de captura (Mangini e Nicola 2006; Pardini e Umetsu 2006; SMA 2008).

A identificação foi feita com base em literatura científica especializada dos marcadores morfológicos e distribuição geográfica, (e.g., Gardner 2008; Cáceres 2012; Patton et al. 2015). Para a nomenclatura taxonômica foram usados Gardner (2008) e Voss e Jansa (2009) para a ordem Didelphimorphia; e Patton et al. (2015) para a ordem Rodentia, exceto quando artigos mais recentes apresentarem novos dados como por exemplo, Gurgel-Filho et al. (2015).

4.4.2 Determinação de sexo, idade e estado reprodutivo

A identificação sexual em marsupiais foi determinada através da presença de mamas (fêmeas) e testículos (machos), e para os roedores ainda a distância urogenital.

A estrutura etária foi dividida em três classes: juvenis (J), subadultos (S) e adultos (A). A idade dos marsupiais foi definida de acordo com a sequência de erupção dentária do maxilar superior (Quental et al. 2001). Para os roedores foi de acordo com a massa corporal

e/ou estágio de maturidade sexual (Macedo et al. 2006; D’Andrea et al. 2007; Andreazzi et al. 2011).

Para a determinação do estado reprodutivo dos animais capturados foram consideradas reprodutivas as fêmeas de ambas as ordens (Didelphimorphia e Rodentia) quando estiverem prenhas, lactantes, mamas inchadas ou sem pelos ao redor. Para as fêmeas de roedores também quando apresentarem indícios de dilatação da vulva. Ainda, para as fêmeas de marsupiais, a presença de filhotes presos às mamas (Rodríguez et al. 2012). Para a avaliação dos marsupiais machos adultos foi verificado a presença de inchaço ao redor da cloaca já que em marsupiais os testículos são permanentemente escrotais. Para determinar o estado reprodutivo dos roedores machos foram utilizados os desprendimentos dos testículos (Quental et al. 2001; Rodríguez et al. 2012), com exceção da espécie *Thrichomys laurentius* pertencente à família Echimyidae, que não é possível determinar o seu estado reprodutivo já que possuem os testículos internos e carecem de saco escrotal, o que ocorre em outras espécies de roedores da subordem Histricomorpha (Menezes et al. 2003).

5 Referências

- Abere SA, Oguzor NS (2011) Adaptation of Animals to Arid Ecological Conditions. *World J Zool* 6:209–214
- Adler PB, Lauenroth WK (2003) The power of time: spatiotemporal scaling of species diversity. *Ecol Lett* 6:749–756
- Andersen DC, Wilson KR, Miller MS, Falck M (2000) Movement patterns of riparian small mammals during predictable floodplain inundation. *J. Mammal* 81:1087–1099
- Andrade-Lima D (1981) The caatingas dominium. *Rev Bras Bot* 4:149–153
- Andrade A, Pinto SC, Oliveira RS (2002) Animais de laboratório: criação e experimentação. Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. 388 pp
- Andreazzi CSD, Rademaker V, Gentile R, Herrera HM, Jansen AM, D’Andrea PS (2011) Population ecology of small rodents and marsupials in a semi-deciduous tropical forest of the southeast Pantanal, Brazil. *Zoologia-Curitiba* 28:762–770
- Avenant N (2011) The potential utility of rodents and other small mammals as indicators of ecosystem ‘integrity’ of South African grasslands. *Wildlife Res* 38:626–639
- Barbini IG, Passamani M (2003) Pequenos mamíferos e a predação de ninhos artificiais no Museu de Biologia Prof Mello Leitão (ES). *Nat Online* 1:56–61

- Barbosa AD, da SILVA Martins NR, de Magalhães DF (2011) Zoonoses e saúde pública: riscos da proximidade humana com a fauna silvestre. *Ciênc Vet Tróp* 14:1–9
- Barbosa HA, Kumar TVL (2016) Influence of rainfall variability on the vegetation dynamics over Northeastern Brazil. *J Arid Environ* 124:377–387
- Beever EA, Brussard PF (2004) Community-and landscape-level responses of reptiles and small mammals to feral-horse grazing in the Great Basin. *J Arid Environ* 59:271–297
- Begon M, Townsend CR, Harper JL (2006) *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. Wiley-Blackwell, Oxford. 750 pp
- Bergallo HG, Cerqueira R (1994) Reproduction and growth of the opossum *Monodelphis domestica* (Mammalia: Didelphidae) in northeastern Brazil. *J Zool* 232:551–563
- Bezerra AM, Lazar A, Bonvicino CR, Cunha AS (2014) Subsidies for a poorly known endemic semiarid biome of Brazil: non-volant mammals of an eastern region of Caatinga. *Zool Stud* 53:1–13
- Bezerra AM, Marinho-Filho J (2010) Variabilidade intrapopulacional em caracteres cranianos de *Galea spixii* (Wagler, 1831) (Rodentia, Caviidae, Caviinae) no nordeste do Brasil. *Arq Mus Nac* 68:111–124
- Bocchiglieri A, Mendonça AG, Henriques RPB (2010) Composição e diversidade de mamíferos de médio e grande porte no Cerrado do Brasil central. *Biota Neotrop* 10:169–176
- Bonvicino CR, Lindbergh SM, Maroja LS (2002) Small non-flying mammals from conserved and altered areas of Atlantic Forest and Cerrado: comments on their potential use for monitoring environment. *Braz J Biol* 62:765–74
- Bonvicino CR, Oliveira JA, D’Andrea PS (2008) Guia dos roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos. Centro Pan-Americano de Febre Aftosa - OPAS/OMS, Rio de Janeiro. 120 pp
- Bradley RD, Hanson JD, Amman BR, Baxter BD, Carroll DS, Durish ND, Haynie ML, Kageyama M, Longhofer LK, Mendez-Harclerode FM, Reeder AS, Suchecki JR, Ruthven III DC, Cajimat MNB, Milazzo C, Milazzo JRML, Fulhorst CF (2006) Rapid recovery of rodent populations following severe drought. *Southwest Nat* 51: 87–93
- Brown JH (1973) Species diversity of seed-eating desert rodents in sand dune habitats. *Ecology* 54:755–787
- Brown JH, Ernest SKM (2002) Rain and rodents: complex dynamics of desert consumers. *BioScience* 52:979–987
- Bueno AA, Motta-Junior JC (2015) Behavioural and morphological strategies by small savannah rodents to avoid predation. *Mamm Biol* 80:401–408.
- Cáceres NC (2012) Os Marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e conservação. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brazil. 530 pp

- Cáceres NC, Graipel ME, Cherem JJ (2012) Amostragem de marsupiais. In: Cáceres NC, (ed). Os Marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e conservação. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brazil, pp 113–127
- Cáceres NC, Monteiro-Filho ELA (1999) Tamanho corporal em populações naturais de *Didelphis* (Mammalia: Marsupialia) do sul do Brasil. Rev Bras Biol 59:461–469
- Cáceres NC, Napoli R, Casella J, Hannibal, W (2010) Mammals in a fragmented savannah landscape in south-western Brazil. J Nat Hist 44:491–512
- Carmignotto AP, Astúa D (2017) Mammals of the Caatinga: Diversity, Ecology, Biogeography and Conservation. In: Silva JMC, Leal IR, Tabarelli M (eds) Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America. Springer, pp 211–254.
- Carvalhães J, Finotti R, Santos M, Novaes R, Cerqueira R (2015) Water conservation ability of three species of the genus *Thrichomys* (Rodentia, Hystricomorpha). Oecologia Aust 19:89–101
- Casella J, Cáceres NC (2006) Diet of four small mammal species from Atlantic Forest patches in South Brazil. Neotropical Biol Conserv 1:5–11
- Cavalcanti LMP, de Paiva LV, França LF (2016) Effects of rainfall on bird reproduction in a semi-arid Neotropical region. Zoologia 33:6, e20160018
- Chiarello AG, Aguiar LMS, Cerqueira R, Melo FR, Rodrigues FHG, Silva VMF (2008) Mamíferos. In: Machado ABM, Drummond GM, Paglia AP (eds) Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. 1º Ed. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Distrito Federal, 2:681–702.
- Costa LP, Leite YLR, Mendes SL, Ditchfield AD (2005) Mammal conservation in Brazil. Conserv Biol 19:672–679
- Cruz MAOM, Borges-Nojosa DM, Langguth A, Sousa MAN, Silva LAM, Leite LMRM, Prado FMV, Veríssimo KCS, Moraes BLC, 2005. Diversidade de mamíferos em áreas prioritárias para conservação da Caatinga. In: Araújo FS, Rodal MJN, Barbosa MRV (orgs) Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp 181–202
- Dale VH, Beyeler SC (2001) Challenges in the development and use of ecological indicators. Ecol Indic 1:3–10
- D’Andrea OS, Gentile R, Maroja LS, Fernandes FA, Coura R, Cerqueira R (2007) Small mammal populations of an agroecosystem in the Atlantic Forest domain, southeastern Brazil. Braz J Biol 67:179–186
- Delciellos AC (2016) Mammals of four Caatinga areas in northeastern Brazil: inventory, species biology, and community structure. Check List 12:1916
- Dias DM, Bocchiglieri A (2015) Dieta de carnívoros (Mammalia, Carnivora) em um remanescente de Caatinga, Nordeste do Brasil. Bioikos 29:13–19

- Dickman CR, Letnic M, Mahon PS (1999a) Population dynamics of two species of dragon lizards in arid Australia: the effects of rainfall. *Oecologia* 119:357–366
- Dickman CR, Mahon PS, Masters P, Gibson DF (1999b) Long-term dynamics of rodent populations in arid Australia: the influence of rainfall. *Wildlife Res* 26:389–403
- Erasmí S, Schucknecht A, Barbosa MP, Matschullat J (2014) Vegetation Greenness in Northeastern Brazil and Its Relation to ENSO Warm Events. *Remote Sens* 6:3041–3058
- Ernest SK, Brown JH, Parmenter RR (2000) Rodents, plants, and precipitation: spatial and temporal dynamics of consumers and resources. *Oikos* 88:470–482
- Faria MB, Nascimento FF, Oliveira JÁ, Bonvicino CR (2013) Biogeographic Determinants of Genetic Diversification in the Mouse Opossum *Gracilinanus agilis* (Didelphimorphia: Didelphidae). *J Hered* 104:613–626
- Fernandes-Ferreira H, Gurgel-Filho NM, Feijó A, Mendonça SV, Alves RRN, Langguth A (2015) Non-volant mammals from Baturité Ridge, Ceará state, Northeast Brazil. *Check List* 11:1–7
- Fischer E, de Araujo AC, Gonçalves F (2014) Polinização por vertebrados. In: Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC (orgs) *Biologia da polinização*. Editora Ceres Belchior, Universidade Federal de Pernambuco, Rio de Janeiro, Brasil, pp 311–326
- Fornazari F, Langoni H (2014) Principais zoonoses em mamíferos selvagens. *Vet Zootec* 21:10–24
- Franklin JF (1989) Importance and justification of long-term studies in ecology. In: Likens GE (ed) *Long-term Studies in Ecology*. Springer-Verlag, New York, pp 3–17
- Freitas JNS, da Silva-Carvalho LA, El-Hani CN, Rocha PLB (2010) Affiliation in the social interactions in captivity of the torch tail rat, *Trinomys yonenagae* (Rodentia: Echimyidae). *J Ethol* 28:105–112
- Freitas RR, da Rocha PLB, Simões-Lopes PC (2005) Habitat structure and small mammals abundances in one semiarid landscape in the Brazilian Caatinga. *Rev Bras Zool* 22:119–129
- Gardner AL (2008) *Mammals of South America: Volume I. Marsupials, xenarthrans, shrews, and bats*. The University of Chicago Press, Chicago and London. 669 pp
- Geise L, Paresque R, Sebastião H, Shirai LT, Astúa D, Marroig G (2010) Non-volant mammals, Parque Nacional do Catimbau, Vale do Catimbau, Buíque, state of Pernambuco, Brazil, with karyologic data. *Check List* 6:180–186.
- Germano DJ, Saslaw LR (2017) Rodent community dynamics as mediated by environment and competition in the San Joaquin Desert. *J Mammal* 98:1615–1626
- Giulietti AM, Bocage-Neta AL, Castro AAJF, Gamarra-Rojas CFL, Sampaio EVSB, Virgínio JF, Harley RM (2004) Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: Silva JMC, Tabarelli M, Fonseca MT, Lins LV (orgs) *Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp 48–90

- Goldingay RL, Carthew SM, Whelan RJ (1991) The Importance of Non-Flying Mammals in Pollination. *Oikos* 61:79–87
- Grant WE, French NR (1980) Evaluation of the role of small mammals in grassland ecosystems: A modelling approach. *Ecol Model* 8:15–37
- Guedes PG, Dias DDM, Silva SS, Sena LM (2017) Diversity of nonvolant mammals in a Caatinga area in northeastern Brazil. *Neotrop Biol Conserv* 12:200–208
- Gurgel-Filho NM, Feijó A, Langguth A (2015) Pequenos mamíferos do Ceará (marsupiais, morcegos e roedores sigmodontíneos) com discussão taxonômica de algumas espécies. *Rev Nordestina Biol* 23:3–150
- Hayes LD, Schradin C (2017) Long-term field studies of mammals: what the short-term study cannot tell us. *J Mammal* 98:600–602
- Hoffmann A, Decher J, Rovero F, Schaer J, Voigt C, Wibbelt G (2010) Field methods and techniques for monitoring mammals. In: Eymann J, Degreef J, Hauser C, Monje JC, Samyn Y, Van Den Spiegel D (eds) *Manual on field recording techniques and protocols for all taxa biodiversity inventories and monitoring*. Pensoft Publishers, Sofia, Bulgaria, pp 482–529
- Hoffmann A, Zeller U (2005) Influence of variations in land use intensity on species diversity and abundance of small mammals in the Nama Karoo, Namibia. *Belg J Zool* 135:91–96
- Holmgren M, Scheffer M, Ezcurra E, Gutiérrez JR, Mohren GMJ (2001) El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. *Trends Ecol Evol* 16:89–94
- Holmgren M, Stapp P, Dickman CR, Gracia C, Graham S, Gutiérrez JR, Hice C, Jaksic F, Kelt DA, Letnic M, Lima M, López BC, Meserve PL, Milstead WB, Polis GA, Previtali MA, Richter M, Sabaté S, Squeo FA (2006) Extreme climatic events shape arid and semiarid ecosystems. *Front Ecol Environ* 4:87–95
- Hunter MD, Price PW (1992) Playing chutes and ladders: Heterogeneity and the relative roles of bottom-up and top-down forces in natural communities. *Ecology* 73:24–732
- Hurst ZM, McCleery RA, Collier BA, Silvy NJ, Taylor PJ, Monadjemg A (2014) Linking changes in small mammal communities to ecosystem functions in an agricultural landscape. *Mamm Biol* 79:17–23
- ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2021a) Monitoramento, gestão da informação e sistema de gestão dos dados: Caatinga. <http://www.icmbio.gov.br/portal/monitoramento-2016/gestao-da-informacao/sistema-de-gestao-dos-dados/49-menu-o-que-fazemos/4260-caatinga>. Accessed 05 January 2021
- ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2021b) Unidades de Conservação, biomas brasileiros: Caatinga. <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/caatinga/unidades-de-conservacao-caatinga>. Accessed 05 January 2021
- IUCN (2021) The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/>. Accessed 03 January 2021

Jaksic FM (2001) Ecological effects of El Niño in terrestrial ecosystems of western South America. *Ecography* 24:241-250

Jaksic FM, Jiménez JE, Castro AS, Feinsinger P (1992) Numerical and functional response of predators to a long-term decline in mammalian prey at a semi-arid Neotropical site. *Oecologia* 89:90–101

Janzen DH (1973) Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day, and insularity. *Ecology* 54:667–701

Kaufman DW, Kaufman GA, Finck EJ (1983) Effects of fire on rodents in tallgrass prairie of the flint hills region of eastern Kansas. *Prairie Naturalist* 15:49–56

Keesing F (2000) Cryptic consumers and the ecology of an African Savanna. *Bioscience* 50:205–215

Keesing F (1998) Impacts of ungulates on the demography and diversity of small mammals in central Kenya. *Oecologia* 116:381–389

Korpimäki E, Krebs CJ (1996) Predation and Population Cycles of Small Mammals. *BioScience* 46:754–764

Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC (2003) *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Universitária, Universidade Federal de Pernambuco. 822 pp

Leis SA, Leslie DM, Engle DM, Fehmi JS (2008) Small mammals as indicators of short-term and long-term disturbance in mixed prairie. *Environ Monit Assess* 137:75–84

Lemos B, Cerqueira R (2002) Morphological differentiation in the white-eared opossum group (Didelphidae: Didelphis). *J Mammal* 83:354–369

Levin SA (1992) The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73:1943–1967

Lessa G, Gonçalves PR, Pessôa LM (2005) Variação geográfica em caracteres cranianos quantitativos de *Kerodon rupestris* (Wied, 1820) (Rodentia, Caviidae). *Arq Mus Nac* 63:75–88

Lim BK, Pacheco V (2016) Small non-Volant Mammals. In: Larsen TH (ed) *Core Standardized Methods for Rapid Biological Field Assessment*. Conservation International, Arlington, Virginia, pp 85–93

Lima M, Keymer JE, Jaksic FM (1999) El Niño-southern-oscillation-driven rainfall variability and delayed density dependence cause rodent outbreaks in western South America: Linking demography and population dynamics. *Am Nat* 153:476–491

Loretto D (2012) *Ecologia de pequenos mamíferos arborícolas: estado do conhecimento, métodos de amostragem e estudo populacional, com ênfase no bioma da Mata Atlântica*. Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 197 pp

Macedo J, Loretto D, Vieira MV, Cerqueira R (2006) Classes de desenvolvimento em marsupiais: um método para animais vivos. *Mastozool Neotrop* 13:133–136

Machado ICS, Barros LM, Sampaio EVSB (1995) Phenology of Caatinga Species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil. *Biotropica* 29:57–68

Maia-Silva C, Silva CI, Hrnir M, Queiroz RT, Imperatriz-Fonseca VL (2012) Guia de plantas: visitadas por abelhas na Caatinga. Fundação Brasil Cidadão, Fortaleza, pp 1–99

Manaf P, Brito-Gitirana L, Oliveira ES (2003) Evidence of chemical communication in the spiny rat (*Trinomys yonenagae*, Echimyidae): anal scent gland and social interactions. *Can J Zool* 8:1–6

Mangini PR, Nicola PA3 (2006) Captura e Marcação de Animais Silvestres. In: Cullen LJ, Valladares-Padua C, Rudran R (orgs) Método de Estudo em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brazil, pp 91–151

Mcgill BJ, Enquist BJ, Weiher E, Westoby M (2006) Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends Ecol Evol* 21:178–185

Menezes DJAD, Carvalho MAMD, Assis-Neto ACD, Oliveira MFD, Farias EC, Miglino MA, Medeiros GX (2003) Morphology of the external male genital organs of agouti (*Dasyprocta aguti*. Linnaeus, 1766). *Braz J Vet Res Anim Sci* 40:148–153

Meserve PL, Kelt DA, Milstead WB, Gutiérrez JR (2003) Thirteen Years of Shifting Top-Down and Bottom-Up Control. *BioScience* 53:633–646

Mills JN, Yates TL, Ksiazek TG, Peters C J, Childs JE (1999) Long-term studies of hantavirus reservoir populations in the southwestern United States: rationale, potential, and methods. *Emerg Infect Dis* 5:95–101

Milstead WB, Meserve PL, Campanella A, Previtali MA, Kelt DA, Gutiérrez JR (2007) Spatial ecology of small mammals in north-central Chile: role of precipitation and refuges. *J Mammal* 88:1532–1538

MMA – Ministério do Meio Ambiente (2017) Biomas, Caatinga. <https://antigo.mma.gov.br/biomas/caatinga.html>. Accessed 18 December 2017

MMA – Ministério do Meio Ambiente (2011) Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite. Acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA. Magalhães LE (ed) Monitoramento do Bioma Catinga 2008-2009. Centro de Informação, Documentação Ambiental, Brasília, Distrito Federal, pp 1–46

Moritz C, Patton JL, Conroy CJ, Parra JL, White GC, Beissinger SR (2008) Impact of a century of climate change on small-mammal communities in Yosemite National Park, USA. *Science* 322:261–264

Morlanes V (2016) Ecologia de pequenos mamíferos (Didelphimorphia e Rodentia) em uma área de Caatinga do Rio Grande do Norte. Dissertation, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró. 106 pp

Myers P, Lundrigan BL, Hoffman SMG, Haraminac AP, Seto SH (2009) Climate-induced changes in the small mammal communities of the Northern Great Lakes Region. *Glob Change Biol* 15:1434–1454

- Nascimento ALCP (2010) Estrutura de comunidade e dinâmica populacional de pequenos mamíferos não-voadores na RPPN Fazenda Almas-PB, em um ano de La Niña. Dissertation, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 110 pp
- Nimer E (1972) Climatologia da região Nordeste do Brasil. Introdução à climatologia dinâmica. *Rev Bras Geogr* 34:3–51
- Nobre P, Shukla J (1996) Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *J Climate* 9:2464–2479
- Nogueira MR, Pol A, Pessôa LM, Oliveira JAD, Peracchi AL (2015) Small mammals (Chiroptera, Didelphimorphia, and Rodentia) from Jaíba, middle Rio São Francisco, northern Minas Gerais State, Brazil. *Biota Neotrop* 15:1–18
- Nowak RM (2018) Walker's mammals of the world: monotremes, marsupials, afrotherians, xenarthrans, and sundatherians. Johns Hopkins University Press, pp 41–292
- Oliveira FF, Langguth A (2004) Pequenos mamíferos (Didelphimorphia e Rodentia) de Paraíba e Pernambuco, Brasil. *Rev Nordestina Biol* 18:19–86
- Oliveira JA, Gonçalves PR, Bonvicino CR (2003) Mamíferos da caatinga. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC (eds) *Ecologia e conservação da Caatinga*. Ed Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, pp 275–336
- Ostfeld RS, Keesing F (2000) Pulsed resources and community dynamics of consumers in terrestrial ecosystems. *Trends Ecol Evol* 15:232–237
- Paglia AP, Fonseca GAB, Rylands AB, Herrmann G, Aguiar LMS, Chiarello AG, Leite YLR, Costa LP, Siciliano S, Kierulff MCM, Mendes SL, Tavares VC, Mittermeier RA, Patton JL (2012) Lista anotada dos mamíferos do Brasil 2ª Edição Annotated checklist of Brazilian mammals. *Occas Pap Conserv Biol* 6:76
- Pardini R, Bueno ADA, Gardner TA, Prado PI, Metzger JP (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 Neotrop* 6:1–22
- Patton JL, Pardiñas UF, D'Elía G (2015) *Mammals of South America, Volume 2: Rodents*. University of Chicago Press, Chicago. 1384 pp
- Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA (2007) Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. *Hydrol Earth Syst Sci* 11:1633–1644
- Polis GA (1991) *The ecology of desert communities*. University of Arizona Press, Tucson. 460 pp

Prado D (2003) As caatingas da América do Sul. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC (eds) Ecologia e conservação da Caatinga. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, pp 3–73

Previtali MA, Lima M, Meserve PL, Kelt DA, Gutiérrez JR (2009) Population dynamics of two sympatric rodents in a variable environment: rainfall, resource availability, and predation. *Ecology* 90:1996–2006

Queiroz JA, Quirino ZGM, Lopes AV, Machado IC (2016) Vertebrate mixed pollination system in *Encholirium spectabile*: a bromeliad pollinated by bats, opossum and hummingbirds in a tropical dry forest. *J Arid Environ* 125:21–30

Quental TB, Fernandez FAS, Dias ATC, Rocha FS (2001) Population dynamics of the marsupial *Micoureus demerarae* in small fragments of Atlantic Coastal Forest in Brazil. *J Trop Ecol* 17:339–352

Reed AW, Kaufman GA, Kaufman DW (2006) Species richness-productivity relationship for small mammals along a desert-grassland continuum: differential responses of functional groups. *J Mammal* 87:777–783

Rêgo LGDS, Martins C, Silva EFD, Silva JJAD, Lima RNDS (2016) Pedogenesis and soil classification of an Experimental Farm in Mossoró, State of Rio Grande do Norte, Brazil. *Rev Caatinga* 29:036–1042

Rocha PLB, Renous S, Abourachid A, Höfling E (2007) Evolution toward asymmetrical gaits in Neotropical spiny rats (Rodentia: Echimyidae): evidences favoring adaptation. *Can J Zool* 85:709–717

Rodríguez D, Lanzone C, Chillo V, Cuello PA, Albanese S, Ojeda AA, Ojeda RA (2012) Historia natural de un roedor raro del desierto argentino, *Salinomys delicatus* (Cricetidae: Sigmodontinae). *Rev Chil de Hist Nat* 85:13–27

Rosa RS, Gomes-Filho G, Menezes NA, Shibatta AO, Costa WJEM (2004) Biota aquática: áreas e ações prioritárias para a conservação da Caatinga. In: Silva JMC, Tabarelli M, Fonseca MT, Lins LV (orgs) Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Ministério do Meio Ambiente. Universidade Federal de Pernambuco, Brasília, pp 163–171

Rowe RJ, Terry RC (2014) Small mammal responses to environmental change: integrating past and present dynamics. *J Mammal* 95:1157–1174

Ryszkowski L (1975) The Ecosystem Role of Small Mammals. *Ecol Bull* 19:139–145.

Santana ICCD (2006) Análise multivariada no estudo de padrões na mastofauna do bioma caatinga. Dissertation, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 98 pp

Santos JC, Leal IR, Almeida-Cortez JS, Fernabdes GW, Tabarelli M (2011) Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. *Trop Conserv Sci* 4:276–286

Schwinning S, Sala OE (2004) Hierarchy of responses to resource pulses in arid and semi-arid ecosystems. *Oecologia* 141:211–220

SMA SP – Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo (2008) Manual para tratadores. Zoológico de Guarulhos, São Paulo. 13 pp

Sikes RS (2016) The Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists. Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research and education. *J Mammal* 97:663–688

Silva JMC, Tabarelli M, Fonseca MT, Lins LV (2004) Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Ministério do Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasília. 382 pp

Sobral G, Oliveira JA (2014) Annual age structure and reproduction in the Caatinga red-nosed mouse, *Wiedomys pyrrhorhinos* (Rodentia, Sigmodontinae). *Therya* 5:367–679

Sousa MAN, Langguth A, Gimenez EA (2004) Mamíferos dos Brejos de Altitude: Paraíba e Pernambuco. In: Porto KC, Cabral JJP, Tabarelli M (eds) Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação. Série Biodiversidade: Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp 229–254

Souza ALG, Corrêa MMO, Aguilar CT, Pessôa LM (2011) A new karyotype of *Wiedomys pyrrhorhinos* (Rodentia: Sigmodontinae) from Chapada Diamantina, northeastern Brazil. *Zoologia* 28:92–96

Stapp P (2010) Long-term studies of small mammal communities in arid and semiarid environments. *J Mammal* 91:773–775

Stenseth NC, Mysterud A, Ottersen G, Hurrell JW, Chan KS, Lima M (2002) Ecological effects of climate fluctuations. *Science* 297:1292–1296

Streilein KE (1982a) Ecology of small mammals in the semiarid Brazilian Caatinga. I. Climate and faunal composition. *Ann Carnegie Mus* 51:79–107

Streilein KE (1982b) Ecology of small mammals in the semiarid Brazilian Caatinga. II. Water relations. *Ann Carnegie Mus* 51:109–126

Streilein KE (1982c) Ecology of small mammals in the semiarid Brazilian Caatinga. III. Reproductive biology and population ecology. *Ann Carnegie Mus* 51:251–269

Streilein KE (1982d) Ecology of small mammals in the semiarid Brazilian Caatinga. IV. Habitat selection. *Ann Carnegie Mus* 51:331–343

Streilein KE (1982e) Ecology of small mammals in the semiarid Brazilian Caatinga. V. Agonistic behavior and overview. *Ann Carnegie Mus* 51:345–369

Stroud JT, Bush MR, Ladd MC, Nowicki RJ, Shantz AA, Sweatman J (2015) Is a community still a community? Reviewing definitions of key terms in community ecology. *Ecol Evol* 5:4757–4765

Sunyer P, Muñoz A, Bonal R, Espelta JM (2013) The ecology of seed dispersal by small rodents: a role for predator and conspecific scents. *Funct Ecol* 27:1313–1321

- Taig-Johnston M, Strom MK, Calhoun K, Nowak K, Ebensperger LA, Hayes L (2017) The ecological value of long-term studies of birds and mammals in Central America, South America and Antarctica. *Rev Chil Hist Nat* 90:1–13
- Thibault KM, Ernest SKM, White EP, Brown JH, Goheen JR (2010) Long-term insight into the influence of precipitation on community dynamics in desert rodents. *J Mammal* 91:787–797
- Tófoli CF, Rohe F, Setz EZF (2009) Jaguarundi (*Puma yagouaroundi*) (Geoffroy, 1803) (Carnivora, Felidae) food habits in a mosaic of Atlantic Rainforest and eucalypt plantations of southeastern Brazil. *Brazilian J Biol* 69:871–877
- Torquato JL (2015) Produção e consumo de frutos zoocóricos em dois fragmentos florestais do oeste do Rio Grande do Norte, Brasil. Dissertation, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mosoró. 51 pp
- Vasconcellos MM, Colli GR (2009) Factors affecting the population dynamics of two toads (Anura: Bufonidae) in a seasonal Neotropical savanna. *Copeia* 2:266–276
- Vieira EM, Pizo MA, Izar P (2003) Fruit and seed exploitation by small rodents of the Brazilian Atlantic Forest. *Mammalia* 67:533–539
- Velloso AL, Sampaio EVSB, Pareyn FGC (2002) Ecorregiões Propostas para o Bioma Caatinga. Recife: Associação Plantas do Nordeste. The Nature Conservancy Brasil, Recife. 76 pp
- Veloso HP, Rangel-Filho AL, Lima JCA (1991) Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. 124 pp
- Voigt W, Perner J, Davis AJ, Eggers T, Schumacher J, Bahrmann R, Fabian B, Heinrich W, Kohler G, Lichter D, Marstaller R, Sander FW (2003) Trophic levels are differently sensitive to climate. *Ecology* 84:2444–2453
- Voss RS, Jansa SA (2009) Phylogenetic relationships and classification of Dedelphid Marsupials, an extant radiation of new world metatherian mammals. *Bull Am Mus Nat Hist* 322:1–177
- Walther GR (2010) Community and ecosystem responses to recent climate change. *Philos Trans R Soc B* 365:2019–2024
- White EP, Ernest SKM, Adler PB, Hurlbert AH, Lyons SK (2010) Integrating spatial and temporal approaches to understanding species richness. *Philos Trans R Soc B* 365:3633–3643
- Yang LH, Bastow JL, Spence KO, Wright AN (2008) What can we learn from resource pulses? *Ecology* 89:621–634

Capítulo 1

Densidade de pequenos mamíferos em um ambiente semiárido no nordeste do Brasil

MORLANES V, ROUCO C, CALABUIG C. 2021. **Density of small mammals in a semiarid environment in the northeast of Brazil.** 2021. Tese (Doutorado em Ciência Animal), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN, 2021.

ABSTRACT

Estimating the size of animal populations is essential to understanding the demographics and conservation status of species. The annual variation in precipitation is considered one of the factors that most influences the structure and dynamics in dry environments. Long-term studies in small mammal populations are important to detect the effects of seasonality on the variation in temporal density. A study was carried out from August 2014 to February 2020, where the longitudinal density was evaluated in different periods (wet vs dry) of seven species of small mammals, three marsupials (*Didelphis albiventris*, *Gracilinanus agilis* and *Monodelphis domestica*) and four rodents (*Rattus rattus*, *Wiedomys cerradensis*, *Thrichomys laurentius* and *Galea spixii*) in a seasonally dry tropical forest (SDTF) in northeastern Brazil. To estimate the densities of the populations of small mammals, the spatially explicit capture-mark-recapture (SECR) method was used, where the populations were monitored during 47 capture sessions, in a grid made by 100 capture stations, placed in 5 consecutive nights in an area of 8.25 ha. Live trapping produced the average density estimates ($\pm$ SE) for *G. agilis* of 1.6 ± 0.4 , *T. laurentius* 1.3 ± 0.7 , *R. rattus* 1.1 ± 0.4 , *M. domestica* 0.7 ± 0.1 , *D. albiventris* 0.6 ± 0.4 , and *W. cerradensis* 0.4 ± 0.1 individuals per hectare of habitat (ind / ha). Regarding the correlation with the average precipitation within each period, we did not find any significant correlation with the density of any of the marsupial or rodent species.

Key words: dry forests, capture-mark-recapture, longitudinal study, marsupials, rodents.

MORLANES V, ROUCO C, CALABUIG C. 2021. **Densidade de pequenos mamíferos em um ambiente semiárido no nordeste do Brasil**. 2021. Tese (Doutorado em Ciência Animal), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN, 2021.

RESUMO

Estimar o tamanho das populações animais é essencial para compreender a demografia e o estado de conservação das espécies. A variação anual da precipitação é considerada um dos fatores que mais influenciam a estrutura e dinâmica em ambientes secos. Estudos de longo prazo em populações de pequenos mamíferos são importantes para detectar os efeitos da sazonalidade na variação da densidade temporal. Foi realizado um estudo de agosto de 2014 a fevereiro de 2020, onde a densidade longitudinal foi avaliada em diferentes períodos (úmido vs seco) de sete espécies de pequenos mamíferos, três marsupiais (*Didelphis albiventris*, *Gracilinanus agilis* e *Monodelphis domestica*) e quatro roedores (*Rattus rattus*, *Wiedomys cerradensis*, *Thrichomys laurentius* e *Galea spixii*) em uma floresta tropical sazonalmente seca (SDTF) no nordeste do Brasil. Para estimar as densidades das populações de pequenos mamíferos, foi utilizado o método de captura-marcação-recaptura espacialmente explícita (SECR), onde as populações foram monitoradas durante 47 sessões de captura, em uma grade formada por 100 estações de captura, colocadas em 5 noites consecutivas, em uma área de 8,25 ha. A captura ao vivo produziu as estimativas de densidade média ($\pm$ SE) para *G. agilis* de $1,6 \pm 0,4$, *T. laurentius* $1,3 \pm 0,7$, *R. rattus* $1,1 \pm 0,4$, *M. domestica* $0,7 \pm 0,1$, *D. albiventris* $0,6 \pm 0,4$ e *W. cerradensis* $0,4 \pm 0,1$ indivíduos por hectare de habitat (ind / ha). Em relação à correlação com a precipitação média em cada período, não encontramos correlação significativa com a densidade de nenhuma das espécies de marsupiais ou roedores.

Palavras-chave: bosques secos, captura-marcação-recaptura, estudo longitudinal, marsupiais, roedores.

1 Introdução

Os padrões de densidade são controlados por uma combinação de vários aspectos da ecologia de uma espécie, como composição genética, hábitos alimentares, disponibilidade de alimentos, sistemas de acasalamento e exposição a predadores (Kelt 2011; Andreassen et al. 2013). Além disso, a densidade de uma espécie pode variar de acordo com a organização social, entre diferentes estações climáticas, bem como no espaço e no tempo (Efford et al. 2016; Ferreira et al. 2016). É reconhecido que fatores ambientais, como incêndios, chuvas e eventos climáticos particularmente extremos como “El Niño” podem, em certas ocasiões, exceder a importância dos fatores bióticos, e que eles têm uma forte correlação com a variação sazonal na estrutura e dinâmica de populações animais e com a disponibilidade de recursos (Previtali et al. 2009; Fox 2011; Meserve et al. 2016).

Os pequenos mamíferos estão entre os grupos funcionalmente mais importantes na pesquisa ecológica, em particular por suportar um conjunto de restrições ambientais adversas em zonas áridas e semiáridas. No entanto, ainda não é bem entendido como os fatores abióticos e bióticos interagem para determinar a dinâmica dessas comunidades (Stapp 2010; Avenant 2011; Kelt 2011). Mudanças ambientais adversas podem ser especialmente problemáticas para as populações de pequenos marsupiais e roedores de reprodução sazonal e vida curta. Em ambientes de alta sazonalidade podem enfrentar restrição de recursos alimentares e abrigo em uma determinada estação que pode afetar as taxas de densidade na estação seguinte (Morris et al. 2008; Ferreira et al. 2016; Rocha et al. 2017).

A Caatinga é uma floresta tropical sazonalmente seca (SDTF) que cobre aproximadamente 10% do semiárido brasileiro, que está localizado no interior do nordeste do país (Allen et al. 2017; IBGE 2021). De sua extensão original, cerca de 42,3% já foram alterados pelo homem e 52% sofrem algum tipo de degradação, e incluem alguma das biotas nativas menos protegidas e mais ameaçadas (Antongiovanni et al. 2018; ICMBio 2021). O bioma tem uma sazonalidade marcada, com distribuição de chuva variável, associada a altas temperaturas e é caracterizado por um mosaico de matagal e floresta decídua (Sampaio 1995; Albuquerque et al. 2012). Portanto, é um modelo tropical ideal para estudos longitudinais dos efeitos do clima na densidade das populações animais.

A fauna de mamíferos da Caatinga é composta por 183 espécies, em sua maioria representadas por pequenos mamíferos (75,4%; Carmignotto e Astúa 2017). Embora os estudos com este grupo tenham aumentado consideravelmente nos últimos anos, as

informações sobre sua ecologia e comportamento ainda são escassas (Carmignotto e Astúa 2017). Provavelmente, isso se deve ao fato de ser difícil coletar informações para estimar a densidade de pequenos mamíferos de vida livre, com hábitos crepusculares e / ou noturnos, especialmente em um bioma com condições extremas (Cáceres et al. 2012). Estudos longitudinais dos efeitos da chuva nas interações bióticas (e.g., abundância, densidade, predação, sobrevivência, competição e herbivoria) tem sido desenvolvido em regiões áridas e semiáridas (e.g., Milstead et al. 2007; Previtali et al. 2009; Dickman et al. 2010; Kelt et al. 2013; Acosta-Jamett et al. 2015; Meserve et al. 2016; Polyakov et al. 2021). No entanto, faltam estudos de longo prazo que enfoquem os efeitos do clima sobre as populações de pequenos mamíferos que habitam o semiárido brasileiro, a fim de determinar seu estado de conservação e estabelecer estratégias eficazes para seu manejo.

Este estudo teve como objetivo estimar a densidade populacional de sete espécies de pequenos mamíferos terrestres, três marsupiais (Didelphidae, Didelphimorphia): o gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris*), a cuíca-graciosa (*Gracilinanus agilis*), a cuíca-de-rabo-curto (*Monodelphis domestica*) e quatro roedores (Rodentia): o rato-preto (*Rattus rattus*), o rato-do-mato (*Wiedomys cerradensis*), o punaré-de-São-Lourenço (*Thrichomys laurentius*) e a preá (*Galea spixii*) que habitam um fragmento de floresta tropical sazonalmente seca (SDTF) no nordeste do Brasil (Caatinga). As estimativas de densidade foram avaliadas com base no modelo espacialmente explícito de captura-marcação-recaptura (SECR), onde foi explorado se havia relação entre a variação local na densidade de cada espécie capturada, com a precipitação média por período (úmido e seco) e com eventos climáticos relacionado com El Niño-Oscilação Sul (ENOS). O modelo SECR usa uma proporção do número real de animais em uma determinada área, assumindo que cada animal tem a mesma probabilidade de ser capturado, e fornece informações essenciais sobre a distribuição espacial das espécies e estimativas de densidade mais robusta (Efford 2004; Castañeda et al. 2018; Sabino-Marques et al. 2018).

Fatores ambientais, como as oscilações climáticas (ENOS) alteram os padrões de precipitação locais e, conseqüentemente, a disponibilidade de recursos. Portanto, espera-se que estas variáveis tenham forte efeito nas flutuações nas taxas de densidade das populações estudadas (Meserve et al. 2003; Milstead et al. 2007).

2 Material e métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em um fragmento de 8,25 ha em uma área bem preservada de Caatinga nativa hiperxerófila, dominada por densa vegetação arbustiva-arbórea decídua, por espécies espinhosas, herbáceas e trepadeiras (Maia-Silva et al. 2012; Torquato 2015), localizada no nordeste do Brasil (05°03'43 "S, 37°23'54" W). O clima é semiárido, muito quente e seco, altamente sazonal com duas estações bem definidas, uma seca, com baixa pluviometria e outra úmida, com chuvas intermitentes e torrenciais (Velloso et al. 2002; Alvares et al. 2013). As temperaturas médias mensais apresentam pouca variação, sendo a média anual de 27,6°C, e a do mês mais quente superior a 28,4°C. Os valores de umidade relativa não apresentam elevadas variações interanuais, com média histórica (56 anos) de 67,8% e de precipitação de 689,8 mm / ano (Figura 1) (Silva 2014; EMA 2019).

Durante o estudo ocorreu um evento ENOS, que teve início em 2014. Entre 2015 e 2016, o episódio foi de alta intensidade, ocasionando baixos índices de chuvas e um período seco a extremamente seco na região (343,8 mm). Por outro lado, entre 2017 e 2020 (662,1 a 737,6 mm) ocorreram períodos de chuva normais para a área de estudo (Figura 2).

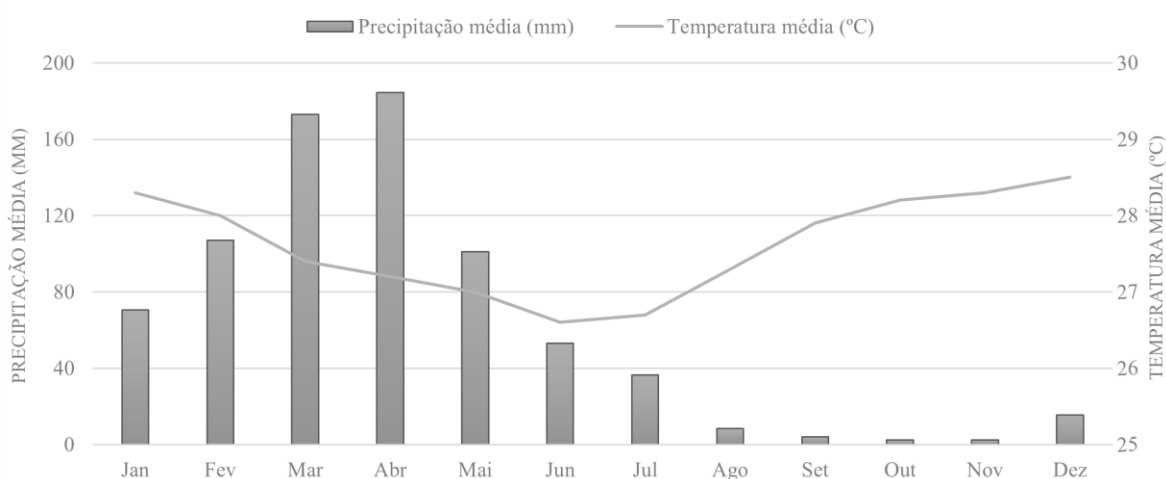


Figura 1. Precipitação e temperatura média mensal registrada de 1964 a 2019 de acordo com os dados da Estação Meteorológica Automática (EMA) da UFERSA, Rio Grande do Norte, Brasil.

2.2 Clima

Os dados climáticos (2014-2020) de precipitação foram obtidos da estação meteorológica de Mossoró, pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) e de intensidade dos eventos climáticos relacionado com El Niño-Oscilação Sul (ENOS) foram obtidos o Centro de Previsão do Clima (CPC 2021) e da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA).

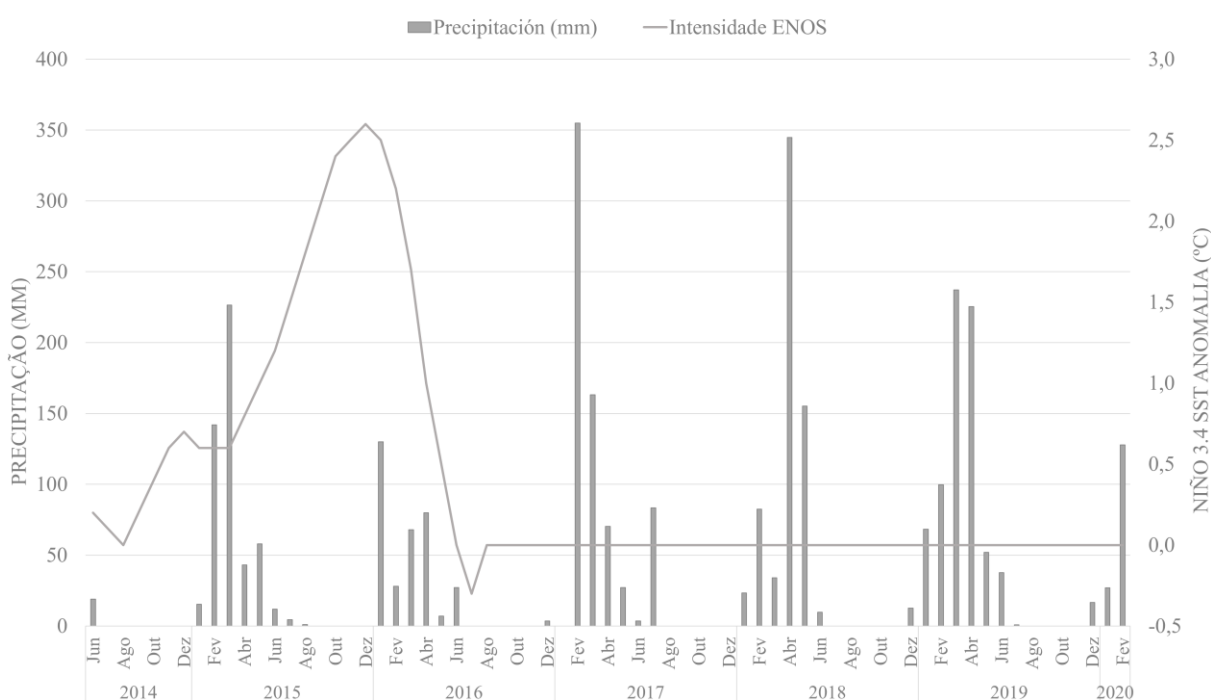


Figura 2. Precipitação e Índice El Niño-Oscilação Sul – ENOS, durante episódios de *El Niño* (> ou = +0,5°C) / *La Niña* (< ou = -0,5°C) registrados durante o período de estudo (2014-2020), de acordo com os dados da Estação Meteorológica de Mossoró – EMPARN, Rio Grande do Norte, Brasil e da Administração Nacional Oceânica – NOAA, respectivamente.

2.3 Desenho amostral

A amostragem de densidade de pequenos mamíferos foi realizada por meio de captura-marcação-recaptura armadilha em vivo, no período de agosto de 2014 a fevereiro de 2020. Foram realizadas 47 sessões de capturas, sendo cada sessão cinco noites consecutivas com intervalos mensais ou bimestrais. Um total de 115 armadilhas vivas, com 59 Sherman (30 x 8 x 9 cm) e 56 Tomahawk (45 x 16 x 16 cm) foram colocadas alternadamente, dispostas em uma grade de 275 x 300 m, com intervalos de 25 m entre cada estação. A forma da parcela foi

adaptada a fisionomia do terreno respeitando a superfície mínima, a disposição do transecto das armadilhas e a distância de 25 m entre armadilhas. Cada ponto de amostragem foi identificado por uma estaca fixa numerada e georreferenciada por GPS (Figura 3). Todas as armadilhas foram mantidas permanentemente no campo e fechadas quando não estavam em uso. Cada armadilha foi iscada todas as tardes com uma mistura de banana, flocos de milho, amendoim e sardinha, e verificada todas as manhãs.

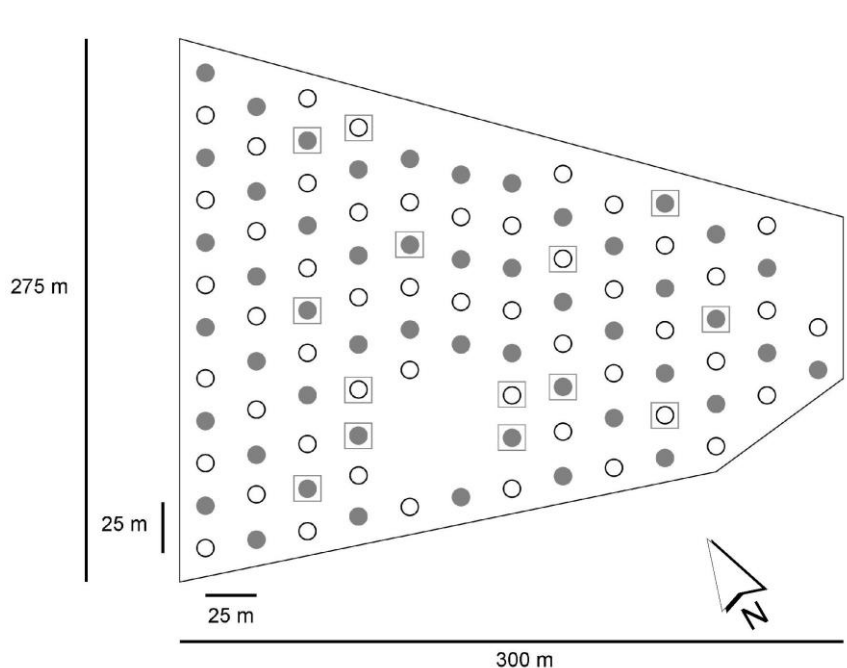


Figura 3. Desenho esquemático da grade de amostragem e disposição das estações de captura, onde foram dispostas as armadilhas dos modelos Sherman solo (círculo cinza), Tomahawk solo (círculo branco), assim como armadilhas do mesmo modelo no solo e árvore (quadrado branco).

2.4 Captura de pequenos mamíferos e descrição de espécies

Os animais capturados foram identificados e marcados com brincos numerados (Log Nature, Brasil; modelo A01, 14,5 x 5,8 mm), após manipulação, todos indivíduos foram liberados no mesmo ponto de captura.

As seguintes espécies de marsupiais e roedores foram capturadas:

O gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris*, Lund 1840, Didelphimorphia: Didelphidae) os indivíduos adultos (Figura 4a) pesam entre 500 e 2700 g (Paglia et al. 2012). É frugívoro - onívoro e escansorial (Paglia et al. 2012). A reprodução é marcadamente sazonal no ambiente semiárido da Caatinga, cujas fêmeas têm apenas uma prole por estação reprodutiva (Streilein 1982a).

A cuíca-graciosa (*Gracilinanus agilis*, Burmeister 1854, Didelphimorphia: Didelphidae) (Figura 4b) é arbóreo e insetívoro-onívoro, com massa corporal variando entre 13 e 45 g (Rossi e Bianconi 2011; Paglia et al. 2012). É semélparo, com fêmeas capazes de se reproduzir apenas uma vez ao ano na área de estudo (V. Morlanes, observação pessoal).

A cuíca-de-rabo-curto (*Monodelphis domestica*, Wagner 1842, Didelphimorphia: Didelphidae) (Figura 4c) é principalmente terrestre, insetívoro-onívoro, com uma massa corporal variando entre 58 e 95 g (Macrini 2004; Paglia et al. 2012). Parece ser iterópica, reproduzindo-se mais de uma vez na vida e o período reprodutivo coincide com a estação chuvosa (Streilein 1982c; Bergallo e Cerqueira 1994).

O rato-preto (*Rattus rattus*, Linnaeus 1758, Rodentia: Muridae) (Figura 4d) é noturno, parcialmente arbóreo, onívoro, com uma massa corporal variando entre 24,4 e 259,8 g (Watts e Aslin 1981; Clark 1982; Himsworth et al. 2014). Foi amplamente introduzida em todo o mundo (Aplin et al. 2003), é principalmente comensal, mas também encontrada em uma variedade de habitats naturais e seminaturais (Kryštufek et al. 2021).

O rato-do-mato (*Wiedomys cerradensis*, Gonçalves, Almeida e Bonvicino 2005, Rodentia: Cricetidae) (Figura 4e) é um roedor arbóreo (Olímpio et al. 2016) e tem massa corporal entre 15 e 65,3 g (V. Morlanes, observação pessoal). É endêmica do Brasil, tendo sido registrada em floresta semidecídua, fechada, e em floresta tropical sazonalmente seca e mata de galeria (Bonvicino 2015; Marinho-Filho 2019).

O punaré-de-São-Lourenço (*Thrichomys Laurentius*, Thomas 1904, Rodentia: Echimyidae) (Figura 4g) possui hábitos terrestres, herbívoro (Paglia et al. 2012) e massa corporal entre 47,2 e 404,9 g na área de estudo (V. Morlanes, observação pessoal). É um roedor endêmico do semiárido brasileiro, ocorre nas biorregiões do norte da Caatinga (Pessôa et al. 2015).

A preá (*Galea spixii*, Wagler 1831, Rodentia: Caviidae) (Figura 4f) é um roedor de hábito terrestre, herbívoro e pesa entre 140 e 560 g (Paglia et al. 2012). Ocorre em áreas abertas, no cerrado e na região semiárida da Caatinga, em habitats primários e perturbados (Dunnum 2015).

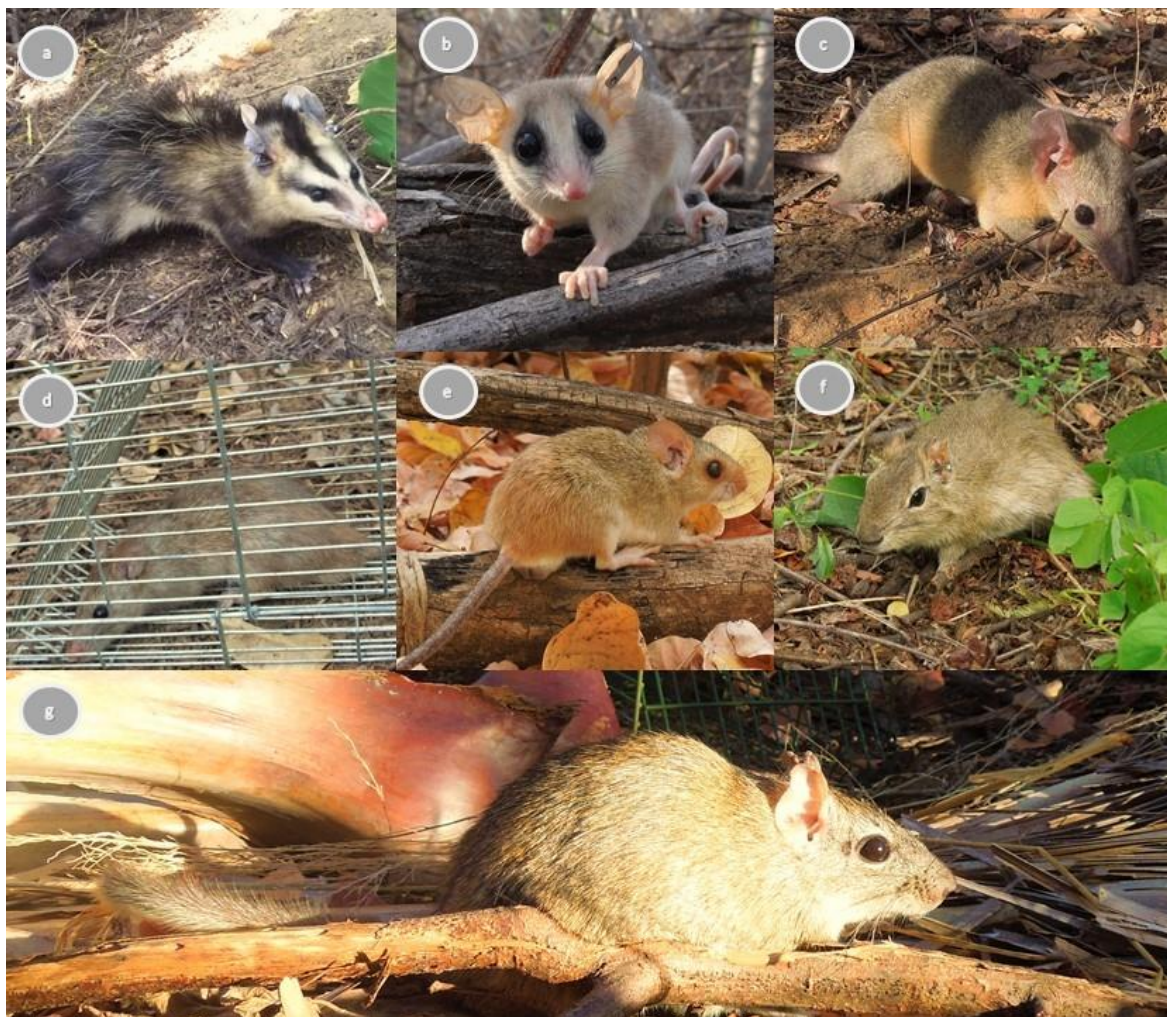


Figura 4. Espécies de pequenos mamíferos terrestres capturadas durante o período de estudo: marsupiais (a) *Didelphis albiventris*, (b) *Gracilinanus agilis*, (c) *Monodelphis domestica*; roedores (d) *Rattus rattus*, (e) *Wiedomys cerradensis*, (f) *Galea spixii* e (g) *Thrichomys laurentius*.

2.5 Análise de dados de captura – recaptura

Estimamos a densidade das sete espécies de mamíferos $\hat{D}$ (indivíduo / ha) em cada sessão de captura com estimativa de captura espacialmente explícita de máxima verossimilhança (ML) - recaptura (SECR) no programa DENSITY 5.0 (Efford 2004, 2010; Borchers e Efford 2008). As populações foram consideradas fechadas durante cada sessão de captura de 5 dias, ou seja, nenhuma reprodução, mortalidade, imigração ou emigração ocorreu durante esses períodos. Modelos de detecção espacial, representando a probabilidade de captura diária como uma função g da distância entre uma armadilha e o centro de uma área de vida individual (Efford 2004), foram ajustados aos dados de captura. A função assumiu a forma de uma distribuição semi-anormal com média de 0m e desvio padrão de σ m. Dois

parâmetros de detecção espacial foram estimados, a saber, g_0 , a probabilidade de captura em uma armadilha localizada no centro da área de vida, e σ . Usamos o estimador ML para o modelo nulo (M_0), que assume que a probabilidade de capturar um animal é constante entre os indivíduos e entre diferentes noites de armadilha (Otis et al. 1978) e porque pode usar modelos 'entre as sessões' de variação nos parâmetros de detecção para estimar a densidade para sessões de captura com poucas capturas. Das 47 sessões de captura, reunimos dados das sessões de captura durante o período úmido (i.e., janeiro a julho) e da sessão de captura realizada durante o período seco (i.e., agosto a dezembro). Os dados agrupados foram analisados como se todas as capturas tivessem ocorrido em uma única matriz de captura; as estimativas de densidade e os erros padrão foram então divididos por sete e cinco para os períodos úmido e seco, respectivamente. Este procedimento gerou 12 "sessões" de captura para análise de SECR.

Finalmente, realizamos um procedimento de correlação de Pearson (pacote “ggpubr”) que foi executado no programa R versão 4.0.5 (R Core Team 2020), onde exploramos se havia uma relação entre a densidade de cada espécie presa no tempo e a precipitação média por período agrupado.

3 Resultados

Dos 626 animais individuais capturados durante o período de estudo, 67% eram espécies de marsupiais (i.e., *D. albiventris* 4,2%, *G. agilis* 40% e *M. domestica* 23,1%, Tabela 1) e 33% eram espécies de roedores (i.e., *R. rattus* 11,2%, *W. cerradensis* 10,8%, *T. laurentius* 10,3% e *G. spixii* 1%, Tabela 2). A espécie com maior densidade média geral ($\pm$ SE) foi *G. agilis* com 1,6 indivíduos / ha ($\pm$ 0,4) seguida por *T. laurentius*, *R. rattus* e *M. domestica* com 1,3 (0,7), 1,1 (0,4) e 0,7 (0,1) indivíduo / ha, respectivamente. Em menor grau encontramos *D. albiventris* e *W. cerradensis* com 0,6 (0,4) e 0,4 (0,1) indivíduo / ha, respectivamente. Não foi possível estimar a densidade de espécies de roedores *G. spixii*, devido aos poucos indivíduos presos em todo o período de estudo ($N = 6$, Tabela 2).

Em relação às espécies de marsupiais, *D. albiventris* foi detectado apenas em quatro dos 12 períodos agrupados, e *G. agilis* apresentou os registros de maior densidade ao longo dos 12 períodos agrupados de estudo, com fotos e quedas, mas com tendência ligeiramente aumentada, da mesma forma com *M. domestica*, mas com valores de densidade gerais mais baixos (Tabela 3, Figura 5). Em relação às espécies de roedores, eles tiveram uma densidade

geral menor do que as espécies de marsupiais, exceto por dois eventos registrados na estação chuvosa de 2016 para *R. rattus* (> 4 indivíduos / ha) e para *T. laurentius* na estação chuvosa de 2020 (> 5 indivíduos / ha) (Tabela 4, Figura 6).

Em relação à correlação com a precipitação média dentro de cada período agrupado, não encontramos nenhuma correlação significativa com a densidade de qualquer uma das espécies de marsupiais ou roedores (Figura 7 e Figura 8). Notamos que *M. domestica* estimativas de maior densidade foram encontradas durante os períodos secos (Figura 6c), enquanto *T. laurentius* ocorreu durante os períodos chuvosos (Figura 8c), no entanto, tais relações não foram significativas.

Os resultados obtidos no presente estudo revelaram flutuações interanuais nas densidades das populações de pequenos mamíferos da Caatinga brasileira, correlacionadas com as chuvas e com episódios de “El Niño”. No geral, os resultados indicam que entre os anos mais secos de 2014 a 2016 (presença de evento “El Niño”) as densidades foram menores que entre os anos mais húmidos de 2017 e 2020 (ausência de evento “El Niño”).

Capítulo 1

Tabela 1. Número de indivíduos, capturas e recapturas de cada uma das três espécies de marsupiais capturados em armadilhas vivas durante os 12 períodos de captura combinada na Caatinga.

Sessão	Clima	<i>Didelphis albiventris</i>			<i>Gracilinanus agilis</i>			<i>Monodelphis domestica</i>		
		Nº Animais	Capturas	Recapturas	Nº Animais	Capturas	Recapturas	Nº Animais	Capturas	Recapturas
1	Seco 2014				22	66	44	9	12	3
2	Húmido 2015				18	60	42	5	19	14
3	Seco 2015				14	29	15	23	48	25
4	Húmido 2016				6	10	4	9	13	4
5	Seco 2016	2	8	6	10	31	21	14	29	15
6	Húmido 2017				16	24	8	6	11	5
7	Seco 2017				29	89	60	14	33	19
8	Húmido 2018				19	46	27	9	22	13
9	Seco 2018				30	54	24	10	17	7
10	Húmido 2019	6	16	10	22	42	20	14	24	10
11	Seco 2019	7	13	6	29	64	35	21	34	13
12	Húmido 2020	11	22	11	34	80	46	10	21	11

Tabela 2. Número de indivíduos, capturas e recapturas de cada uma das quatro espécies de roedores capturados em armadilhas vivas durante os 12 períodos de captura agrupada na Caatinga.

Sessão	Clima	<i>Rattus rattus</i>			<i>Wiedomys cerradensis</i>			<i>Thrichomys laurentius</i>			<i>Galea spixii</i>		
		Nº Animais	Capturas	Recapturas	Nº Animais	Capturas	Recapturas	Nº Animais	Capturas	Recapturas	Nº Animais	Capturas	Recapturas
1	Seco 2014	3	4	1	4	11	7	9	23	14	1	1	0
2	Húmido 2015	1	2	1	7	16	9	11	17	6			
3	Seco 2015	3	12	9	5	12	7						
4	Húmido 2016	4	5	1	3	15	12	4	7	3			
5	Seco 2016				1	5	4	3	5	2			
6	Húmido 2017	3	4	1									
7	Seco 2017				11	56	45	8	11	3			
8	Húmido 2018	5	6	1	10	36	26				1	1	0
9	Seco 2018	11	23	12	12	22	10						
10	Húmido 2019	21	36	15	5	11	6	12	24	12	3	3	0
11	Seco 2019	14	26	12	3	5	2	8	17	9	1	1	0
12	Húmido 2020	5	10	5	6	9	3	9	11	2			

Tabela 3. Estimativas de densidade $\hat{D}$ (por hectare) e parâmetros de uma função de detecção semi-normal $\hat{g}_0$ e $\hat{\sigma}$ para cada uma das três espécies de marsupiais capturadas em armadilhas vivas durante os 12 períodos de captura agrupada na Caatinga. Os erros padrão estimados são apresentados entre parênteses.

Sessão	Clima	<i>Didelphis albiventris</i>			<i>Gracilinanus agilis</i>			<i>Monodelphis domestica</i>		
		$\hat{D}$ (ha ⁻¹)	$\hat{g}_0$	$\hat{\sigma}$ (m)	$\hat{D}$ (ha ⁻¹)	$\hat{g}_0$	$\hat{\sigma}$ (m)	$\hat{D}$ (ha ⁻¹)	$\hat{g}_0$	$\hat{\sigma}$ (m)
1	Seco 2014				1.48 (0.34)	0.011 (0.002)	20.58 (2.21)	0.64 (0.31)	0.009 (0.0075)	28.85 (6.9)
2	Húmido 2015				0.59 (0.14)	0.006 (0.001)	37.77 (3.73)	0.15 (0.07)	0.075 (0.038)	28.64 (3.5)
3	Seco 2015				1.16 (0.37)	0.011 (0.004)	20.5 (3.83)	1.22 (0.28)	0.008 (0.002)	31.13 (3.37)
4	Húmido 2016				0.45 (0.24)	0.014 (0.010)	15.99 (5.15)	0.41 (0.17)	0.015 (0.010)	23.49 (4.87)
5	Seco 2016	0.09 (0.07)	0.05 (0.034)	32.76 (8.63)	0.61 (0.21)	0.024 (0.007)	22.02 (2.86)	0.72 (0.21)	0.005 (0.002)	34.81 (4.65)
6	Húmido 2017				1.18 (0.46)	0.006 (0.003)	26.47 (7.04)	0.22 (0.11)	0.012 (0.008)	33.49 (7.5)
7	Seco 2017				1.87 (0.37)	0.014 (0.002)	20.83 (1.94)	0.65 (0.18)	0.024 (0.008)	29.98 (3.32)
8	Húmido 2018				0.73 (0.18)	0.006 (0.002)	36.95 (5.28)	0.29 (0.11)	0.011 (0.005)	42.43 (6.81)
9	Seco 2018				3.13 (0.68)	0.016 (0.004)	15.32 (1.9)	0.63 (0.24)	0.007 (0.003)	30.26 (6.26)
10	Húmido 2019	0.21 (0.1)	0.011 (0.005)	43.62 (12.61)	1.05 (0.27)	0.004 (0.001)	33.76 (5.79)	0.53 (0.15)	0.021 (0.011)	29.45 (4.22)
11	Seco 2019	0.43 (0.21)	0.009 (0.005)	35.86 (10.17)	1.99 (0.43)	0.0145 (0.003)	26.53 (3.7)	1.43 (0.38)	0.022 (0.007)	19.96 (3.19)
12	Húmido 2020	1.74 (0.65)	0.009 (0.003)	35.26 (9.59)	4.74 (0.91)	0.014 (0.003)	33.33 (3.98)	1.28 (0.43)	0.042 (0.023)	25.08 (3.73)

Tabela 4. Estimativas de densidade $\hat{D}$ (por hectare) e parâmetros de uma função de detecção semi-normal $\hat{g}_0$ e $\hat{\sigma}$ para cada uma das três espécies de roedores capturados em armadilhas vivas durante os 12 períodos de captura agrupados na Caatinga. Os erros padrões estimados são apresentados entre parênteses.

Sessão	Clima	<i>Rattus rattus</i>			<i>Wiedomys cerradensis</i>			<i>Thrichomys laurentius</i>		
		$\hat{D}$ (ha ⁻¹)	$\hat{g}_0$	$\hat{\sigma}$ (m)	$\hat{D}$ (ha ⁻¹)	$\hat{g}_0$	$\hat{\sigma}$ (m)	$\hat{D}$ (ha ⁻¹)	$\hat{g}_0$	$\hat{\sigma}$ (m)
1	Seco 2014	0.64 (0.74)	0.0324 (0.0439)	7.42 (4.21)	0.39 (0.21)	0.03101 (0.01659)	11.11 (2.31)	0.66 (1.22)	0.015 (0.005)	17.05 (2.66)
2	Húmido 2015	0.07 (0.12)	0.05672 (0.07771)	13.61 (10.79)	0.33 (0.15)	0.00838 (0.0038)	26.96 (6.9)	0.75 (2.18)	0.007 (0.003)	21.73 (5.24)
3	Seco 2015	0.22 (0.14)	0.21525 (0.10198)	11.12 (1.82)	0.29 (0.15)	0.02184 (0.01108)	26.37 (6.78)			
4	Húmido 2016	4.34 (4.01)	0.38015 (0.30275)	1.34 (0.38)	0.08 (0.05)	0.00727 (0.00326)	54.89 (15.28)	0.33 (1.61)	0.049 (0.037)	11.58 (4.65)
5	Seco 2016				0.04 (0.05)	0.02453 (0.01884)	54.59 (24.42)	0.31 (0.25)	0.02745 (0.026)	17.66 (7.67)
6	Húmido 2017	0.19 (0.24)	0.00184 (0.00266)	69.48 (128.47)						
7	Seco 2017				0.49 (0.15)	0.02033 (0.00448)	31.06 (3.18)	1.21 (0.65)	0.024 (0.018)	9.37 (3.15)
8	Húmido 2018	0.77 (0.88)	0.03566 (0.04421)	9.42 (6.16)	0.33 (0.11)	0.00754 (0.00213)	40.68 (8.49)			
9	Seco 2018	0.91 (0.31)	0.0219 (0.00847)	16.89 (2.7)	1.15 (0.41)	0.01243 (0.00529)	18.55 (3.73)			
10	Húmido 2019	1.44 (0.41)	0.00776 (0.00278)	21.93 (3.85)	0.19 (0.09)	0.00817 (0.00481)	38.29 (10.96)	0.61 (0.21)	0.006 (0.002)	29.56 (6.48)
11	Seco 2019	1.23 (0.41)	0.01436 (0.00571)	21.57 (4.5)	0.41 (0.31)	0.22952 (0.21298)	5.96 (1.92)	0.47 (0.19)	0.016 (0.007)	29.21 (6.26)
12	Húmido 2020	1.17 (0.61)	0.02656 (0.01774)	15.86 (3.94)	1.09 (0.71)	0.00245 (0.00299)	61.3 (79.87)	5.93 (4.45)	0.011 (0.011)	11.57 (4.71)

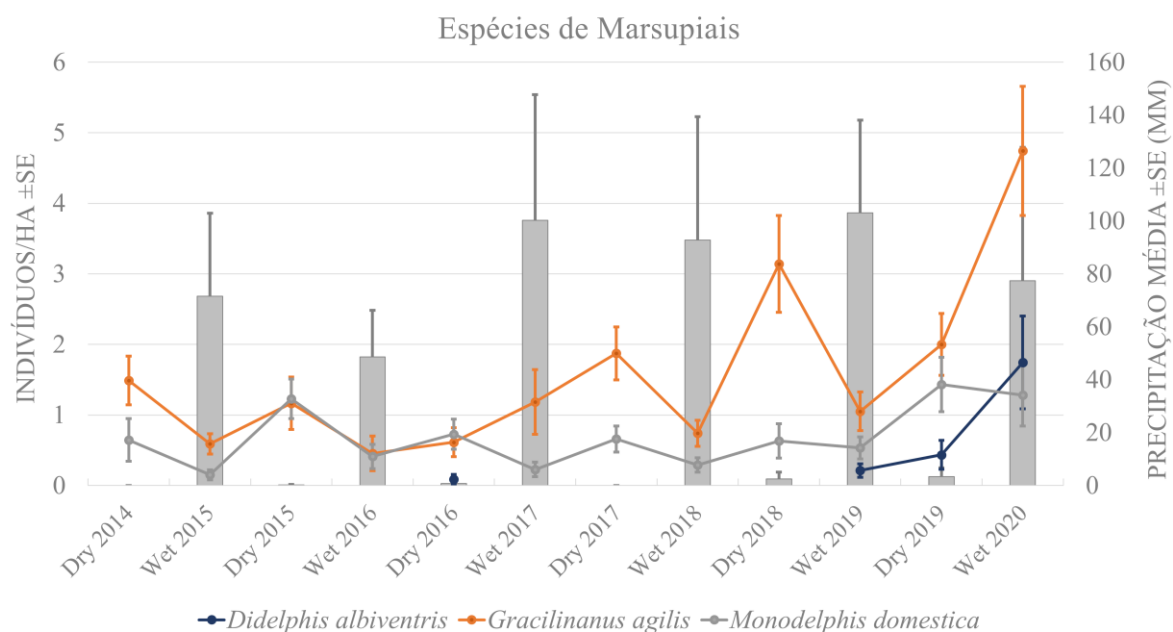


Figura 5. Estimativas de densidade $\hat{D}$ (por hectare) $\pm$ erro padrão (SE) para cada uma das três espécies de marsupiais (i.e., *Didelphis albiventris*, *Gracilinanus agilis*, *Monodelphis domestica*) capturados em armadilhas vivas durante os 12 períodos de captura agrupados na Caatinga. As barras indicam a precipitação média (mm $\pm$ SE) por período.

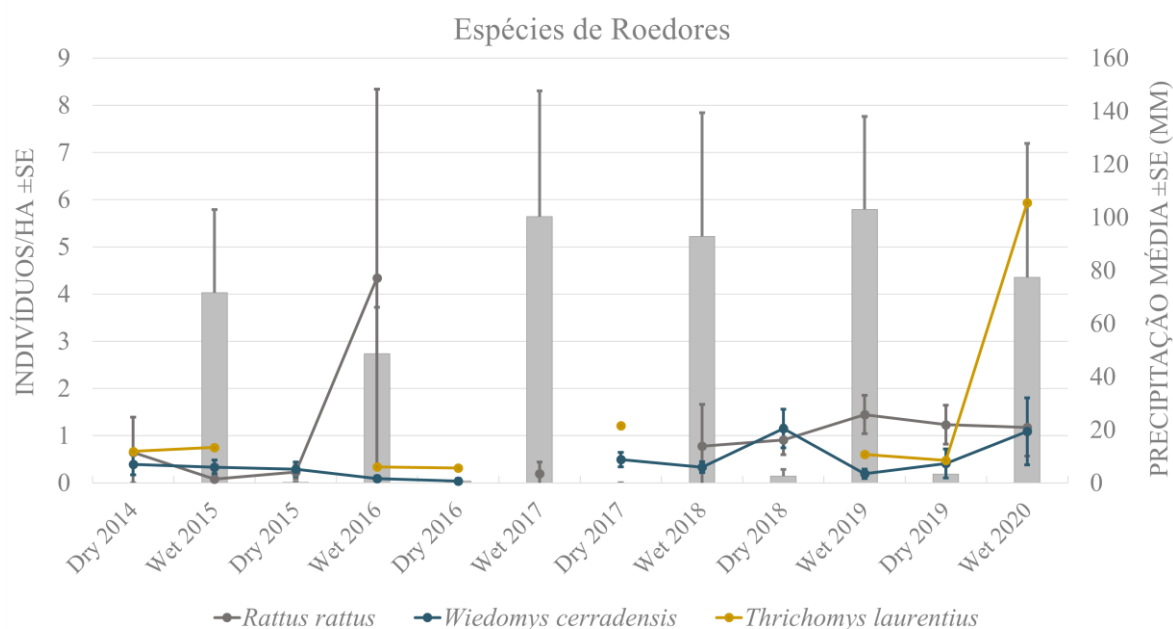


Figura 6. Estimativas de densidade $\hat{D}$ (por hectare) $\pm$ erro padrão (SE) para cada uma das três espécies de roedores (i.e., *Rattus rattus*, *Wiedomys cerradensis*, *Thrichomys laurentius*) capturados em armadilhas vivas durante os 12 períodos de captura agrupados na Caatinga. As barras indicam a precipitação média (mm $\pm$ SE) por período. Observe que *Galea spixii* não foi considerada devido a poucos animais estarem capturados.

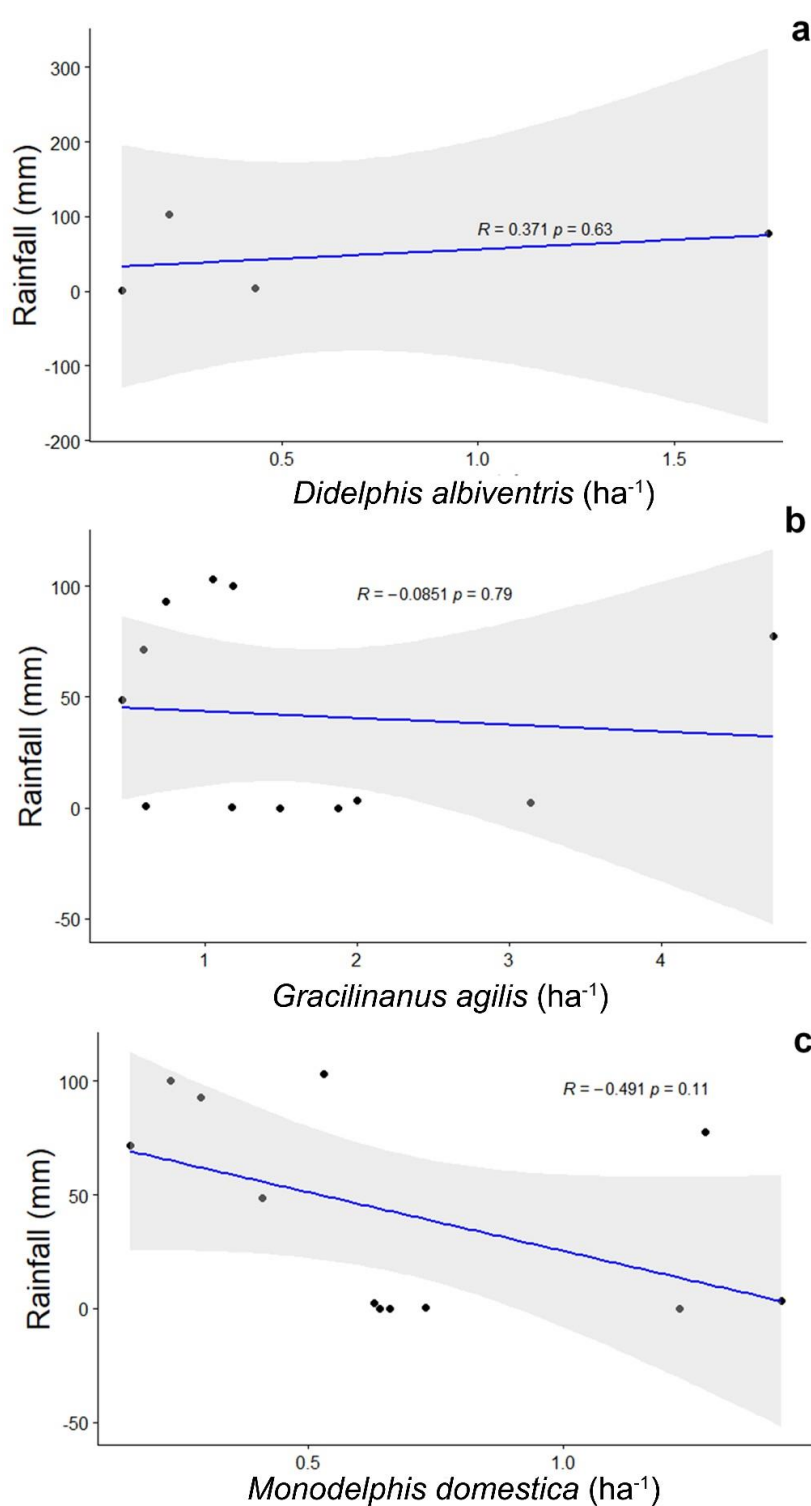


Figura 7. Correlação de Pearson entre precipitação média (mm) e estimativas de densidade de *Didelphis albiventris* (a), *Gracilinanus agilis* (b) e *Monodelphis domestica* (c) ao longo dos 12 períodos de captura agrupada na Caatinga. As áreas sombreadas indicam 95% de confiança de intervalo e observe que os valores de R e p -valor são indicados.

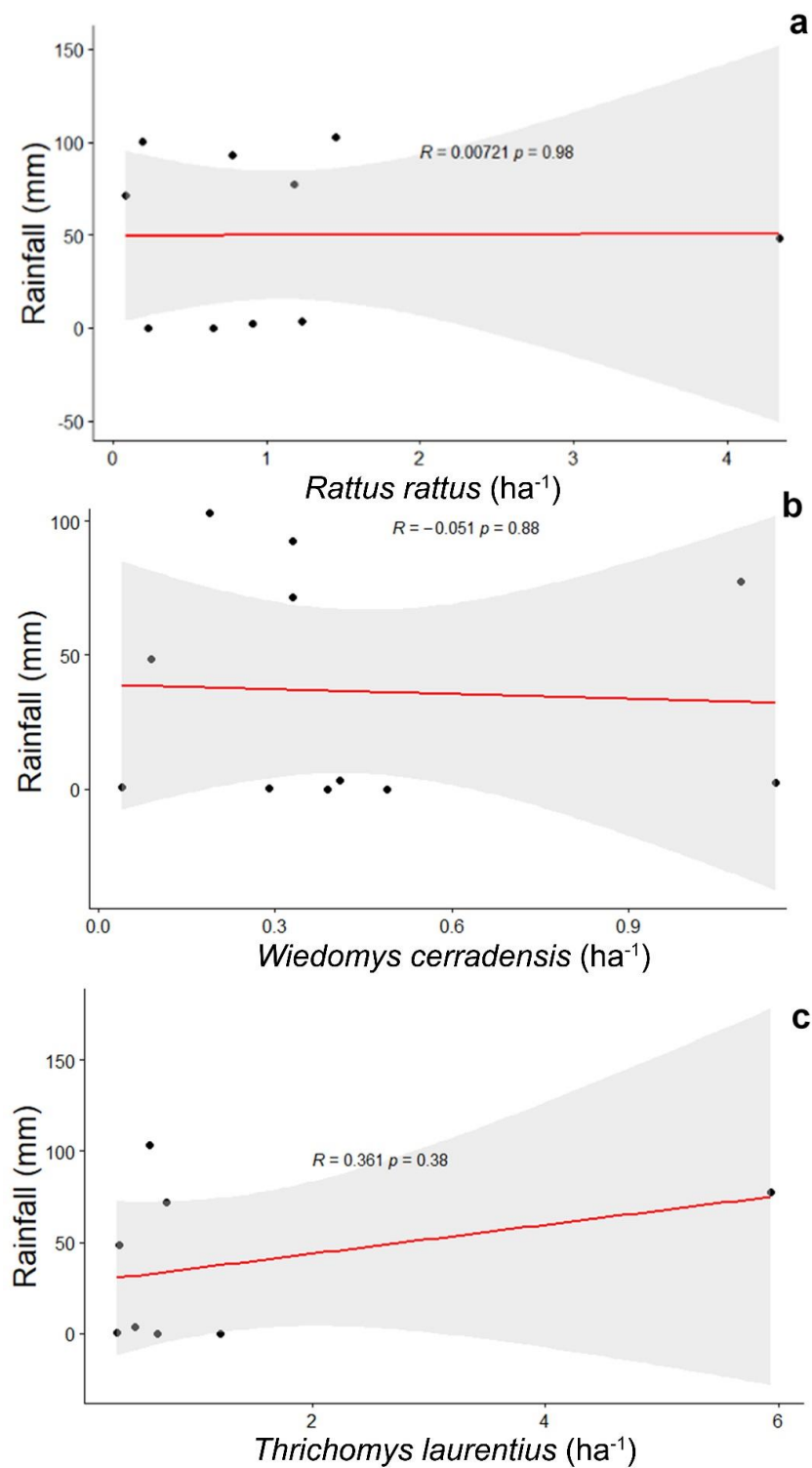


Figura 8. Correlação de Pearson entre precipitação média (mm) e estimativas de densidade de *Rattus rattus* (a), *Wiedomys cerradensis* (b) e *Thrichomys laurentius* (c) ao longo dos 12 períodos de captura agrupada na Caatinga. As áreas sombreadas indicam 95% de confiança de intervalo e observe que os valores de R AND p -valor são indicados.

4 Discussão

O presente estudo teve início durante o período seco de 2014 (agosto-dezembro), período ao qual, iniciou um evento de baixa intensidade de “El Niño”. Este evento amplificou-se gradativamente até atingir uma intensidade muito forte no período seco de 2015, e que durou até meados do período chuvoso (janeiro-junho) de 2016 (NOAA 2021). O episódio afetou os níveis de precipitação no período chuvoso, causando um ano seco em 2015 (502,10 mm) e um ano muito seco em 2016 (343,8 mm 95%). Marengo et al. (2017), relataram o ano de 2016, como um período de forte seca no Nordeste do semiárido brasileiro, com poucas chuvas no período úmido. Entre os anos de 2017 e 2020 os níveis de precipitação para os períodos úmidos foram normais para a área de estudo (662,1 mm e 737,6 mm, respectivamente).

Em geral, encontramos uma tendência positiva da precipitação sobre a densidade das populações de pequenos mamíferos estudadas, como visto em outros estudos (Polyakov et al. 2021), embora as relações não tenham sido significativas.

Apesar de que, pequenos didelfídeos e roedores tenham tendências populacionais semelhantes, nossos resultados revelaram diferenças intra e interanuais em suas densidades. As populações de *G. agilis* e *M. domestica* mantiveram-se estáveis ao longo do período de estudo, e apresentaram tendência positiva de densidade no período seco (Figura 1), o que sugere que essas oscilações foram em grande parte impulsionadas pela chuva do período anterior (Ernest et al. 2000; Nowak 2018). Entretanto, a presença de *D. albiventris* foi vestigial nos primeiros anos do estudo, o que sugere que as condições de seca deste período não proporcionavam os recursos necessários à manutenção da espécie na área. Segundo Streilein (1982d), durante a temporada de escassez de recursos, *D. albiventris* se desloca em busca de alimento e acaba não estando presente em um local pontual, deste modo, ocupa uma maior área de distribuição. O que poderia explicar a presença da espécie em nossa área de estudo, entre os anos de 2017 e 2020, quando as chuvas foram normais, e a densidade populacional foi beneficiada positivamente pelas chuvas (Figura 1). Apesar de que, em ambientes sazonais como a Caatinga, os níveis normais de precipitação para o período úmido mantem a disponibilidade de recursos ambientais (Polyakov et al. 2021), Streilein (1982b, d) observou uma relação entre a redução do uso da área e o período reprodutivo pelos marsupiais em outra área de Caatinga. Este padrão sazonal de reprodução, no início do período úmido em marsupiais neotropicais em ambiente semiárido (Streilein 1982c; Bergallo e Cerqueira 1994;

Macrini 2004), também foi observado no presente estudo para as populações de marsupiais estudadas.

Embora se encontrem entre as espécies de marsupiais mais estudadas, ainda não foram realizados estudos que avaliam as densidades das populações de *D. albiventris* e *M. domestica*. No entanto, há vários estudos onde mediram suas áreas de vida. Encontraram densidades para *M. domestica*, no Cerrado do Paraguai de 0,0 a 5,0 indivíduos / ha (Owen 2013), na zona de transição entre Mata Atlântica com o Cerrado de 0,0 a 4,2 indivíduos / ha (Owen et al. 2018) e na Caatinga de 0,0 a 4,0 indivíduos / ha (Streilein 1982a). Independentemente do tipo de habitat, não foram encontradas diferenças no número de indivíduos / ha nas populações avaliadas. Estudos onde calcularam a área de vida de *D. albiventris*, encontraram densidade estimada de 2.33 (± 2.32) indivíduos / ha na Mata Atlântica (Sanches et al. 2012), densidades encontradas no Cerrado variaram entre de 2-6 indivíduos / ha (Mares e Ernest 1995), e as densidade encontradas em outro estudo realizado no Cerrado foi de 10.08 indivíduos / ha, com um rango entre 5,24-17,31 indivíduos / ha (Santos 2020). As diferenças encontradas nas densidades de *D. albiventris*, poderiam dever-se a uma limitação de recursos em comparação com outros habitats, ou pelas diferenças de tamanho de grade utilizada na amostragem, que pode influenciar na eficiência de captura e, portanto, talvez tenha subestimado as densidades (Martins 2004). Por exemplo, nos estudos realizados no Cerrado (savana brasileira), usaram tamanhos de grades de amostragem menores (4 ha) (e.g., área natural; Mares e Ernest 1995) e maiores (grade de 34 ha) (e.g., área urbana; dos Santos 2020) do que a que usamos em nossa área. Em particular, a densidade para *D. albiventris* foi substancialmente mais elevada em uma área de pior qualidade e maior tamanho (dos Santos 2020). Possivelmente, deve-se ao fato de que é uma espécie que requer uma maior área de distribuição e que se adapta bem em ambientes adversos.

Em geral, nossos resultados mostraram densidades mais altas do que aquelas encontradas em outros estudos para *G. Agilis*. As estimativas encontradas para a espécie em populações de Cerrado foram de 0,20 ($\pm 0,02$) indivíduos / ha (> período úmido) (Ribeiro 2011); de 0,69 ($\pm 0,62$) indivíduos / ha (período úmido) e 0,19 ($\pm 0,11$) indivíduos / ha (período seco) (Shibuya et al. 2017). Ambos os estudos encontraram densidades maiores no período chuvoso, ao contrário das obtidas em nosso estudo.

Por outro lado, as densidades de roedores obtidas foram, em geral, menores que as dos marsupiais em nossa área de estudo. No entanto, nossos resultados mostram que as populações de roedores responderam positivamente às chuvas, embora as flutuações de

densidade das diferentes espécies não tenham sido sincronizadas durante as sessões, como ocorreu em marsupiais. As diferenças nas respostas aos eventos de chuva podem ser devido à dinâmica específica da espécie (Previtali et al. 2009).

A população de *R. rattus* apresentou baixas densidades, coincidindo com a estação que apresentou os menores níveis de precipitação (2014 a 2015). Possivelmente após enfrentar um período de seca com baixas densidades, com chuvas pontuais no período úmido de 2016, a população respondeu rapidamente aos pulsos de chuva, o que explicaria o pico de densidade apresentado neste período. Além disso, as densidades de *R. rattus* foram maiores e mais estáveis entre 2018 e 2020 (ausência de “El Niño”), o que sugere que as chuvas tenham um efeito positivo na população. Em outro estudo, as populações de *R. rattus* atingiram densidades menores em uma paisagem semiárida da Índia, sem diferença entre os períodos sazonais 071 ($\pm 0,23$) indivíduos / ha; (Gupta et al. 2013).

Por outro lado, a população de *T. laurentius* foi a que se manteve menos estável durante o estudo. No entanto, o pico de densidade apresentado no período chuvoso de 2020 sugere que pode ser uma resposta positiva da população às chuvas dos períodos anteriores. De acordo com Ostfeld e Keesing (2000), a duração dos atrasos dos roedores em resposta ao aumento da disponibilidade de recursos varia de algumas semanas a um ano, dependendo das características do ciclo de vida da espécie. *T. laurentius* apresenta gestação relativamente longa (~ 100 dias) e maturidade sexual tardia (7 a 9 meses), portanto, apresenta respostas mais lentas e tardias aos recursos e variações ambientais. (Teixeira et al. 2005). No entanto, as informações sobre a espécie ainda são insuficientes (Roach 2016). As estimativas de densidade para *T. laurentius* em outro estudo realizado na Caatinga, foram substancialmente maiores que em nosso estudo, entre 2,88 ($\pm 0,71$) indivíduos / ha (período seco) e 16,15 ($\pm 3,41$) indivíduos / ha (período úmido) em uma área de aproximadamente 6 ha, na qual usaram modelos semelhantes ao presente estudo para calcular suas densidades (Barreto 2016). No entanto, eles encontraram uma relação inversa com a precipitação, onde as densidades foram maiores durante o período de seca na Caatinga.

A população de *W. cerradensis* apresentou baixas densidades em todas as sessões, porém, os níveis normais de precipitação entre 2017 e 2020 (ausência de “El Niño”), tiveram efeito positivo na densidade, mantiveram taxas estáveis e em geral mais elevadas. A espécie foi descrita recentemente e ainda existem poucas informações sobre sua distribuição, estado e requisitos ecológicos (Marinho-Filho 2019). A densidade para seu congênere *Wiedomys pyrrhorhinos* (Wied, 1821), foi de 0,81 ($\pm 0,27$) indivíduos / ha no período seco e de 1,92

($\pm 0,33$) no período chuvoso, em uma área de ~ 6 ha em uma floresta de Caatinga (Barreto 2016). Nossos resultados indicam que *W. cerradensis* apresenta em nossa área de estudo, menor densidade média em ambos os períodos, em relação ao seu congênere. De acordo com Mares et al. (1981) e Streilein (1982a), *W. pyrrhorhinos* é uma espécie de roedor que apresenta notáveis flutuações populacionais e é geralmente considerada rara.

As densidades observadas em nossa área de estudo foram mais baixas para *T. laurentius* e *W. cerradensis* quando comparadas com estudo realizado em outra região da Caatinga, possivelmente, seja devido as respostas das populações frente as características específicas locais. Menores níveis de precipitação e, consequentemente, da produtividade primária, são fatores ambientais que pode influenciar a manutenção de diferentes espécies de roedores. A baixa produtividade pode limitar a alimentação e o abrigo, o que, por sua vez, pode manter as densidades populacionais em níveis mais baixos (Milstead et al 2007). O efeito de cima para baixo poderia ser o principal fator em ambientes secos, que afetam adversamente a densidade de pequenos marsupiais e roedores.

5 Conclusão

Espécies como *G. agilis*, *M. domestica*, *R. rattus* e *W. cerradensis* mantiveram populações praticamente em todos os períodos, enquanto espécies mais exigentes como *D. albiventris* estiveram presentes após chuvas consideradas normais para a área de estudo. *D. albiventris* parece explorar a área quando as condições de refúgio são mais favoráveis. As chuvas podem desempenhar um papel importante na persistência de espécies menos comuns, como *T. laurentius*. Apesar da distribuição desigual, os níveis pluviométricos contribuíram para a manutenção da biodiversidade regional (Milstead et al 2007).

Trabalhos como o presente são necessários para obter uma estimativa da densidade da comunidade de pequenos mamíferos em áreas onde nunca havia sido estudada, e destaca a importância do monitoramento dessas populações devido à variabilidade de longo prazo que essas comunidades animais apresentam, para assim poder desenvolver recomendações de conservação e gestão de ecossistemas alterados.

6 Agradecimentos

Agradecemos A. Holanda, M. Jucá, P. Araújo, Z. Sousa, A. Peres, B. Andrade, C. Sombra, K. Menezes, N. Paiva, R. Martins e T. Lima pela ajuda com o trabalho de campo. Agradecemos também a bolsa de doutorado concedida pelo Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (PPGCA) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) à V. Morlanes, financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - bolsista de pesquisa no Brasil.

7 Referências

- Acosta-Jamett G, Gutiérrez JR, Kelt DA, Meserve PL, Previtali MA (2015) El Niño Southern Oscillation drives conflict between wild carnivores and livestock farmers in a semiarid area in Chile. *J Arid Environ* 126:76–80
- Albuquerque UP, Araújo EL, El-Deir ACA, Lima ALA, Souto A, Bezerra BM, Ferraz EMN, Freire EMX, Sampaio EVSB, Las-Casas FMG, Moura GJB, Pereira GA, Melo JG. Ramos MA, Rodal MJN, Schiel N, Lyra-Neves RM, Alves R.R.N, Azevedo-Júnior S.M, Júnior WRT, Severi W (2012) Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. *The Scient World J* 205182:18. <https://doi.org/10.1100/2012/205182>
- Allen K, Dupuy JM, Gei MG, Hulshof C, Medvigy D, Pizano C, Salgado-Negret B, Smith CM, Trierweiler A, Van Bloem SJ (2017) Will seasonally dry tropical forests be sensitive or resistant to future changes in rainfall regimes? *Environ Res Lett* 12:023001
- Alvares CA, Stape JK, Sentelhas PC, Moraes G, Leonardo J, Sparovek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Z* 22:711–728
- Andreassen HP, Glorvigen P, Rémy A, Ims RA (2013) New views on how population-intrinsic and community-extrinsic processes interact during the vole population cycles. *Oikos* 122:507–515
- Antongiovanni M, Venticinque EM, Fonseca CR (2018) Fragmentation patterns of the Caatinga drylands. *Landscape Ecol* 33:1353–1367
- Aplin KP, Chessier T, Have J (2003) Evolutionary biology of the genus *Rattus*: Profile of an archetypal rodent pest. In: Singleton GR, Hinds LA, Krebs CJ, Spratt DM (eds) *Rats, mice and people: Rodent biology and management*. ACIAR, Canberra 96:487–498
- Avenant N (2011) The potential utility of rodents and other small mammals as indicators of ecosystem 'integrity' of South African grasslands. *Wildlife Res* 38:626–639
- Barreto RMF (2016) Modelando densidade e recrutamento de duas espécies de roedores da Caatinga durante maior evento de seca dos últimos 40 anos. Thesis, Universidade do estado do Rio de Janeiro. 169 pp

- Bergallo HG, Cerqueira R (1994) Reproduction and growth of the opossum *Monodelphis domestica* (Mammalia: Didelphidae) in northeastern Brazil. *J Zool* 232:551–563
- Bocchiglieri A, Mendonça AG, Henriques RPB (2010) Composição e diversidade de mamíferos de médio e grande porte no Cerrado do Brasil central. *Biota Neotrop* 10:169–176
- Bonvicino CR (2015) Tribe Wiedomyini Reig, 1980. In: Paton JL, Pardiñas UFJ, D’Elía G (eds) *Mammals of South America, Volume 2 Rodents*. The University of Chicago Press, Chicago, pp 682–684
- Borchers DL, Efford MG (2008) Spatially explicit maximum likelihood methods for capture–recapture studies. *Biometrics* 64:377–385
- Berentsen AR, Torres-Toledo FB, Rivera-Rodriguez MJ, Davis A, Gilbert AT (2018) Population density and home range estimates of black rat (*Rattus rattus*) populations in southwestern Puerto Rico. *Proc Vertebr Pest Conf* 28:299–303.
- Cáceres NC, Graipel ME, Cherem JJ (2012) Amostragem de marsupiais. In: Cáceres NC (ed) *Os Marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e conservação* 2. ed. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, pp 113–127.
- Carmignotto AP, Astúa D (2017) Mammals of the Caatinga: Diversity, Ecology, Biogeography and Conservation. In: Silva JMC, Leal IR, Tabarelli M (eds) *Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*. Springer, pp 211–254
- Carmignotto AP, Solari S, de la Sancha N, Costa L (2015) *Gracilinanus agilis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T9417A22169828. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T9417A22169828.en>. Accessed 23 July 2021
- Castañeda I, Pisanu B, Díaz M, Rézouki C, Baudry E, Chapuis JL, Bonnaud E (2018) Minimising trapping effort without affecting population density estimations for small mammals. *Mamm Biol* 93(1):144–152
- Clark DA (1982) Foraging Behavior of a Vertebrate Omnivore (*Rattus rattus*): meal structure, sampling, and diet breadth. *Ecology* 63:763–772
- CPC – Climate Prediction Center (2021). El Niño / Southern Oscillation (ENSO): Cold & Warm Episodes by Season. https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Accessed 4 March 2021.
- Cruz AO, Mendonça AF, Bocchiglieri A (2017) Use of space by small mammals in a semiarid area in northeastern Brazil. *Anim Biol* 67:105–117
- Dickman CR, Greenville AC, Beh CL, Tamayo B, Wardle GM (2010) Social organization and movements of desert rodents during population “booms” and “busts” in central Australia. *J Mammal* 91:798–810

dos Santos TMR (2020) Sexual and density dependent behavior in two neotropical small mammals. Thesis, Instituto de Biociências Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 68 pp

Dunnum J (2015) Family Caviidae G. Fischer, 1817. In: Patton JL, Pardiñas UFJ, D'Elia G (eds) Mammals of South America. The University of Chicago Press, Chicago and London, pp 690–716

Efford MG (2004) Density estimation in live-trapping studies. *Oikos* 106:598–610. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.13043.x>

Efford MG (2010) DENSITY 4.4: Software for spatially explicit capture recapture. Department of Zoology, University of Otago, Dunedin, New Zealand. <http://www.otago.ac.nz/density>. Accessed 05 July 2021

Efford MG, Dawson DK, Jhala YV, Qureshi Q (2016) Density-dependent home-range size revealed by spatially explicit capture–recapture. *Ecography* 39:676–688

EMA-UFERSA – Estação Meteorológica Automática da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2019) Dados meteorológicos históricos de Mossoró do período de 1964 a 2019. <http://siemu.ufersa.edu.br/dashboard>. Accessed 28 October de 2020.

EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (2020) Monitoramento Pluviométrico. <http://meteorologia.emparn.rn.gov.br:8181/index.php>. Accessed 28 August 2020

Ernest SKM, Brown JH, Parmenter RR (2000) Rodents, plants, and precipitation: spatial and temporal dynamics of consumer and resources. *Oikos* 88:470–482

Fox BJ (2011) Review of small mammal trophic structure in drylands: resource availability, use, and disturbance. *J Mammal* 92:1179–1192

Gentile R, Teixeira BR, Bergallo HG (2012) Dinâmica populacional de marsupiais brasileiros. In: Cáceres NC (ed) Os marsupiais do Brasil: Biologia, ecologia e conservação. 2ª. ed. Editora Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, pp 311–326

Gutierrez JR, Meserve PL, Kelt DA, Engilis Jr. A, Previtali MA, Milstead WB, Jaksic FM, (2010) Long-term research in Bosque Fray Jorge National Park: Twenty years studying the role of biotic and abiotic factors in a Chilean semiarid scrubland. *Rev Chil de Hist Nat* 83:69–98

Himsworth CG, Jardine CM, Parsons KL, Feng AYT, Patrick DM (2014) The characteristics of wild rat (*Rattus* spp.) populations from an inner-city neighborhood with a focus on factors critical to the understanding of rat-associated zoonoses. *PLoS One* 9:e91654

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021) Brasil em síntese: Território. <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html>. Accessed 24 August 2021

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2021) Mosaicos e corredores ecológicos: Caatinga.

<https://www.icmbio.gov.br/portal/mosaicosecorredoresecologicos/49-menu-o-que-fazemos/4260-caatinga>. Accessed 21 September 2021

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2012) Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change. In: Field CB, Barros V, Stocker TF, Dahe Q (eds) Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA. 582 pp

Jaksic FM, Lima M (2003) Myths and facts on ratadas: Bamboo blooms, rainfall peaks and rodent outbreaks in South America. *Austral Ecol* 28:237–251

Kelt DA (2011) Comparative ecology of desert small mammals: a selective review of the past 30 years. *J Mammal* 92:1158–1178

Kelt DA, Meserve PL, Gutiérrez JR, Milstead WB, Previtali MA (2013) Long-term monitoring of mammals in the face of biotic and abiotic influences at a semiarid site in north-central Chile: Ecological Archives E094-084. *Ecology* 94:977–977.

Kryštufek B, Palomo L, Hutterer R, Mitsainas G, Yigit N (2021) *Rattus rattus* (amended version of 2016 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T19360A192565917. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T19360A192565917.en>. Accessed 24 July 2021

Letnic M, Dickman CR (2006) Boom means bust: interactions between the El Niño/Southern Oscillation (ENSO), rainfall and the processes threatening mammal species in arid Australia. *Biodiversity Conserv* 15:3847–3880

Lima M, Stenseth NC, Leirs H, Jaksic FM (2003) Population dynamics of small mammals in semi-arid regions: a comparative study of demographic variability in two rodent species. *Proc R Soc Lond, B* 270:1997–2007

Long RA, Wambua A, Goheen JR, Palmer TM, Pringle RM (2017) Climatic variation modulates the indirect effects of large herbivores on small-mammal habitat use. *Journal of Anim Ecol* 86:739–748

Macrini TE (2004) *Monodelphis domestica*. *Mamm Species* 760:1–8

Maia-Silva C, Silva CI, Hrncir M, Queiroz RT, Imperatriz-Fonseca VL (2012) Guia de plantas: visitadas por abelhas na Caatinga. Fundação Brasil Cidadão, Fortaleza, pp 1–99

Marengo JA, Alves LM, Alvala RC, Cunha AP, Brito S, Moraes OL (2018) Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *An Acad Bras Ciênc* 90:1973–1985

Mares MA, Ernest KA (1995) Population and community ecology of small mammals in a gallery forest of central Brazil. *J Mammal* 76:750–768

Mares MA, Willig MR, Streilein KE, Lacher TE (1981) The mammals of northeastern Brazil: a preliminary assessment. *Ann Carnegie Mus* 50:81–137

Marinho-Filho J (2019) *Wiedomys cerradensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019:e.T136745A22340098. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T136745A22340098.en>. Accessed 24 July 2021

Meserve PL, Kelt DA, Gutiérrez JR, Previtali MA, Milstead WB (2016) Biotic interactions and community dynamics in the semiarid thorn scrub of Bosque fray Jorge National Park, north-central Chile: a paradigm revisited. *J Arid Environ* 126:81–88

Meserve PL, Kelt DA, Milstead WB, Gutiérrez JR (2003) Thirteen Years of Shifting Top-Down and Bottom-Up Control. *BioScience* 53:633–646

Milstead WB, Meserve PL, Campanella A, Previtali MA, Kelt DA, Gutiérrez JR (2007) Spatial ecology of small mammals in north-central Chile: role of precipitation and refuges. *J Mammalogy* 88:1532–1538

Morris WF, Pfister CA, Tuljapurkar S, Haridas CV, Boggs CL, Boyce MS, Bruna EM, Church DR, Coulson T, Doak DF, Forsyth S, Gaillard JM, Horvitz CC, Kalisz S, Kendall BE, Knight TM, Lee CT, Menges ES (2008) Longevity can buffer plant and animal populations against changing climatic variability. *Ecology* 89:19–25

NOAA – National Centers for Environmental Information (2021) Climate Monitoring ENSO: Southern Oscillation Index (SOI). <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi/>. Accessed 21 May 2021

Nowak RM (2018) Walker's mammals of the world: monotremes, marsupials, afrotherians, xenarthrans, and sundatherians. Johns Hopkins University Press, pp 41–292

Olímpio A, Costa J, do Nascimento D, Campos B, da Costa-Fraga E, Barros M (2016) *Wiedomys cerradensis* (Gonçalves, Almeida, Bonvicino, 2003) (Rodentia, Cricetidae): first record from the state of Maranhão, Brazil. *Mammalia: International Journal of The Systematics. Biol Ecol Mammals* 80:97–101

Otis DL, Burnham KP, White GC, Anderson DR (1978) Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildl Monogr* 62:3–135

Owen RD (2013) Ecology of small terrestrial mammals in an isolated Cerrado patch, eastern Paraguay: communities, species, and effects of ENSO, precipitation, and fire. *Mastozool Neotrop* 20:97–112

Owen RD, Sánchez H, Rodríguez L, Jonsson CB (2018) Composition and characteristics of a diverse didelphid community (Mammalia: Didelphimorphia) in sub-tropical South America. *Occasional Papers, Texas Tech University. Museum*. 358 pp

Paglia AP, Fonseca GAB, Rylands AB, Herrmann G, Aguiar LMS, Chiarello AG, Leite YLR, Costa LP, Siciliano S, Kierulff MCM, Mendes SL, Tavares VC, Mittermeier RA, Patton JL (2012) Lista anotada dos mamíferos do Brasil 2ª Edição Annotated checklist of Brazilian mammals. *Occas Pap Conserv Biol* 6:76

Pessôa LM, Tavares WC, Neves ACA, da Silva ALG (2015) Genus *Thrichomys* E.-L. Trouessart, 1880. In: Patton JL, Pardiñas UFJ, D'elia G (eds) *Mammals of South America Vol 2: Rodents*. The University of Chicago Press, Chicago and London, pp 989–999

- Polyakov AY, Tietje WD, Srivathsa A, Rolland V, Hines JE, Oli MK (2021) Multiple coping strategies maintain stability of a small mammal population in a resource-restricted environment. *Ecol Evol* 11:12529–12541
- Previtali MA, Lima M, Meserve PL, Kelt DA, Gutiérrez JR (2009) Population dynamics of two sympatric rodents in a variable environment: rainfall, resource availability, and predation. *Ecology* 90:1996–2006
- R Core Team (2020) A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- Rocha CR, Ribeiro R, Marinho-Filho J (2017) Influence of temporal variation and seasonality on population dynamics of three sympatric rodents. *Mamm Biol* 84(1):20–29.
- Rossi RV, Bianconi GV (2011) Ordem Didelphimorphia. In: Reis NR, Peracchi AL, Pedro WA, Lima IP (eds) *Mamíferos do Brasil* 2ed. Londrina, pp 31–69
- Rouco C, Norbury GL, Smith J, Byrom AE, Petch RP (2013) Population density estimates of brushtail possums (*Trichosurus vulpecula*) in dry grassland in New Zealand. *N Z J Ecol* 12–17
- Sabino-Marques H, Ferreira CM, Paupério J, Costa P, Barbosa S, Encarnação C, Alpizar-Jara R, Alves PC, Searle JB, Mira A, Beja P, Pita, R (2018) Combining genetic non-invasive sampling with spatially explicit capture-recapture models for density estimation of a patchily distributed small mammal. *Eur J Wildl Res* 64:1–14
- Sampaio EVSB (1995) Overview of the Brazilian Caatinga. In: Bullock SH, Mooney HA, Medina E (eds) *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 35–63
- Sanches VQA, Gomes MM DA, Passos FDC, Graciolli G, Ribas ACDA (2012) Home-range and space use by *Didelphis albiventris* (Lund 1840) (Marsupialia, Didelphidae) in Mutum Island, Paraná River, Brazil. *Biota Neotrop* 12:50–55
- Silva SAO (2014) Análise de variáveis meteorológicas no município de Mossoró-RN (1970-2013). Monography, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Brazil. 55 pp
- Stapp P (2010) Long-term studies of small mammal communities in arid and semiarid environments. *J Mammal* 91:773–775
- Streilein KE (1982a) Ecology of small mammals in the semiarid Brazilian Caatinga. I. Climate and faunal composition. *Ann Carnegie Mus* 51:79–107
- Streilein KE (1982b) Ecology of small mammals in the semiarid Brazilian Caatinga. II. Water relations. *Ann Carnegie Mus* 51:109–126
- Streilein KE (1982c) Ecology of small mammals in the semiarid Brazilian Caatinga. III. Reproductive biology and population ecology. *Ann Carnegie Mus* 51:251–269
- Streilein KE (1982d) Ecology of small mammals in the semiarid Brazilian Caatinga. IV. Habitat selection. *Ann Carnegie Mus* 51:331–343

Streilein KE (1982e) Behavior, ecology, and distribution of South American marsupials. In: Mares MA, Genoways HH (eds) *Mammalian biology in South America*. Pittsburgh: University of Pittsburgh, pp 231–250

Sparacino J, Argibay DS, Espindola G (2021) Long-term (35 Years) Rainy and Dry Season Characterization in Semiarid Northeastern Brazil. *Rev Bras Meteorol* 36:377–391

Thibault KM, Ernest SKM, White EP, Brown JH, Goheen JR (2010) Long-term insight into the influence of precipitation on community dynamics in desert rodents. *J Mammal* 91:787–797

Torquato JL (2015) Produção e consumo de frutos zoocóricos em dois fragmentos florestais do oeste do Rio Grande do Norte, Brasil. Dissertation, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mosoró. 51 pp

Velloso AL, Sampaio EVSB, Pareyn FGC (2002) *Ecorregiões Propostas para o Bioma Caatinga*. Recife: Associação Plantas do Nordeste. Instituto de Conservação Ambiental. The Nature Conservancy Brasil, Recife. 76 pp

Watts CHS, Aslin HJ (1981) *The rodents of Australia* Sydney. Angus and Robertson Publishers, Sydney, New South Wales, Australia. 321 pp

Sutherland CS, Elston DA, Lambin X (2014) A demographic, spatially explicit patch occupancy model of metapopulation dynamics and persistence. *Ecology* 95:3149–3160

Stenseth NC, Mysterud A, Ottersen G, Hurrell JW, Chan KS, Lima M (2002) Ecological effects of climate fluctuations. *Science* 297:1292–1296

Capítulo 2

Análises de sobrevivência em uma população de *Gracilinanus agilis* na floresta tropical seca do nordeste do Brasil.

MORLANES V, SANTORO S, ROUCO C, CALABUIG C. 2021. **Survival analyses in a population of *Gracilinanus agilis* in the tropical dry forest in northeast Brazil**. 2021. Tese (Doutorado em Ciência Animal), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN, 2021.

ABSTRACT

The agile gracile opossum *Gracilinanus agilis* is a marsupial belonging to the Didelphidae family, which includes species with semelparity, an unusual reproductive strategy among vertebrates. We analysed data proceeding from 41 capture-mark-recapture (CMR) sessions conducted in the semiarid Caatinga biome between June 2014 and November 2018. A multistate multievent capture-recapture approach was used to assess whether apparent probabilities of survival and recruitment were dependent on the reproductive period or the effect of rain, and whether they differed between sex and reproductive status. Our findings indicate that survival and recruitment were better predicted by the reproductive seasonality and status than by the rain effect. Non-breeding males and females were more likely to survive during the non-reproductive period than during the reproductive period, whereas survival probability was constant for the breeders between periods. In addition, we observed that the probability of recruitment was higher during the non-reproductive period than in the reproductive period. The survival of both sexes declined after the reproductive period, with few individuals reaching a second reproductive event (1.82 % and 1.31% for females and males respectively). Additionally, our findings support a semelparity strategy adopted by the species in the north-eastern Brazilian semiarid region, with synchronized recruitment and high investment in the first reproductive period as the ideal vital strategy for the species in the seasonal habitat.

Key words: Caatinga, capture–mark–recapture, small mammals, longitudinal study.

MORLANES V, SANTORO S, ROUCO C, CALABUIG C. 2021. **Análises de sobrevivência em uma população de *Gracilinanus agilis* na floresta tropical seca do nordeste do Brasil**. 2021. Tese (Doutorado em Ciência Animal), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN, 2021.

RESUMO

A cuíca-graciosa *Gracilinanus agilis* é um marsupial pertencente à família Didelphidae, que inclui espécies com semelparidade, uma estratégia reprodutiva incomum entre os vertebrados. Analisamos dados provenientes de 41 sessões de captura-marcação-recaptura (CMR) realizadas no bioma semiárido da Caatinga entre junho de 2014 e novembro de 2018. Uma abordagem de captura-recaptura multi-evento multiestado foi usada para avaliar se as probabilidades aparentes de sobrevivência e recrutamento eram dependentes do período reprodutivo ou do efeito da chuva, e se diferiam entre sexo e status reprodutivo. Nossos resultados indicam que a sobrevivência e o recrutamento foram mais bem previstos pela sazonalidade e estado reprodutivo do que pelo efeito da chuva. Machos e fêmeas não reprodutores tinham maior probabilidade de sobreviver durante o período não reprodutivo do que durante o período reprodutivo, enquanto a probabilidade de sobrevivência foi constante para os reprodutores entre os períodos. Além disso, observamos que a probabilidade de recrutamento foi maior durante o período não reprodutivo do que no período reprodutivo. A sobrevivência de ambos os sexos diminuiu após o período reprodutivo, com poucos indivíduos atingindo um segundo evento reprodutivo (1,82% e 1,31% para fêmeas e machos, respectivamente). Adicionalmente, nossos achados suportam uma estratégia de semelparidade adotada pela espécie no semiárido nordestino brasileiro, com recrutamento sincronizado e alto investimento no primeiro período reprodutivo como a estratégia vital ideal para a espécie no habitat sazonal.

Palavras-chave: Caatinga, captura-marcação-recaptura, pequenos mamíferos, estudo longitudinal.

1 Introdução

Embora haja um interesse crescente nos fatores que influenciam na dinâmica populacional dos mamíferos neotropicais, os estudos ainda são restritos a um número limitado de regiões e/ou espécies, especialmente no que se refere ao grupo de pequenos mamíferos terrestres em ambientes semiáridos (Albuquerque et al. 2012; Vieira et al. 2017; Ferreira et al. 2020).

Um dos principais objetivos dos estudos de ecologia populacional é identificar os efeitos interativos de fatores exógenos (e.g., sazonalidade, disponibilidade de recursos e perturbação ambiental) e endógenos (e.g., densidade, reprodução, competência e disponibilidade de alimentos) que regulam as flutuações populacionais ao longo do tempo (Meserve et al. 2003; Milstead et al. 2007; Krebs et al. 2007; Krebs 2013; Vieira et al. 2017). Compreender como os fatores subjacentes influenciam as taxas vitais de pequenos mamíferos terrestres, como a reprodução, sobrevivência e recrutamento sazonal e interanual, é essencial para a conservação das espécies (Lopes e Leiner 2014; Barros et al. 2015; Ferreira et al. 2020).

Estudos que investigaram a sobrevivência de diferentes espécies de marsupiais revelaram que as condições locais como clima ou latitude podem desempenhar um papel essencial na determinação da estratégia de reprodução dessas espécies (e.g., iteroparidade ou semelparidade parcial / completa) (Wolfe et al. 2004; Fisher et al. 2013). Espécies itérópicas podem se reproduzir durante múltiplos eventos reprodutivos, ao passo que na semelparidade completa os reprodutores morrem após um único evento reprodutivo. Na semelparidade parcial, alguns indivíduos podem se reproduzir em um segundo período reprodutivo (Leiner et al. 2008), estratégia caracterizada por um esforço reprodutivo intenso e altamente sincronizada durante uma estação e adotada por algumas espécies de marsupiais das famílias Dasyuridae (Australia) e Didelphidae (América do Sul) (Fisher et al. 2013). Em didelfídeos, a semelparidade foi observada em espécies menores (i.e., <120g) com aproximadamente um ano de expectativa de vida, pertencentes aos gêneros *Gracilinanus*, *Marmosops*, *Monodelphis* e *Thylamys* (Lorini et al. 1994; Martins et al. 2006b; Baladrón et al. 2012; Barros et al. 2015; Albanese et al. 2021). No Brasil, esse comportamento foi descrito para espécies que habitam as ecorregiões do Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal (Leiner et al. 2008; Andreazzi et al. 2011; Lopes e Leiner 2014; Puida e Paglia 2015). No entanto, ainda falta conhecimento a respeito da estratégia reprodutiva adotada por pequenas espécies de marsupiais que habitam a

região semiárida do Brasil, localmente denominada Caatinga, que ocupa cerca de 10% do território nacional (IBGE 2019). O bioma Caatinga é caracterizado por uma marcada sazonalidade com temperaturas médias constantes e altas ao longo do ano (25 a 30 ° C), por chuvas irregulares (300–1000 mm / ano) geralmente concentradas entre janeiro e maio, e secas prolongadas (Ab ' Saber 1974; Carvalho et al. 2011; de Queiroz et al. 2017). A vegetação é dominada por árvores de folhas pequenas e espinhosas com troncos retorcidos, bem como suculentas e ervas que respondem de eficientemente aos níveis mínimos de precipitação (de Queiroz et al. 2017). Os mamíferos têm adaptações únicas às condições locais desta região, permitindo estudar as inter-relações das comunidades bióticas em ambientes xéricos. Além disso, os padrões de precipitação variam entre anos, o que pode determinar variação na sobrevivência e reprodução de espécies de pequenos mamíferos (Nimer 1972; Sobral e Oliveira 2014; Puida e Paglia 2015).

A cuíca graciosa *Gracilinanus agilis* (Burmeister 1854), é um pequeno marsupial da família Didelphidae que pesa entre 13-45 g (Rossi e Bianconi 2011; Paglia et al. 2012) e é amplamente distribuído na América do Sul (NE e O do Brasil, SE do Paraguai, Uruguai, E do Peru e Bolívia e extremo NE da Argentina) (IUCN 2020). Habita ambientes altamente sazonais no Brasil, é comum nos biomas Caatinga, Cerrado e Pantanal (Gardner 2008; Paglia et al. 2012). É uma espécie noturna, solitária e arbórea com dieta insetívora-onívora (Paglia et al. 2012; Camargo et al. 2014). Estudos conduzidos em ambientes sazonais como no sudoeste dos biomas brasileiros do Cerrado e Pantanal mostraram que *G. agilis* sincroniza a estação reprodutiva com períodos de alta precipitação e produtividade primária (Andreazzi et al. 2011; Puida e Paglia 2015). Além disso, e embora não seja comum entre os mamíferos, foi descrito como uma espécie semélparosa, com alto grau de senescência pós-reprodutiva e reduzida sobreposição entre gerações (Lopes e Leiner 2014; Puida e Paglia 2015).

Neste estudo, realizamos um programa de captura-recaptura (CR) de aproximadamente cinco anos para investigar se as probabilidades aparentes de sobrevivência e recrutamento (i) eram dependentes do período reprodutivo ou do efeito da chuva, e (ii) se diferiam entre sexo e status reprodutivo. Com base na estratégia semélpara potencial da espécie, esperamos taxas de sobrevivência diminuídas, uma vez que os indivíduos recrutam na população reprodutora, e probabilidade muito baixa (semelparidade parcial) a nula (semelparidade completa) de sobrevivência a um segundo evento reprodutivo (Martins et al. 2006b; Lopes e Leiner, 2014; Puida e Paglia, 2015). Dada a acentuada sazonalidade ambiental típica da Caatinga, espera-se um recrutamento e reprodução sincronizados na

estação chuvosa (McAllan, 2003), quando a disponibilidade de alimento é máxima (Vasconcellos et al. 2010; e Silva et al. 2020), e a influência nas probabilidades de sobrevivência da alta variabilidade climática na estação chuvosa (Fleming, 1973; Julien-Lafferriere e Atramentowicz, 1990; Pruida e Paglia, 2015).

2 Material e Métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido em um fragmento de 8,25 ha da Caatinga, localizado no estado do Rio Grande do Norte (05°03'43" S, 37°23'54" W), nordeste do Brasil. A área de amostragem está inserida em uma mata preservada de floresta nativa de Caatinga dominada por uma densa vegetação arbustiva-arbórea hiperxerófila, com alta densidade da espécie *Copernicia prunifera* (Maia-Silva et al. 2012; Torquato 2015). O clima segue a classificação de Köppen, do tipo BSh semiárido quente e seco (Alvares et al. 2013). Com temperatura média anual de 27,6°C e a precipitação média histórica (1964 a 2019) de 689,8 mm (Silva 2014; EMA 2019).

2.2 Estação climática

Para caracterizar e delimitar a duração de cada estação foi levantado os dados mensais de precipitação da estação meteorológica de Mossoró, da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). As estações foram classificadas em chuvosa (janeiro a julho) e seca (agosto a dezembro), com precipitação média de 548,27 mm e 3,44 mm, respectivamente.

2.3 Coleção de dados

De junho de 2014 a novembro de 2018, espécimes de cuícas graciosas foram capturadas mensalmente ou bimensalmente, foram utilizadas 115 armadilhas vivas (59 armadilhas Sherman de 30 x 8 x 9 cm e 56 armadilhas Tomahawk de 45 x 16 x 16 cm) dispostas em uma grade com 13 transectos paralelos espaçados com 25 metros. A amostragem incluiu 41 sessões de captura, com duração de cinco noites consecutivas. As armadilhas eram

mantidas permanentemente no campo, ativadas no final da tarde, iscadas com uma mistura de banana, flocos de milho, amendoim e sardinha e checadas todos os dias a primeira hora da manhã.

Marcamos os indivíduos capturados com marcas auriculares enumeradas e determinamos o sexo e o estado reprodutivo. A identificação sexual foi feita com base na presença (i.e., machos) ou ausência (i.e., fêmeas) de testículos. O estado de reprodução foi avaliado com base em caracteres externos. As fêmeas reprodutoras apresentam ventre sem pelos, a presença de mamilos inchados com produção de leite. Por outro lado, as fêmeas não reprodutoras têm o ventre coberto de pelos. Como indicadores de reprodução em machos, os reprodutores apresentam escroto maior que 13 mm (Hernandez et al. 2018; obs. Pers.) e ausência de pelos no escroto (obs. Pers.). Após o processo de manejo, todos os animais foram liberados no mesmo local de captura. A reprodução foi diferenciada em dois períodos: 1) reprodutivo, meses que corresponde com a estação chuvosa (janeiro-julho) e 2) não reprodutivo, meses que corresponde com a estação seca (agosto-dezembro).

2.4 Modelagem de captura-recaptura

A fim de construir modelos multiestado multievento de captura-recaptura (CR) (Lebreton et al. 1992), os dados foram ajustados usando o software E-SURGE 2.1.2 (Choquet e Nogue 2011). Foram considerados três estados biológicos dos indivíduos: morto (d), não reprodutor (nb) e reprodutor (b) e três eventos possíveis: 0 = não detectado, 1 = não reprodutor detectado, 2 = reprodutor detectado. Devido aos dados de origem obtidos em campo durante a avaliação do estado reprodutivo dos reprodutores, o indivíduo refere-se ao sexo (fêmea ou macho) foi codificado como uma covariável dentro do arquivo de dados de "formato dirigido" como (1) fêmeas e (2) machos (veja Choquet e Nogue 2011). O E-SURGE permite lidar com casos em que as informações sobre os estados individuais são verificadas de forma completa ou incerta (modelos de vários eventos, consulte Pradel 2005). Para que isso seja possível, um parâmetro adicional, denominado estado inicial (i.e., a probabilidade de estar em um estado específico na primeira captura individual), é necessário em relação ao modelo clássico de CR multiestado. Portanto, em nossa abordagem de modelagem, definimos quatro parâmetros: estado inicial, sobrevivência aparente (probabilidade de sobreviver e permanecer na área entre uma sessão e a subsequente), recrutamento (a probabilidade de um indivíduo vivo e presente na área não reprodutor tornar-se criador), e recaptura (probabilidade

de recaptura de indivíduos vivos e presentes na área). Consideramos que, uma vez que um indivíduo recrutado como reprodutor, ele permanece neste estado biológico pelo resto de sua vida (i.e., a probabilidade de transição de não reprodutor para reprodutor foi zerada). Como os intervalos de tempo entre as sessões de captura eram desiguais, definimos a opção “intervalos de tempo desiguais” no E-SURGE, que forneceu um arquivo com valores escalonados no nível do mês. Consequentemente, nossas estimativas de probabilidades aparentes de sobrevivência estão na escala de meses.

Investigamos a qualidade do ajuste e as fontes potenciais de falta de ajuste do modelo Cormack-Jolly-Seber (CJS) usando U-CARE 2.3.4 (Choquet et al. 2009). O CJS é um modelo que permite variação temporal não especificada nas probabilidades de sobrevivência aparente e recaptura (Lebreton et al. 1992). A análise GOF foi realizada separadamente em fêmeas e machos. Uma razão para a falta de ajuste que pode ser detectada pela análise GOF é o “efeito transitório” que ocorre quando a probabilidade de sobrevivência aparente no primeiro intervalo após a marcação é substancialmente menor do que nos intervalos subsequentes (componente de teste 3.SR). Um efeito transitório pode ser causado pela presença de espécimes que usam a área de estudo esporadicamente e / ou por indivíduos com sobrevida sistematicamente menor do que outros (Duriez et al. 2009). Outra causa de falta de ajuste é a dependência de armadilha que ocorre quando os indivíduos capturados (ou recapturados) na ocasião anterior têm uma probabilidade diferente de serem recapturados do que os outros indivíduos (componente de teste 2. CT). As fontes extra-binomiais de variação, devem ser levadas em consideração na estrutura dos modelos CR e / ou um coeficiente sobre dispersão ($\hat{c}$) deve ser usado nas análises quando o teste GOF global (que combina todos os componentes) resultados significativos (Choquet et al. 2005).

Não encontramos evidência de nenhum efeito transitório ($Z = -0,01$, $P = 0,99$) e dependência de armadilha ($Z = -0,24$; $P = 0,81$). Consequentemente, nenhuma variação extra binomial resultante do teste GOF global ($\chi^2 = 13,61$, $df = 62$, $P = 1$).

Começamos a seleção do modelo com um modelo global totalmente parametrizado, incluindo o efeito aditivo da variação temporal em todos os parâmetros, exceto a recaptura. Também incluiu o efeito interativo entre sexo e condição reprodutiva (não reprodutor vs. reprodutor) na sobrevivência aparente e recaptura, e o efeito do sexo no recrutamento. A escolha de modelar efeitos independentes do tempo na recaptura foi para garantir a identificabilidade dos parâmetros e porque uma análise preliminar não mostrou variação no tempo neste parâmetro (de acordo com o esforço de captura de campo permaneceu constante

durante todo o período de estudo). Seguimos uma abordagem de seleção de modelo de redução (Lebreton et al. 1992) com base no critério de informação quase Akaike corrigido para tamanho de amostra pequeno (QAICc) (Burnham e Anderson 2002) que consistia em uma determinação sequencial da melhor estrutura dos parâmetros seguindo uma ordem específica que, no nosso caso, era: recaptura, estado inicial, recrutamento e sobrevivência aparente (ver Santoro et al. 2016 para uma abordagem análoga). Começamos executando para o primeiro parâmetro (recaptura) todos os modelos aninhados ao modelo global enquanto mantemos fixa a estrutura geral para o resto dos parâmetros. Em seguida, retemos a estrutura para este parâmetro do modelo com o menor QAICc e repetimos o mesmo procedimento com o próximo parâmetro (estado inicial). Em seguida, como nosso interesse principal era a sobrevivência aparente e o recrutamento, usamos uma abordagem sequencial que consistia em executar todos os diferentes modelos de sobrevivência aparente, mantendo a estrutura mais parametrizada no recrutamento (Tabela 1S, material suplementar) e vice-versa (Tabela 2S, material suplementar). Em seguida, executamos todas as combinações possíveis decorrentes dos modelos suportados (dentro de 2 unidades de QAICc do menor) encontrados para a seleção do modelo de sobrevivência aparente e recrutamento (Tabela 3S, material suplementar). Usamos o melhor modelo consensual (menor QAICc) encontrado na etapa de análise anterior para testar os efeitos aditivos de (i) "chuva" (a precipitação acumulada durante o intervalo t a $t + 1$) e (ii) "período reprodutivo" em sobrevivência aparente e recrutamento.

3 Resultados

Das 41 sessões de captura com um esforço total de amostragem de 23.575 noites de armadilha, a cuíca graciosa estava presente em 37. Isso incluiu 415 capturas de 131 indivíduos ($N_{\text{fêmeas}} = 55$; $N_{\text{machos}} = 76$). As porcentagens médias de reprodutores e não reprodutores para as quatro estações reprodutivas foram 72% e 28%, respectivamente. As porcentagens médias de reprodutores e não reprodutores para as quatro estações não reprodutivas foram de 24,5% e 75,5%, respectivamente. O modelo mais suportado na seleção do modelo final revelou o efeito do período reprodutivo na probabilidade aparente de sobrevivência de *G. agilis* não reprodutor, mas não nos reprodutores (modelo 1.7; Tabela 1). A sobrevivência aparente de não reprodutores foi maior durante os períodos não reprodutivos (0,94, IC 95%: 0,64-0,99) do que nos reprodutivos (0,66, IC 95%: 0,37-0,86), enquanto para

os reprodutores permaneceu em 0,73 (95 % CI: 0,67-0,78) e constante ao longo de todos os períodos monitorados (Figura 1). Da mesma forma, o modelo suportado para probabilidade de recrutamento também mostrou um efeito relevante do período reprodutivo (Modelo 1.10; Tabela 1), com maiores taxas de recrutamento de indivíduos não reprodutores durante os períodos não reprodutivos (0,57, IC 95%: 0,35-0,77) do que em reprodutores (0,12, IC 95%: 0,02-0,53). Não encontramos diferenças sobre o efeito de sexo e chuva na sobrevivência aparente ou nas probabilidades de recrutamento para não reprodutores e reprodutores.

Tabela 1. Seleção de modelo de efeitos de chuva (*chuva*) e período reprodutivo (*reprodução*) na sobrevivência aparente (AS) e probabilidades de recrutamento (R). Cada parâmetro é testado mantendo o outro constante de acordo com o modelo consensual [AS (br) R (i); Tabela 3S]. O modelo nulo, contra o qual os modelos são comparados, é o modelo mais suportado sem qualquer efeito ambiental (modelo 1 na Tabela 3S). Notação: *Modelo*, nome do modelo; *np*, número de parâmetros; *AICc*, Akaike Information Criterion corrigido para pequeno tamanho de amostra; $\Delta AICc$, *AICc* diferença entre o modelo atual e o modelo com melhor suporte com o *AICc* mais baixo; *NB* e *BR* referem-se, respectivamente, aos não reprodutores e reprodutores; *br*, efeito do estado de reprodução; *sexo*, efeito do sexo; *t*, efeito do tempo; *i*, sem efeitos (i.e., constante).

Modelo	Efeitos	Np	Desvio	AIC _c	ΔAIC_c
<i>Probabilidade de sobrevivência aparente (AS)</i>					
1.7	AS (NB x reprod + BR) R(i)	8	715.8	732.33	0
1.5	AS (br x reprod) R (i)	9	715.68	734.35	2.02
Nulo	AS (br) R(i)	7	720.91	735.32	2.99
1.2	AS (br + chuva) R (i)	8	719.83	736.36	4.04
1.4	AS (NB + BR x chuva) R (i)	8	719.93	736.46	4.13
1.6	AS (br + reprod) R (i)	8	719.94	736.47	4.15
1.3	AS (NB x chuva + BR) R (i)	8	720.71	737.24	4.92
1.8	AS (NB + BR x reprod) R (i)	8	720.71	737.24	4.92
1.1	AS (br x chuva) R (i)	9	719.77	738.43	6.11
<i>Probabilidade de recrutamento (R)</i>					
1.10	R (br) R (reprod)	8	713.54	730.07	0
Nulo	R (br) R (i)	7	720.91	735.32	5.25
1.9	R (br) R (chuva)	8	720.7	737.23	7.16

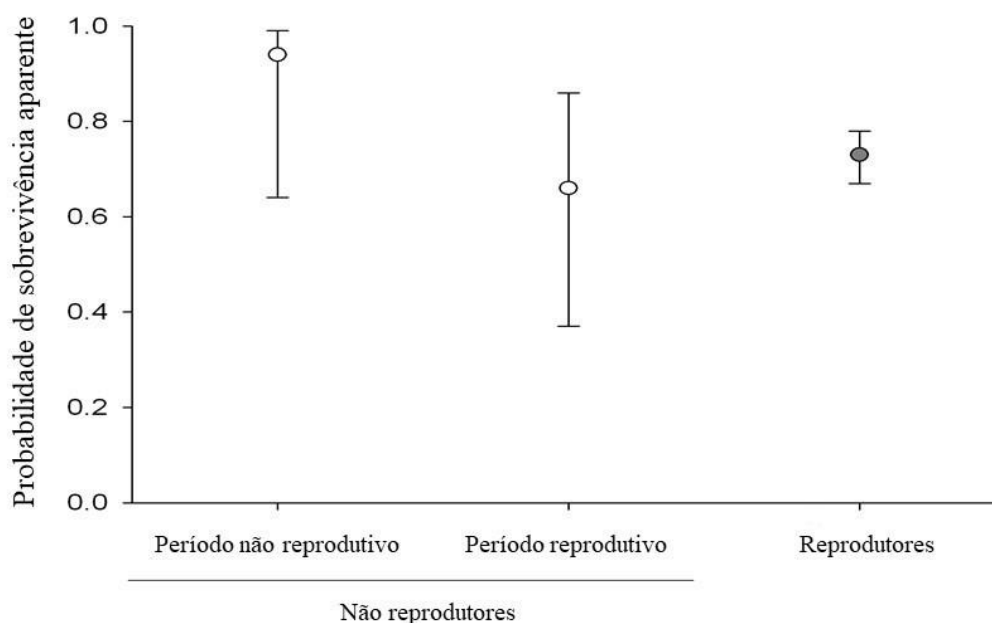


Figura 1. Estimativas de sobrevivência aparente e IC 95% para reprodutores e não reprodutores de *Gracilinanus agilis* durante os períodos reprodutivo e não reprodutivo na Caatinga semiárida.

3.1 Material suplementar

Tabela 1S. Seleção de modelo na probabilidade de sobrevivência aparente (AS). Notação: *Modelo*, nome do modelo; *np*, número de parâmetros; *AICc*, Akaike Information Criterion corrigido para pequeno tamanho de amostra; $\Delta AICc$, diferenças *AICc* entre o modelo atual e o modelo com melhor suporte com o *AICc* mais baixo; *br*, efeito do estado de reprodução; *sexo*, efeito do sexo; *t*, efeito do tempo; *i*, sem efeitos. O modelo mais compatível está destacado em negrito.

Modelo	Efeitos	Np	Desvio	AIC _c	ΔAIC_c
AS7	br	33	680.17	755.25	0
AS9	i	32	683.43	755.94	0.69
AS5	sexo + br	34	679.6	757.28	2.03
AS6	sexo	33	683.21	758.3	3.05
AS1	sexo x br	35	679.49	759.78	4.53
AS8	t	67	636.14	812.92	57.67
AS3	br + t	68	633.56	813.82	58.57
AS4	sexo + t	68	635.48	815.74	60.49
AS2	sexo + br + t	69	632.72	816.5	61.25
AS-GLOBAL	sexo x br + t	70	632.63	819.96	64.71

Tabela 2S. Seleção de modelo na probabilidade de recrutamento (R). Notação: *Modelo*, nome do modelo; *np*, número de parâmetros; *AICc*, Akaike Information Criterion corrigido para pequeno tamanho de amostra; $\Delta AICc$, diferenças *AICc* entre o modelo atual e o modelo com melhor suporte com o *AICc* mais baixo; *br*, efeito do estado de reprodução; *sexo*, efeito do sexo; *t*, efeito do tempo; *i*, sem efeitos. O modelo mais compatível está destacado em negrito.

Modelo	Efeitos	Np	Desvio	AIC _c	ΔAIC_c
R3	i	44	672.52	777.3	0
R1	sexo	45	671.52	779.13	1.84
R2	t	69	635.26	819.05	41.75
R-GLOBAL	sexo + t	70	632.63	819.96	42.66

Tabela 3S. Etapa de seleção do modelo final. Notação: *Modelo*, nome do modelo; *np*, número de parâmetros; *AICc*, Akaike Information Criterion corrigido para pequeno tamanho de amostra; $\Delta AICc$, diferenças *AICc* entre o modelo atual e o modelo com melhor suporte com o *AICc* mais baixo; *AS* e *R* codificam, respectivamente, para a estrutura do modelo em probabilidades aparentes de sobrevivência e recrutamento; *br*, efeito do estado de reprodução; *sexo*, efeito do sexo; *t*, efeito do tempo; *i*, sem efeitos. O modelo mais compatível está destacado em negrito.

Modelo	Efeitos	Np	Desvio	AIC _c	ΔAIC_c
1	AS (br) R (i)	7	720.91	735.32	0
2	AS (br) R (sexo)	8	720.16	736.69	1.37
3	AS (i) R (i)	6	724.75	737.06	1.74
4	AS (i) R (sexo)	7	723.62	738.03	2.71

4 Discussão

Nossos resultados mostraram que o período reprodutivo claramente marcou diferenças na probabilidade sobrevivência aparente e de recrutamento de acordo com o estado reprodutivo. No entanto, apesar de monitorado um intenso acompanhamento de captura-marcação-recaptura (i.e., 23.575 noites de armadilha) durante aproximadamente cinco anos, não encontramos nenhum efeito do sexo ou da chuva na população de *G. agilis*.

Em nossa área de estudo, *G. agilis* apresentou atividade reprodutiva marcadamente sazonal, sincronizada com a estação chuvosa e registrou padrões de reprodução estendida (janeiro a junho / julho), coincidindo com o período ao qual os recursos alimentares são abundantes na Caatinga (Vasconcellos et al. 2010; e Silva et al. 2020). O mesmo padrão foi observado em populações no Pantanal (dezembro e fevereiro, Andreazzi et al. 2011) e no

Cerrado (julho e janeiro / fevereiro, Lopes e Leiner 2014), onde o período reprodutivo da espécie foi sincronizado com a estação chuvosa e associada à disponibilidade de alimentos. Esta estratégia parece ser generalizada entre marsupiais, de maximizar todo o esforço no período que favorece a reprodução e a sobrevivência da descendência (Marins et al. 2006a; Lopes e Leiner 2014; Barros et al 2015; Puida e Paglia 2015). Segundo Andreazzi et al. (2011), o aumento nas taxas de sobrevivência e de recrutamento populacional estão positivamente associados a períodos de maior produtividade da vegetação. O fato de não termos encontrado o efeito da chuva é compreensível, pois a modelagem testou o efeito da chuva acumulada entre os intervalos. Assim, dentro de uma estação chuvosa, a quantidade de chuva pode não diferir muito entre os intervalos, mas determina uma maior presença de recursos alimentares (Bergallo e Magnussam 1999; Leiner et al. 2008; Carmargo et al. 2019) que, em última análise, alarga o período reprodutivo (Camargo et al. 2019).

Para muitas espécies, a reprodução é uma atividade vital, que acarreta custos de energia importantes (Fisher e Blomberg 2011). Frequentemente, esses custos podem ser altos e levar a morte indivíduos machos de algumas espécies de marsupiais pertencentes as famílias Dasyuridae e Didelphidae após a primeira temporada de acasalamento (ver Cockburn 1997; Bradley 2003; Boonstra 2005; Naylor et al. 2008; Speakman 2008), no entanto, existem poucos estudos que tenham confirmado casos em fêmeas (Leiner et al. 2008; Baladrón et al. 2012; Lopes e Leiner 2014), o que parece ser comum em didelfídeos neotropicais de pequeno porte (Leiner et al. 2008; Baladrón et al. 2012; Albanese et al. 2021). O desaparecimento dos machos ao longo do período reprodutivo parece estar associado à territorialidade e ao comportamento agressivo devido à competição pelo acasalamento, além disto, o estresse crônico que leva a morte dos machos tem sido associado a uma adaptação a mudança sazonal (Bradley 2003; Boonstra 2005; Edwards et al. 2016). Por outro lado, o desaparecimento das fêmeas tem sido associado à amamentação e aos cuidados parentais dos jovens, que precisam ser carregados pela mãe durante longos períodos (Harder 1992; Fisher e Blomberg 2011; Fisher et al. 2013; Lopes e Leiner 2014).

Em um estudo, Lopes e Leiner (2014) capturaram fêmeas *G. agilis* com sinais de atividade reprodutiva (parto, grávidas ou amamentando) durante 7 / 8 meses consecutivos (julho a janeiro / fevereiro), com juvenis recém-desmamados (10-14 g) capturados pela primeira vez 3 a 4 meses após a gestação, eles observaram que as fêmeas desaparecem da população após o desmame dos filhotes, enquanto os machos apresentaram morte pós-acasalamento, o que indica uma senescência pós-reprodutiva e ausência de sobreposição de

gerações. Padrão semelhante foi encontrado em nossa população, período reprodutivo longo com alto investimento e gasto de energia, no entanto, ambos sexos foram capturados até o final da época de acasalamento. Além disso, observamos que alguns machos, mostraram sinais de deterioração na condição corporal no final deste período, como perda de pelos na garupa e no peito. Lopes e Leiner (2014) também encontraram perda de pelos e condição corporal prejudicada em machos de *G. agilis*, a mesma condição foi observada em *Gracilinanus microtarsus* (Wagner 1842), por Martins et al. (2006b). Ademais, Leiner et al. (2008) detectaram em *Marmosops. paulensis* (Tate 1931) infestação parasitária após época de acasalamento. Strona et al. (2015), também relacionaram infestação parasitaria em fêmeas e machos de *G. agilis* com o esforço reprodutivo. O alto investimento na reprodução conduz a uma resposta ao estresse, que provoca um declive na condição corporal em machos que pode afetar as taxas de sobrevivência no final do período reprodutivo (Isaac e Johnson 2005; Leiner et al. 2008; Speakman 2008). Nossos achados, mostram que os indivíduos reprodutores capturados ao final da época de acasalamento, apresentavam piores condições em comparação aos não reprodutores.

Indivíduos não reprodutores de *G. agilis*, apresentaram maior variabilidade na probabilidade de sobrevivência aparente com base nos intervalos de confiança de 95% das estimativas, o que pode sugerir que existem, dentro do grupo de não reprodutores, indivíduos que podem competir de forma mais eficiente por recursos do que outros. Na verdade, há uma probabilidade média de 12% de não reprodutores se tornarem reprodutores e, portanto, serem capazes de se reproduzir durante o período reprodutivo. Além disso, nossos resultados mostraram que o recrutamento de não reprodutores ocorreu preferencialmente durante os períodos não reprodutivos e, portanto, é possível que esses indivíduos possam competir de forma mais eficiente por recursos do que reprodutores experientes durante este período (Kajin et al. 2008; Lopes e Leiner 2014), embora estudos futuros devam ser realizados nessa direção. Por outro lado, o fato de indivíduos não reprodutores apresentarem maior sobrevivência aparente do que reprodutores durante o período não reprodutivo, fornece suporte para a hipótese de que a espécie adota uma estratégia reprodutiva semélparosa na nossa área de estudo. Ficou evidente que estamos estudando uma população com coortes pequenas e não sobrepostas, onde os indivíduos que ingressam na população (juvenis e subadultos - não reprodutores) estarão em maior número e deverão sobreviver neste período para se reproduzirem quando chegar o período reprodutivo. Neste sentido, todos os jovens nascidos

em um determinado período reprodutivo, estarão aptos a se reproduzirem no seguinte período de acasalamento.

Em estudo realizado numa população de *G. agilis*, encontraram taxa de sobrevivência maior no início do período reprodutivo e menor no final do período reprodutivo, quando o recrutamento começou a aumentar (Andreazzi et al. 2011), em nossa população também observamos o recrutamento de jovens no final do período reprodutivo. Ademais, Martins et al (2006b) encontraram estimativas mensais de taxa de sobrevivência para os machos de seu congênere, *G. microtarsus* (Wagner 1842), mais altas antes do período reprodutivo com declínio após-acasalamento, com uma fração deles sobrevivendo para um segundo evento reprodutivo. Em contraste, encontraram estimativas mensais de sobrevivência altas para as fêmeas em ambos os períodos. Em vista disso, determinaram a semelparidade parcial exclusivamente em machos, ao contrário do encontrado em nosso estudo. Puida e Paglia (2015) também tiveram resultados de alguma forma diferentes, uma vez que as estimativas de sobrevivência foram relativamente mais baixas em fêmeas de *G. agilis*, porém as taxas de sobrevivência para ambos os sexos diminuíram após o período reprodutivo e as taxas de recrutamento foram semelhantes entre machos e fêmeas. Por outro lado, Lopes e Leiner (2015) encontraram sobrevivência mais baixa em machos do que em fêmeas de *G. agilis*, e atribuíram à sua estratégia reprodutiva semélpara. Em nossa população, reprodutores de ambos os sexos apresentaram taxa de sobrevivência constante entre os períodos reprodutivos e não reprodutivos.

A sobrevivência foi mais bem prevista pelo estado reprodutivo, mostrando que a variação das taxas de *G. agilis* são predominantemente influenciadas por sua história de vida, com efeito mais forte no período reprodutivo, como sugerido por Puida e Paglia (2015).

De acordo com nossos dados, *G. agilis* adota uma estratégia de história de vida do tipo II (Lee et al. 1982), onde poucos indivíduos machos e fêmeas sobrevivem após o período reprodutivo e participam de um segundo período reprodutivo. Uma vez recrutado, a sobrevivência mensal é baixa o suficiente (0,73) para que a probabilidade de atingir um segundo evento seja altamente improvável (a sobrevivência cumulativa de um reprodutor após um ano seria de apenas 0,023). Ademais, apenas dois indivíduos foram recapturados (1,82% para fêmeas e 1,31% para machos) participando de um segundo evento reprodutivo, sustentando a existência de uma semelparidade para ambos os sexos na Caatinga. Na nossa área de estudo, o período reprodutivo dura toda a estação chuvosa (6 / 7 meses), os indivíduos que nascem no final deste período (junho) serão reprodutores mais jovens na próxima estação

reprodutiva e, provavelmente, serão os indivíduos que terão maior possibilidade de atingir a um segundo evento reprodutivo (janeiro). Nesse sentido, deverão ser indivíduos menores e, provavelmente, menos competitivos que os indivíduos nascidos no início do período reprodutivo.

O padrão semélparoso já havia sido descrito anteriormente para *G. agilis* em estudos realizados em outros ambientes sazonais (Andreazzi et al. 2011; Lopes e Leiner 2014; Puida e Paglia 2015). No entanto, nenhum estudo havia sugerido a semelparidade da espécie através de análises dados de sobrevivência na Caatinga, caracterizada por condições ambientais mais limitantes, com secas prolongadas e estações chuvosas irregulares com menor acumulação de chuvas.

Conclusão

Nossos resultados indicam que a probabilidade de sobrevivência aparente e de recrutamento de *G. agilis* é influenciada predominantemente por sua história de vida (estado reprodutivo) e que o início da reprodução é desencadeado por sinais da chuva, com nascimento de juvenis e lactação sincronizada com a estação úmida, período de maior disponibilidade de alimentos. A semelparidade é provavelmente a causa de uma alta rotatividade populacional anual, e parece ser um padrão comum em marsupiais didelfídeos de pequeno porte. Conjuntos de dados mais extensos são necessários para avaliar a importância da mudança sazonal na demografia desta espécie.

5 Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a todos os auxiliares de campo, especialmente A. Holanda, M. Jucá, P. Araújo, Z. Sousa, A. Peres, B. Andrade, C. Sombra, K. Menezes, N. Paiva, R. Martins e T. Lima; Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pelo apoio logístico; R. Muriel pelas sugestões construtivas que tornaram o manuscrito melhor. V.M. recebeu bolsa de doutorado da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA); S.S. foi financiado por uma bolsa de treinamento Juan de la Cierva (FJCI-2015-24579) durante o desenvolvimento deste trabalho.

6 Referencias

- Ab'saber AN (1974) O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras. *Geomorfologia* 43:1–39
- Albanese MS, Ojeda RA, Astié AA (2021) Delayed mortality of males in *Thylamys bruchi*, a semelparous marsupial from the Monte Desert, Argentina. *J Mammal* 102:258–269
- Albuquerque UP, Araújo EL, El-Deir ACA, Lima ALA, Souto A, Bezerra BM, Ferraz EMN, Freire EMX, Sampaio EVSB, Las-Casas FMG, Moura GJB, Pereira GA, Melo JG, Ramos MA, Rodal MJN, Schiel N, Lyra-Neves RM, Alves RRN, Azevedo-Júnior SM, Júnior WRT, Severi W (2012) Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. *The Scient World J* 205182:18. <https://doi.org/10.1100/2012/205182>
- Alvares CA, Stape JK, Sentelhas PC, Moraes G, Leonardo J, Sparovek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Z* 22:711–728
- Andreazzi CSD, Rademaker V, Gentile R, Herrera HM, Jansen AM, D'Andrea PS (2011) Population ecology of small rodents and marsupials in a semi-deciduous tropical forest of the southeast Pantanal, Brazil. *Zoologia-Curitiba* 28:762–770
- Baladrón AV, Malizia AI, Bó MS, Liébana MS, Bechard MJ (2012) Population dynamics of the southern short-tailed opossum (*Monodelphis dimidiata*) in the Pampas of Argentina. *Aust J Zool* 60:238–245
- Barros CS, Püttker T, Pardini R (2015) Timing and environmental cues associated with triggering of reproductive activity in Atlantic Forest marsupials. *Mamm Biol* 80:141–147
- Bergallo HG, Magnusson WE (1999) Effects of Climate and Food Availability on Four Rodent Species in Southeastern Brazil. *J Mammal* 80:472–486
- Burnham KP, Anderson DR (2002) Model selection and multimodel inference. A practical information-theoretic approach. 2nd edition. Springer-Verlag, New York. 488 pp
- Boonstra R (2005) Equipped for life, the adaptive role of the stress axis in male mammals. *J Mammal* 86:236–247
- Bradley AJ (2003) Stress, hormones and mortality in small carnivorous marsupials. In: Jones M, Dickman C, Archer M, editores. *Predators with pouches: the biology of carnivorous marsupials*. Csiro Publishing, Australia, pp 250–263
- Camargo NF, Ribeiro JF, Camargo AJA, Vieira EM (2014) Diet of the gracile mouse opossum *Gracilinanus agilis* (Didelphimorphia: Didelphidae) in a neotropical savanna: intraspecific variation and resource selection. *Acta Theriol* 59:183–191
- Camargo NF, Oliveira HFM., Ribeiro JF, Camargo AJA, Vieira EM (2019) Availability of food resources and habitat structure shape the individual-resource network of a Neotropical marsupial. *Ecol Evol* 9:3946–3957

Carvalho RG, Kelting FMS, Silva EV (2011) Indicadores socioeconômicos e gestão ambiental nos municípios da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN. *Socied Natur* 23:143–159

Choquet R, Lebreton JD, Gimenez O, Reboulet AM, Pradel R (2009) U-CARE: Utilities for performing goodness of fit tests and manipulating Capture-Recapture data. *Ecography* 32:1071–1074

Choquet R, Nogue E (2011) E-SURGE 1.8 user's manual. CEFÉ, UMR 5175. Montpellier, France

Choquet R, Reboulet AM, Lebreton JD, Gimenez O, Pradel R (2005) U-CARE 2.2 User's Manual. CEFÉ, UMR 5175, Montpellier, France

Cockburn A (1997) Living slow and dying young: senescence in marsupials. In: Saunderson N, Hinds L (eds) *Marsupial biology: recent researches, new perspectives*. University of New South Wales Press, Sydney, Australia, pp 163–171

de Queiroz LP, Cardoso D, Fernandes MF, Moro MF (2017). Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga Domain. In: da Silva JMC, Leal IR, Tabarelli M (eds) *Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*. Springer, pp 23–63

Duriez O, Sæther SA, Ens BJ, Choquet R, Pradel R, Lambeck RHD, Klaassen M (2009). Estimating survival and movements using both live and dead recoveries: A case study of oystercatchers confronted with habitat change. *J Appl Ecol* 46:144–153

Edwards PD, Palme R, Boonstra R (2016) Seasonal programming, not competition or testosterone, drives stress-axis changes in a partially-semelparous mammal. *Horm Behav* 85:96–101

EMA-UFERSA – Estação Meteorológica Automática da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2019) Dados meteorológicos históricos de Mossoró do período de 1964 a 2019. <http://siemu.ufersa.edu.br/dashboard>. Accessed 28 October de 2020.

EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (2020) Monitoramento Pluviométrico. <http://meteorologia.emparn.rn.gov.br:8181/index.php>. Accessed 28 August 2020

e Silva ÉEDM, Paixão VHF, Torquato JL, Lunardi DG, Lunardi VO (2020) Fruiting phenology and consumption of zoochoric fruits by wild vertebrates in a seasonally dry tropical forest in the Brazilian Caatinga. *Acta Oecol* 105:103553

Ferreira MS, Cerqueira R, Vieira MV (2016) What are the main drivers of survival and recruitment in tropical forest marsupials? A 16-year study. *J Mammal* 101:515–525

Fisher DO, Dickman CR, Jones ME, Blomberg SP (2013) Sperm competition drives the evolution of suicidal reproduction in mammals. *Proc Natl Acad Sci* 110:17910–17914

Fisher DO, Blomberg SP (2011) Costs of reproduction and terminal investment by females in a semelparous marsupial. *PloS One* 6:e15226

- Fleming TH (1973) The reproductive cycles of three species of opossums and other mammals in the Panama Canal Zone. *J Mammal* 54:439–455
- Gardner AL (2008) Order Didelphimorphia. In: Gardner AL (ed) *Mammals of South America*, vol. 1: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats. University of Chicago Press, Chicago and London, pp 1–116
- Harder JD (1992). Reproductive Biology of South American Marsupials. In: Hamlett WC (ed) *Reproductive Biology of South American Vertebrates*. Springer, New York, pp 211–228
- Hernandez SE, Strona ALS, Leiner NO, Suzán G, Romano MC (2018) Seasonal changes of faecal cortisol metabolite levels in *Gracilinanus agilis* (Didelphimorphia: Didelphidae) and its association to life histories variables and parasite loads. *Conserv Physiol* 6:coy021
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019) Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/estudos-ambientais/15842-biomas.html?=&t=downloads>. Accessed 13 February 2020
- Isaac JL, Johnson CN (2005) Terminal reproductive effort in a marsupial. *Biol Lett* 1:271–275
- IUCN 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/>. Accessed 09 October 2020
- Julien-Lafferriere D, Atramentowicz M (1990) Feeding and reproduction of three didelphid marsupials in two neotropical forests (French Guiana). *Biotropica* 404–415
- Kajin M, Cerqueira R, Vieira MV, Gentile R (2008) Nine-year demography of the black-eared opossum *Didelphis aurita* (Didelphimorphia: Didelphidae) using life tables. *Rev Bras Zool* 25:206–213
- Krebs CJ (2013) *Population fluctuations in rodents*. University of Chicago Press. Chicago, Illinois. 306 pp.
- Krebs CJ, Lambin X, Wolff JO (2007) Social behavior and self-regulation in murid rodents. In: Wolff JO, Sherman PW (eds) *Rodent societies: An ecological and evolutionary perspective*. The University of Chicago Press, pp 173–181
- Lebreton JD, Burnham KP, Clobert J, Anderson DR (1992) Modelling Survival and Testing Biological Hypotheses Using Marked Animals: a Unified Approach with Case Studies. *Ecol Monogr* 62:67–118
- Lee AK, Woolley P, Braithwaite RW (1982) Life history strategies of dasyurid marsupials. In: Archer M, (ed). *Carnivorous Marsupials*. Royal Zoological Society of New South Wales, New South Wales, Australia, pp 1–11
- Leiner NO, Setz EZ, Silva WR (2008) Semelparity and factors affecting the reproductive activity of the Brazilian slender opossum (*Marmosops paulensis*) in southeastern Brazil. *J Mammal* 89:153–158

- Lopes GP, Leiner NO (2014) Semelparity in a population of *Gracilinanus agilis* (Didelphimorphia: Didelphidae) inhabiting the Brazilian cerrado. *Mamm Biol* 80:1–6
- Lorini ML, Oliveira JA, Persson VG (1994) Annual age structure and reproductive patterns in *Marmosa incana* (Lund, 1841) (Didelphidae, Marsupialia). *Mamm Biol* 59:65–73
- Macedo J, Loretto D, Vieira MV, Cerqueira R (2006) Classes de desenvolvimento em marsupiais: um método para animais vivos. *Mastozool Neotrop* 13:133–136
- Maia-Silva C, Silva CI, Hrncir M, Queiroz RT, Imperatriz-Fonseca VL (2012) Guia de plantas: visitadas por abelhas na Caatinga. Fundação Brasil Cidadão, Fortaleza, pp 1–99
- Martins EG, Bonato V, da Silva CQ, dos Reis SF (2006a) Seasonality in reproduction, age structure and density of the gracile mouse opossum *Gracilinanus microtarsus* (Marsupialia: Didelphidae) in a Brazilian cerrado. *J Trop Ecol* 22:461–468
- Martins EG, Bonato V, Da-Silva CQ, Dos Reis SF (2006b) Partial semelparity in the neotropical didelphid marsupial *Gracilinanus microtarsus*. *J Mammal* 87:915–920
- McAllan BM (2003) Timing of reproduction in carnivorous marsupials. In: Jones M, Dickman C, Archer M, (eds). *Predators with Pouches: The Biology of Carnivorous Marsupials*. SCIRO Publishing, Melbourne, Australia, pp 147–168
- Meserve PL, Kelt DA, Milstead WB, Gutiérrez JR (2003) Thirteen Years of Shifting Top-Down and Bottom-Up Control. *BioScience* 53:633–646
- Milstead WB, Meserve PL, Campanella A, Previtali MA, Kelt DA, Gutiérrez JR (2007) Spatial ecology of small mammals in north-central Chile: role of precipitation and refuges. *J Mammalogy* 88:1532–1538
- Naylor R, Richardson SJ, McAllan BM (2008) Boom and bust: a review of the physiology of the marsupial genus *Antechinus*. *J Comp Physiol B* 178:545–562
- Nimer E (1972) Climatologia da região Nordeste do Brasil. Introdução à climatologia dinâmica. *Rev Bras Geogr* 34:3–51
- Paglia AP, Fonseca GAB, Rylands AB, Herrmann G, Aguiar LMS, Chiarello AG, Leite YLR, Costa LP, Siciliano S, Kierulff MCM, Mendes SL, Tavares VC, Mittermeier RA, Patton JL (2012) Lista anotada dos mamíferos do Brasil 2ª Edição Annotated checklist of Brazilian mammals. *Occas Pap Conserv Biol* 6:76
- Pradel R (2005) Multievent: An extension of multistate capture-recapture models to uncertain states. *Biometrics* 61:442–447
- Puida DBC, Paglia AP (2015) Primary productivity and the demography of *Gracilinanus agilis*, a small semelparous marsupial. *J Mammal* 96:221–229
- Rossi RV, Bianconi GV (2011) Ordem Didelphimorphia. In: Reis NR, Peracchi AL, Pedro WA, Lima IP (eds) *Mamíferos do Brasil* 2ed. Londrina, pp 31–69

- Santoro S, Green AJ, Figuerola J (2016) Immigration enhances fast growth of a newly established source population. *Ecology* 97:1048–1057
- Silva SAO (2014) Análise de variáveis meteorológicas no município de Mossoró-RN (1970-2013). Monography, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Brazil. 55 pp
- Sobral G, Oliveira JA (2014) Annual age structure and reproduction in the Caatinga red-nosed mouse, *Wiedomys pyrrhorhinos* (Rodentia, Sigmodontinae). *Therya* 5:509–534
- Speakman JR (2008) The physiological costs of reproduction in small mammals. *Philos Trans R Soc B* 363:375–398
- Strona ALS, Levenhagem M, Leiner NO (2015) Reproductive effort and seasonality associated with male-biased parasitism in *Gracilinanus agilis* (Didelphimorphia: Didelphidae) infected by *Eimeria* spp. (Apicomplexa: Eimeriidae) in the Brazilian cerrado. *Parasitology* 142(8):1086–1094
- Torquato JL (2015) Produção e consumo de frutos zoocóricos em dois fragmentos florestais do oeste do Rio Grande do Norte, Brasil. Dissertation, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mosoró. 51 pp
- Vasconcellos A, Andreazze R, Almeida AM, Araujo HF, Oliveira ES, Oliveira U (2010) Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. *Rev Bras Entomol* 54:471–476
- Vieira EM, De Camargo NF, Colas PF, Ribeiro JF, Cruz-Neto AP (2017) Geographic variation in daily temporal activity patterns of a neotropical marsupial (*Gracilinanus agilis*). *PLoS One* 12(1):e0168495
- Wolfe KM, Mills HR, Garkaklis MJ, Bencini R (2004) Post-mating survival in a small marsupial is associated with nutrient inputs from seabirds. *Ecology* 85:1740–1746

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As densidades das populações de pequenos mamíferos terrestres variaram sazonalmente e entre os anos do estudo. A sazonalidade foi marcada para as espécies de marsupiais enquanto para as espécies de roedores o padrão sazonal não foi tão claro. Era de esperar certa sincronia entre espécies que compartilham estratégias adaptativas comuns. Não obstante, nem todas as espécies mostraram exatamente os mesmos padrões de resposta ao longo do estudo, provavelmente, devido a diferentes tipos de dieta e estratégia reprodutiva. Ademais, a densidade das diferentes populações e, por extensão, da comunidade, poderiam estar influenciadas por a disponibilidade diferencial de recursos e refúgio em diferentes épocas do ano como consequência de possíveis diferenças nos ciclos vitais e respostas ao regime de chuvas. Durante a época de chuvas, quando aumenta significativamente a produção primária, se observou um aumento generalizado de marsupiais com sinais reprodutivos e presença maior de jovens no final da época chuvosa. Por outro lado, os roedores pareceram responder rapidamente a episódios de chuva pontuais. Nossos resultados mostraram que as oscilações climáticas ENOS, alterou os padrões de precipitação local e, consequentemente, afetou as densidades populacionais. Contudo, estudos de longa duração, que investigam a sazonalidade e os efeitos de fatores endógenos e exógenos sobre as populações de pequenos marsupiais e roedores neotropicais ainda são escassos. Este estudo pretende contribuir para o aumento do conhecimento existente sobre a ecologia de comunidades de pequenos mamíferos terrestres. Conhecer a relação entre a dinâmica destas comunidades e os fatores que as modelam é de suma utilidade no monitoramento das atuações de manejo desse meio e poderá servir como ferramenta no desenho, gestão e conservação de áreas naturais de Caatinga.