



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

ANTONIO ROBÉRIO GOMES FREIRE FILHO

**ECOLOGIA COMPORTAMENTAL E IMPACTOS ANTRÓPICOS SOBRE DOIS
PRIMATAS AMEAÇADOS DO NORDESTE: *SAPAJUS FLAVIUS* E *ALOUATTA
ULULATA*.**

Recife

2022

ANTONIO ROBÉRIO GOMES FREIRE FILHO

**ECOLOGIA COMPORTAMENTAL E IMPACTOS ANTRÓPICOS SOBRE DOIS
PRIMATAS AMEAÇADOS DO NORDESTE: *SAPAJUS FLAVIUS* E *ALOUATTA*
*ULULATA***

Tese de doutorado apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Biologia Animal, do
Departamento de Zoologia, da Universidade
Federal de Pernambuco, para obtenção do título de
Doutor em Biologia Animal.

Área de concentração: Biologia Animal

Orientadora: Prof^ª. Dr^a. Bruna M. Bezerra

**Recife
2022**

Catálogo na Fonte:
Bibliotecário Bruno Márcio Gouveia, CRB4/1788

Freire Filho, Antonio Robério Gomes

Ecologia comportamental e impactos antrópicos sobre dois primatas ameaçados no Nordeste : *Sapajus flavius* e *Alouatta ululata* / Antonio Robério Gomes Freire Filho. – 2022.

173 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Bruna M. Bezerra.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Recife, 2022.

Inclui referências e apêndices.

1. Primatas. 2. macaco-prego-galego. 3. Ecologia animal. I. Bezerra, Bruna M. (orientadora). II Título.

599.8

CDD (22.ed.)

UFPE/CB – 2022-304

ANTONIO ROBÉRIO GOMES FREIRE FILHO

**ECOLOGIA COMPORTAMENTAL E IMPACTOS ANTRÓPICOS SOBRE
DOIS PRIMATAS AMEAÇADOS DO NORDESTE - *SAPAJUS FLAVIUS* E
*ALOUATTA ULULATA***

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, do Departamento de Zoologia, da Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção do título de Doutor em Biologia Animal

Aprovado em: 28 / 09 / 2022

COMISSÃO EXAMINADORA

Dra. Mônica Mafra Valença Montenegro (Titular/Externo) - CPB/ICMBio

Dr. João Pedro Souza-Alves (Titular/Interno) – PPGBA- UFPE

Dr. Leonardo de Carvalho Oliveira (Titular/Externo) - UERJ

Dr. Marcos de Souza Fialho (Titular/Externo) - CEMAVE/ICMBio

Dra. Maria Adélia Borstelmann de Oliveira (Titular/Externo) - UFRPE

Dr. Diego Astúa de Moraes (Suplente/Interno) PPGBA - UFPE

Dra. Bárbara Lins Caldas de Moraes (Suplente/Externo) - CPB/ICMBio

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha família, principalmente, a minha mãe (Maria das Dores Freire) e ao meu pai (Antonio Robério Gomes Freire). Eles são muito importantes na minha vida e consequentemente na minha formação enquanto ser humano. Minha irmã (Raysa Gomes Freire) também é um pilar primordial nessa caminhada da vida. Um agradecimento especial, ao meu tio Elder (Francisco Elder Freire), ele, certamente, é um dos meus maiores apoiadores e eu me inspiro muito na história de sua vida dele para seguir em frente e não desistir. E todos os outros familiares que de uma forma ou de outra me ajudam nessa vida.

Nos dois últimos anos, uma pessoa muito especial surgiu na minha vida e contribui muito para produção dessa tese, minha esposa Thabata Cavalcante. Nós formamos um time muito bom.

Aos meus amigos(as), principalmente, Igor Inforzato pelo apoio incondicional ao meu trabalho e sempre me jogar para frente nessa vida. Uma das coisas que o Projeto Muriqui de Caratinga me deu foi essa grande amizade.

Também agradeço a Bruna Teixeira pela ajuda em campo e na vida, sempre me apoiando nessa caminhada e buscando fazer ciência em conjunto.

Gostaria de agradecer aos amigos(as) Gabi, Tuts e Vinícius pelo apoio no início dessa caminhada. Um super agradecimento a Babi (Bárbara Pires) por todo o apoio no início dessa caminhada.

Em particular, eu gostaria de agradecer ao senhor João Luiz e familiares por me permitirem desenvolver a pesquisa com as guaribas em sua propriedade no município de São Miguel do Tapuio, centro-norte do Piauí. Um agradecimento especial ao Valter Pereira de Oliveira e Maria Lúcia Vieira que me acolheram em sua casa durante o período de coleta de dados do Projeto Guariba e pelas histórias e conversas sobre a fauna local (vocês me ajudaram bastante a fazer ciência). Também quero agradecer ao Wando Vieira de Oliveira e ao Rodrigo Vieira de Oliveira pela ajuda em campo e pelas discussões sobre a dieta e comportamento das guaribas.

Agradeço a todos os alunos e professores contemporâneos do PPGBA que de alguma forma me ajudaram a analisar e a pensar melhor sobre os resultados que obtive neste estudo. De um modo geral, gostaria de agradecer as amizades construídas em Recife que me ajudaram a conhecer a cidade e todas as festas.

Sou grato aos assistentes de campo e de logística que me ajudaram na coleta de dados em campo sobre o macaco-prego-galego em Mataraca, divisa da Paraíba com o Rio Grande do Norte, Antonio Pedro (Peixe), Cristiano (Arroz), Fabiano, João Maria, Birino e Rodrigo. Agradecimento especial e fundamental para Antonio Pedro (Peixe) pela dedicação, quase religiosa, ao trabalho de campo, pelas trocas de ideias e discussões sobre os galegos, pela ajuda na identificação das plantas, por não demonstrar cansaço, pela disponibilidade, pela troca de aprendizado e pelo aprendizado mútuo e constante.

Agradeço a Cristal Mineração do Brasil, na figura de Geraldo Moraes e Virgílio Pinto, pelo apoio logístico, alojamento e alimentação durante as etapas de campo. Aos funcionários da Florativa pela ajuda em campo e retirada de dúvidas ao longo do período de trabalho de campo.

Apesar dos anos afastado em campo e devido a pandemia, eu agradeço a todos que compõem o LECC pelas ajudas pontuais e pelas conversas/discussões, muitas vezes polêmicas, que geramos no laboratório. Isso foi muito importante para a minha construção científica.

Quando penso em ciência e amizade me lembro de João Pedro. Esse cara que sempre está disponível a socorrer e discutir ciência. Ao longo desses anos foram inúmeras conversas e debates relacionados a diversos temas da primatologia. Valeu demais, João.

Agradeço a FACEPE e a CAPES pelas bolsas de doutorado que foram fundamentais para a construção deste trabalho. À Rufford Foundation agradeço o financiamento total do trabalho de campo tanto do Projeto Galego (23362-B) como do Projeto Guariba (196461), e por ser uma fundação primordial para a conservação das espécies ameaçadas de extinção em todo o mundo. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Gostaria de registrar o meu agradecimento ao mundo do aquarismo, em especial a criação do peixe betta (*Betta splendens*), pelo bem-estar proporcionado por essa atividade. A criação de peixe betta foi muito importante para a produção dessa tese.

Por último e de longe menos importante, meus eternos agradecimentos a minha orientadora Bruna Bezerra, ela foi fundamental para a elaboração e construção de todo esse trabalho. Muito obrigado pelas dicas, pelo apoio e por acreditar que eu poderia executar tudo isso.

RESUMO

Estudos que avaliam padrões ecológicos e comportamentais de primatas ameaçados são muito importantes para a ciência. Para elaborar estratégias efetivas de conservação para esses animais é essencial avaliar os impactos antrópicos atuais e futuros sobre esses padrões. Diante disso, esta tese objetivou descrever e analisar aspectos ecológicos e comportamentais e entender os efeitos dos impactos antrópicos sobre duas espécies de primatas ameaçadas de extinção no Nordeste do Brasil: *Alouatta ululata* e *Sapajus flavius*. A tese é composta por três artigos. Além disso, no apêndice, há um quarto artigo que já foi publicado e que também faz parte da tese. No primeiro artigo, foi avaliado o orçamento comportamental, o uso do espaço e a estrutura social das espécies-alvo. As duas espécies foram monitoradas por 12 meses. *Sapajus flavius* foram monitorados em fragmento de Mata Atlântica em Mataraca, Paraíba, Brasil. *Alouatta ululata* foram monitorados em um fragmento de Caatinga no município de São Miguel do Tapuio, Piauí, Brasil. Esse artigo mostra que as espécies apresentam estratégias ecológicas e comportamentais bem distintas, mas seguem o padrão dos seus respectivos gêneros. No segundo artigo, foi avaliado as influências potenciais das mudanças climáticas no orçamento comportamental e na ecologia das espécies alvo, trazendo novos dados para *A. ululata*, e traçando um paralelo com dados pré-existentes para *S. flavius*. Assim, foram utilizados dados ecológicos e comportamentais e informações sobre temperatura e pluviosidade para construir Modelos de Equações Estruturais (MEEs). Com base nas projeções do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) para a área de estudo, um ambiente mais quente e com taxas pluviométricas menores, *A. ululata* tenderá a aumentar a frequência relativa de descanso e utilizará copas mais fechadas e/ou mais baixas, enquanto que *S. flavius* tenderá a aumentar a frequência relativa de uso do chão e socialização nos períodos mais quentes do dia. No terceiro artigo, foi analisado os potenciais impactos das mudanças climáticas nas áreas prioritárias para a conservação de *A. ululata* e *S. flavius*. Inicialmente, foi construído o nicho climático para o tempo presente das espécies-alvo com base em um consenso de modelos (*ensemble*). Definiu-se as áreas prioritárias para a conservação das espécies. Por meio de um *ensemble* projetado para o futuro foi avaliado como que as mudanças climáticas poderiam afetar essas áreas. Os resultados mostraram que para *S. flavius* ocorrerá uma perda de nicho climático ao sul de sua distribuição geográfica e um ganho mais ao norte. Para *A. ululata* projeta-se uma perda de nicho climático para a região centro-norte do Piauí. No apêndice, está um artigo publicado que avaliou o uso de primatas

não-humanos por humanos no Nordeste do Brasil por meio de entrevistas semiestruturais. Este mostra apesar da relação harmônica com as comunidades humanas locais, *A. ululata* ainda é usado como fonte de alimento e recurso medicinal, e *S. flavius* também é caçado. A tese fornece informações sobre aspectos ecológicos e comportamentais das espécies-alvo e demonstra como os impactos antrópicos atuam sobre esses animais hoje e no futuro. Com esses resultados, espera-se contribuir com direcionamentos para conservação das duas espécies-alvo.

Palavras-chave: impacto antrópico; mudanças climáticas; orçamento comportamental; caça; guariba-da-caatinga; macaco-prego-galego; *ensemble*.

ABSTRACT

Studies that assess ecological and behavioral patterns of endangered primates are very important for science. To devise effective conservation strategies for these animals, it is essential to assess current and future human impacts on these patterns. This thesis aimed to describe and analyze ecological and behavioral aspects and understand the effects of human impacts on two endangered primate species in northeastern Brazil: *Alouatta ululata* and *Sapajus flavius*. The thesis consists of three papers. In the appendix, there is a fourth paper that has already been published and which is also part of the thesis. In the first paper, the behavioral budget, space use and social structure of the target species were evaluated. The two species were monitored for 12 months. *Sapajus flavius* were monitored in an Atlantic Forest fragment in Mataraca, Paraíba, Brazil. *Alouatta ululata* were monitored in a Caatinga fragment in the municipality of São Miguel do Tapuio, Piauí, Brazil. This paper shows that species have very different ecological and behavioral strategies, but follow the pattern of their respective genera. In the second paper, the potential influences of climate change on the behavioral budget and ecology of the target species were evaluated, bringing new data for *A. ululata*, and drawing a parallel with pre-existing data for *S. flavius*. Thus, ecological and behavioral data and information on temperature and rainfall were used to construct Structural Equation Models (SEMs). Based on the projections of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) for the study area, a warmer environment with lower rainfall rates, *A. ululata* will tend to increase the relative resting frequency and will use more closed and/or lower canopies, while *S. flavius* will tend to increase the relative frequency of floor use and socialization in the hottest periods of the day. In the third paper, the potential impacts of climate change on priority areas for the conservation of *A. ululata* and *S. flavius* were analyzed. Initially, the climatic niche for the present time of the target species was constructed based on a consensus of models (*ensemble*). Priority areas for species conservation were defined. Through an *ensemble* designed for the future, it was evaluated how climate changes could affect these areas. The results showed that for *S. flavius* there will be a loss of climatic niche in the south of its geographic range and a gain in the north. For *A. ululata*, a loss of climatic niche is projected for the central-northern region of Piauí. In the appendix, there is a published article that evaluated the use of non-human primates by humans in northeastern Brazil through semi-structural interviews. Despite the harmonious relationship with the local human communities, *A. ululata* is still used as a food source

and medicinal resource, and *S. flavius* is also hunted. The thesis provides information on ecological and behavioral aspects of the target species and demonstrates how anthropic impacts act on these animals today and in the future. With these results, it is expected to contribute with directions for the conservation of the two target species.

Keywords: climate change; behavioral budget; hunting; caatinga howler monkey; blonde capuchin; *ensemble*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

REFERENCIAL TEÓRICO

Figura 1 - Categorias comportamentais: Descansando (A), Locomoção (B), Alimentação (C), Socialização-brincadeira social (D), Vocalização (E) e Display agonístico (F).	23
Figura 2 - Categorias ecológicas: Uso de copa aberta (A); Uso de copa fechada (B); Uso do chão (C).	24
Figura 3 - Algumas campanhas virtuais que buscam conscientizar as pessoas sobre a importância de não tratar as espécies de primatas não-humanos como pets e o impacto desse comércio sobre os animais (Colagem feita com fotos de campanhas lançadas a internet e de uso livre de imagem..	28
Figura 4 - Macho jovem de macaco-prego (<i>Sapajus libidinosus</i>) mantido em cativeiro (A); Macaco-prego (<i>S. libidinosus</i>) mantido em cativeiro em uma jaula (B); Macaco-prego (<i>S. libidinosus</i>) mantido em cativeiro acorrentado pela cintura e vivendo encima de uma mesa de madeira (C).	29
Figura 5 - Atividades antrópicas que acentuam os efeitos das mudanças climáticas: Desmatamento e queimada de vegetação natural (A); criação de gado bovino de forma extensiva (B); garimpo ilegal na Amazônia (C); produção industrial e poluição do ar (D).	32
Figura 6 - Macacos-prego-galego (<i>Sapajus flavius</i>) (dois machos adultos e um macho jovem) fazendo display agonístico para o observador/fotógrafo. Registro realizado em Mataraca, Paraíba, durante a coleta de dados da presente tese.	36
Figura 7 - Macho adulto da guariba-da-caatinga (<i>Alouatta ululata</i>) vigilante a presença do observador/pesquisador.	40
Figura 8 - Macho adulto da guariba-da-caatinga (<i>Alouatta ululata</i>) de um dos grupos investigados para esta tese. O animal está vocalizando no início do dia (A); osso hioide de <i>A. ululata</i> (B); espectrograma da vocalização de longa distância de <i>A. ululata</i> criado com o programa Kaleidoscope (C).	42

ARTIGO 1 - ACTIVITY BUDGET, USE OF SPACE AND SOCIAL STRUCTURE IN TWO THREATENED PRIMATES: *SAPAJUS FLAVIUS* AND *ALOUATTA ULULATA*

Figure 1 - Northeast Region of Brazil, showing the locations of study sites for <i>Sapajus flavius</i> (i.e., Mataraca-PB) and <i>Alouatta ululata</i> (i.e., São Miguel do Tapuio -PI).....	48
--	----

Figure 2 - Sex-age classes used in the observations of <i>Sapajus flavius</i> : (A) Adult male (they are larger, with larger canines, a denser coat and a well-developed dewlap on the neck), (B) Adult female carrying a dependent infant (dependent infants were individuals being carried), (C) Sub-adult male (smaller and less robust make than adult males - but larger than adult females -, and with a poorly-developed dewlap), (D) Young male - Juvenile (small with little development of secondary sexual characteristics), (E) Young female - Juvenile (small females with little development of secondary sexual characteristics), (F) Independent infant.....	49
Figure 3 - Sex-age classes used in the observations of <i>Alouatta ululata</i> : (A) Adult male (males larger than adult females, long and dense coat, well-developed "beard" in the neck region where the hyoid bone is found), (B) Adult female (females with large nipples or chest, developed vulva (usually without hair) and a coat less well-developed "beard" than adult males), (C) Adult female carrying a dependent infant (dependent infants were individuals being carried), (D) Young male - Juvenile (small, with little development of secondary sexual characteristics), (E) Sub-adult male (smaller and less robust than adult males with a poorly developed "beard", in the neck region, where the hyoid bone is found), (F) Independent male infant in the top left.	50
Figure 4 - Examples of sub-classes of the Resting category: (A) Curled, (B) Sitting, (C) Lying on stomach on a branch fork, (D) Lying, (E) Lying on stomach on a branch. Such resting positions are similar to those reported for <i>Alouatta clamitans</i> by BICCA-MARQUES; CALEGARO-MARQUES (1998).	52
Figure 5 - Examples of sub-classes of the Travelling category: (A) Quadrupedal locomotion, (B) Suspended locomotion, (C) Jumping locomotion, (D) Vertical locomotion, (E) Bipedal locomotion.	53
Figure 6 - Spectrogram (bottom) and oscillogram (top) of the loud call uttered by the <i>Alouatta ululata</i> and considered in the analysis.	53
Figure 7 - The classification we used for collecting data on the strata used by the monkeys. E0: (ground); E1: (between 1 and 2 meters from the ground); E2: (between 2 and 5 meters from the ground); E3: (between 5 and 10 meters from the ground); E4: (between 10 and 15 meters from the ground); and E5: (above 15 from the ground).	54
Figure 8 - Behavioural activity budget in <i>Sapajus flavius</i> (right) inhabiting the Atlantic Forest and <i>Alouatta ululata</i> (left) inhabiting Caatinga Forest, Brazil. Relative frequency refers to the relative frequency of the behavioural category in dry and rainy months.	56

Figure 9 - Vertical use of the strata in <i>Sapajus flavius</i> inhabiting the Atlantic Forest and <i>Alouatta ululata</i> inhabiting Caatinga Forest. Relative frequency refers to the relative frequency of the strata used in dry and rainy months. E0: (ground); E1: (between 1 and 2 meters from the ground); E2: (between 2 and 5 meters from the ground); E3: (between 5 and 10 meters from the ground); E4: (between 10 and 15 meters from the ground); and E5: (above 15 from the ground).	57
Figure 10 - Distance-based redundancy analysis showing <i>Sapajus flavius</i> and <i>Alouatta ululata</i> as separate groups. Species and periods (rainy – R; and dry - D) were the factors in the PERMANOVA analysis. Activity budget, strata use, and group cohesion were used as the explanatory variables.	58

ARTIGO 2 - POTENCIAIS INFLUÊNCIAS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ORÇAMENTO COMPORTAMENTAL E NA ECOLOGIA DA GUARIBA-DA-CAATINGA, *ALOUATTA ULULATA* (MAMMALIA: ATELIDAE)

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo, evidenciando a região da fazenda Cágados no município de São Miguel do Tapuio.	77
Figura 2 - Matriz de correlação de <i>Pearson</i> nos três cenários de estudo: Período seco (A); Período chuvoso (B); Período seco e chuvoso (C). O degradê em vermelho representa uma relação negativa entre as variáveis e os tons mais forte mais representam uma interação mais forte. O degradê em azul indica uma relação positiva entre as variáveis, os tons em azul mais escuro significam uma relação mais evidente entre as variáveis. As relações que apresentaram correlações de <i>Pearson</i> com valores de $p < 0,05$ estão marcadas com um símbolo (*) branco.	83
Figura 3 - Modelagem de Equação Estrutural para <i>Alouatta ululata</i> , evidenciando os ajustes ecológicos e comportamentais que a espécie potencialmente deverá executar em resposta as mudanças climáticas. As setas contínuas significam uma relação positiva e as setas pontilhadas mostram uma relação negativas entre as variáveis das regressões realizadas pelo modelo. Temperatura média horária (Temp), frequência relativa de descanso (Desc), frequência relativa de uso de copa fechada (CopF), frequência relativa de vocalização (Voc), frequência relativa de uso dos estratos até 15 metros (E15), frequência relativa de posição de calor (PC), Pluviosidade média mensal (Pluv), frequência relativa de locomoção (Loc) e frequência relativa de registros com vizinho (CV).	87

ARTIGO 3 - POTENCIAIS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DO MACACO-PREGO-GALEGO (*SAPAJUS FLAVIUS*) E DA GUARIBA-DA-CAATINGA (*ALOUATTA ULULATA*)

Figura 1 - Localização da área de estudo e os registros conhecidos de presença para *Sapajus flavius* e *Alouatta ululata*. 100

Figura 2 - Mapa do ensemble para nicho climático potencial de *Sapajus flavius* e *Alouatta ululata* em três diferentes cenários: presente (A), futuro no cenário mais otimista (ssp126) (B) e futuro no cenário mais pessimista (ssp585) (C). As cores mais quentes (vermelho mais escuro) representam áreas com adequabilidade climática muito alta e as cores mais frias (azul mais escuro) indicam área com adequabilidade climática mais baixa. 109

Figura 3 - Perda, ganho e manutenção de adequabilidade climática para *Sapajus flavius* e a localização das áreas importantes para a conservação da espécie. Distribuição dos pontos de ocorrência da espécie (A); Áreas com perda, ganho e manutenção de adequabilidade climática no cenário futuro mais otimista (ssp126) (B), Áreas com perda, ganho e manutenção de adequabilidade climática no cenário futuro mais pessimista (ssp585) (C). 110

Figura 4 - Perda, ganho e manutenção de adequabilidade climática para *Alouatta ululata* em: Áreas de alta prioridade e cenário futuro mais otimista (ssp126) (A), Áreas de alta prioridade e cenário futuro mais pessimista (ssp585) (B), Áreas relevantes e cenário futuro mais otimista (ssp126) (C) e Áreas relevantes e cenário futuro mais pessimista (ssp585) (D). 112

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1 - ACTIVITY BUDGET, USE OF SPACE AND SOCIAL STRUCTURE IN TWO THREATENED PRIMATES: *SAPAJUS FLAVIUS* AND *ALOUATTA ULULATA*

Table 1 - Description of the behavioural categories used during scan sampling observations of <i>Sapajus flavius</i> and <i>Alouatta ululata</i> , observed in an Atlantic Forest fragment in Mataraca-PB and an arboreal Caatinga fragment in São Miguel do Tapuio-PI, respectively.	51
Table 2 - Results of PERMANOVA show that <i>Sapajus flavius</i> and <i>Alouatta ululata</i> can be distinguished by their activity budget.....	58
Table 3 - Available behavioural budget of species of the genus <i>Alouatta</i> , <i>Sapajus</i> and <i>Cebus</i> (the last two genera are both capuchin monkeys).	61

ARTIGO 2 - POTENCIAIS INFLUÊNCIAS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ORÇAMENTO COMPORTAMENTAL E NA ECOLOGIA DA GUARIBA-DA-CAATINGA, *ALOUATTA ULULATA* (MAMMALIA: ATELIDAE)

Tabela 1 - Composição sexo-etária dos grupos estudados.	78
Tabela 2 - Modelos de Equação Estruturais que melhor explicam a relação entre as variáveis respostas (linhas cinzas) e as variáveis explicativas (primeira coluna) em três cenários diferentes (Período Seco; Período Chuvoso; Período Seco e Chuvoso). As constantes resultantes das regressões realizadas pelo MEE mostram as relações de cada variável resposta e suas variáveis explicativas. Os valores de P não significativos para Qui-quadrado e RMSEA indicam a boa qualidade do nosso modelo.	85

ARTIGO 3 - POTENCIAIS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DO MACACO-PREGO-GALEGO (*SAPAJUS FLAVIUS*) E DA GUARIBA-DA-CAATINGA (*ALOUATTA ULULATA*)

Tabela 1 - Pontos de registro de <i>Sapajus flavius</i> e <i>Alouatta ululata</i> utilizados para a construção dos modelos.....	102
---	-----

Tabela 2 - Perda, ganho e manutenção de adequabilidade climática para <i>Sapajus flavius</i> e <i>Alouatta ululata</i> , considerando as duas classes de Áreas prioritárias e os dois Cenários de mudanças climáticas.	113
Tabela 3 - Caracterização ambiental das regiões com adequabilidade climática perdidas dentro do mapa de nicho climático de <i>Sapajus flavius</i> e dentro das Áreas de alta prioridade para a conservação de <i>Alouatta ululata</i>	115

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1.1 OBJETIVOS	20
1.1.1 Objetivo geral	20
1.1.2 Objetivos específicos	20
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 ORÇAMENTO COMPORTAMENTAL DOS PRIMATAS.....	21
2.2 O USO E A RELAÇÃO DOS SERES HUMANOS COM OS PRIMATAS NÃO-HUMANOS	26
2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PRIMATAS NÃO-HUMANOS	31
2.4 MACACO-PREGO-GALEGO, <i>SAPAJUS FLAVIUS</i>	34
2.4.1 Taxonomia.....	34
2.4.2. Distribuição e ameaçadas	34
2.4.3. Ecologia comportamental	37
2.5 GUARIBA-DA-CAATINGA, <i>ALOUATTA ULULATA</i>	38
2.5.1 Taxonomia.....	38
2.5.2. Distribuição e ameaças.....	39
2.5.3. Ecologia comportamental	40
3 ARTIGO 1 - ACTIVITY BUDGET, USE OF SPACE AND SOCIAL STRUCTURE IN TWO THREATENED PRIMATES: <i>SAPAJUS FLAVIUS</i> AND <i>ALOUATTA ULULATA</i> ..	44
3.1 INTRODUCTION.....	45
3.2 METHODOLOGY	47
3.2.1 Animals and study areas.....	47
3.2.1 Data collection	48
3.2.1 Data analysis	55
3.3 RESULTS	56
3.3.1 Activity budget and use of space by <i>Sapajus flavius</i> and <i>Alouatta ululata</i>	56
3.3.2 Home range and forest productivity.....	58
3.3.3 Group structure, season and forest productivity	59
3.4 DISCUSSION	61
3.5 REFERENCES.....	65

4 ARTIGO 2 - POTENCIAIS INFLUÊNCIAS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ORÇAMENTO COMPORTAMENTAL E NA ECOLOGIA DA GUARIBA-DA-CAATINGA, *ALOUATTA ULULATA* (MAMMALIA: ATELIDAE).....74

4.1 INTRODUÇÃO	75
4.2 METODOLOGIA	77
4.2.1 Área de estudo	77
4.2.2 Coleta de dados.....	78
4.2.3 Análises dos dados.....	79
4.3 RESULTADO	82
4.3.1 Influência da temperatura e da pluviosidade no orçamento comportamental.....	82
4.3.2 Influência da temperatura e da pluviosidade no uso do espaço vertical.....	83
4.3.3 Influência da temperatura e da pluviosidade na coesão grupal e posição de descanso.....	84
4.3.3 Potenciais ajustes comportamentais para as mudanças climáticas: Modelagem de Equações Estruturais (MEE)	84
4.4 DISCUSSÃO.....	88
4.5 REFERÊNCIAS	92

5 ARTIGO 3 - POTENCIAIS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DO MACACO-PREGO-GALEGO (*SAPAJUS FLAVIUS*) E DA GUARIBA-DA-CAATINGA (*ALOUATTA ULULATA*).....96

5.1 INTRODUÇÃO	96
5.2 METODOLOGIA	99
5.2.1 Área de estudo	99
5.2.2 Construção do nicho ecológico climático	101
5.2.3 Áreas importantes ou prioritárias para a conservação das espécies-alvo.....	105
5.2.4 Mudanças climáticas e as áreas prioritárias para a conservação da espécie.....	106
5.3 RESULTADOS	108
5.3.1 Nicho ecológico climático.....	108
5.3.2 Áreas importantes e/ou prioritárias e mudanças climáticas	109
5.4 DISCUSSÃO.....	116
5.5 REFERÊNCIAS	122

6 CONCLUSÕES GERAIS	129
REFERÊNCIAS.....	132
APÊNDICE A - USES OF NONHUMAN PRIMATES BY HUMANS IN NORTHEASTERN BRAZIL	145

1 INTRODUÇÃO

Os primatas não-humanos representam um grupo de animais com ampla distribuição em todas as regiões do planeta, conseguindo se adaptar a diferentes tipos de ambientes e climas (ESTRADA *et al.*, 2017; GALÁN-ACEDO *et al.*, 2019; GARBER, 2022). Contudo, a grande maioria das espécies de primatas não-humanos estão concentradas na América latina, continente africano, Madagascar e Ásia (ESTRADA *et al.*, 2017). Em termos evolutivos, esses animais são os seres vivos mais próximos dos seres humanos (ESTRADA *et al.*, 2017). Esta proximidade evolutiva faz com que as diversas espécies de primatas não-humanos nos forneçam informações únicas sobre a nossa evolução, biologia, comportamento e as ameaças de doenças emergentes (ESTRADA *et al.*, 2017). Os primatas não-humanos também desempenham um papel muito importante na cultura, na religião, na medicina tradicional e como fontes de alimento em muitas sociedades humanas (ALVES; SOUTO; BARBOZA, 2010; ESTRADA *et al.*, 2017). Além disso, os primatas desempenham papéis essenciais na estrutura, função e resiliência do ecossistema (GALÁN-ACEDO *et al.*, 2019).

Atualmente, existem 520 espécies e 275 subespécies de primatas no planeta (ITIS, 2021). Estes táxons pertencem a 80 gêneros e 16 famílias (ITIS, 2021). Apesar de toda essa diversidade, 65% das espécies de primatas estão listadas como Vulneráveis, Ameaçadas ou Criticamente Ameaçadas (ESTRADA *et al.*, 2017; ESTRADA; GARBER; CHAUDHARY, 2019; GARBER, 2022), e mais de 93% estão passando por um processo de declínio populacional (ESTRADA; GARBER, 2022).

Madagascar e o Brasil são as regiões do globo com o maior número de espécies de primatas (ESTRADA; GARBER; CHAUDHARY, 2019). O Brasil mantém 131 espécies de primatas não-humanos (IUCN, 2021). Desse total, 51 espécie têm algum grau de ameaça: 9 espécies são classificadas como Criticamente Ameaçada de extinção (CR), 15 espécies Ameaçadas de extinção (EN) e 27 espécies são classificadas como Vulneráveis (VU) (IUCN, 2021).

Dessa forma, os primatas não-humanos estão enfrentando um processo de extinção global resultante da expansão da população humana, degradação ambiental, alterações das florestas tropicais em monoculturas para agricultura industrial e pecuária, extração insustentável de recursos naturais, caça, mudanças climáticas e a ameaça de doenças zoonóticas emergentes (ESTRADA *et al.*, 2017; ESTRADA; GARBER; CHAUDHARY, 2019; GALÁN-

ACEDO *et al.*, 2019; GARBER, 2022). As projeções indicam que, até o final do século, mais 75% da área atualmente ocupada por primatas não-humanos será perdida para a agricultura (ESTRADA *et al.*, 2017; ESTRADA; GARBER; CHAUDHARY, 2019; GALÁN-ACEDO *et al.*, 2019; GARBER, 2022).

Durante décadas muitos cientistas dedicaram grande parte de suas vidas a estudar e promover a conservação dos primatas não-humanos (GARBER, 2022), mas os desafios ainda são grandes. Diante disso, é cada vez mais necessário compreender como que estas espécies poderão sobreviver nos cenários futuros de mudanças climáticas e impactos antrópicos esperados e desenvolver medidas mais eficientes para a conservação desses animais (ESTRADA *et al.*, 2017; ESTRADA; GARBER; CHAUDHARY, 2019; GALÁN-ACEDO *et al.*, 2019; GARBER, 2022).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

A presente tese objetivou analisar aspectos da ecologia comportamental de dois primatas ameaçados de extinção do Brasil (*i.e.*, *Alouatta ululata* e *Sapajus flavius*), e compreender como impactos antrópicos podem afetar esses primatas no presente e no futuro.

1.1.2 Objetivos específicos

- Compreender o perfil ecológico e comportamental das espécies-alvo;
- Analisar as relações entre as comunidades humanas locais e as espécies-alvo;
- Investigar como potenciais alterações climáticas futuras podem alterar a ecologia comportamental das espécies-alvo.
- Compreender como mudanças climáticas previstas para o futuro poderão afetar a distribuição e as áreas prioritárias (e/ou importantes) para a conservação das espécies-alvo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esse referencial teórico visa elucidar diferentes tópicos tratados nos artigos desta tese de doutorado. Aqui é mostrado como cada tema tratado tem sua relevância para estudos com primatas e para este estudo. Além dos temas gerais, o referencial também contará com informações sobre as duas espécies-alvo desta tese, o macaco-prego-galego (*Sapajus flavius*) e a guariba-da-caatinga (*Alouatta ululata*). Diante disso, o referencial teórico está dividido em cinco partes. Na primeira parte, tem uma abordagem geral sobre o “Orçamento comportamental dos primatas”. Esta seção mostra como as espécies de primatas não-humanos podem ajustar o seu orçamento comportamental e/ou aspectos ecológicos consoante a alterações climáticas e/ou ambientais. Na segunda parte, foi apresentada uma visão geral sobre “O uso e a relação dos seres humanos com os primatas não-humanos”. Aqui, mostra-se como são as interações entre estes dois grupos de animais e como os seres humanos fazem uso dos primatas não-humanos, buscando abordar aspectos históricos. A terceira parte intitulada “Mudanças climáticas e primatas não-humanos” trata dos impactos potenciais das mudanças climáticas na América do sul e como as espécies de primatas não-humanos podem sobreviver frente a essas alterações climáticas. A seção explora como o clima pode afetar o orçamento comportamental e aspectos ecológicos dos primatas. Na quarta e na quinta seção, apresenta-se as espécies-alvo da tese, o macaco-prego-galego (*Sapajus flavius*) e a guariba-da-caatinga (*Alouatta ululata*), respectivamente. Em cada seção mostra-se aspectos históricos, debates taxonômicos, distribuição e aspectos ecológicos e comportamentais de cada espécie. Este referencial teórico visa embasar esta tese, a qual se propõe a elucidar diferentes aspectos das espécies-alvo, incluindo orçamento comportamental e aspectos ecológicos, interações e/ou uso pelos seres humanos, e impactos potenciais das mudanças climáticas sobre as mesmas, para apoiar estratégias futuras de conservação.

2.1 ORÇAMENTO COMPORTAMENTAL DOS PRIMATAS

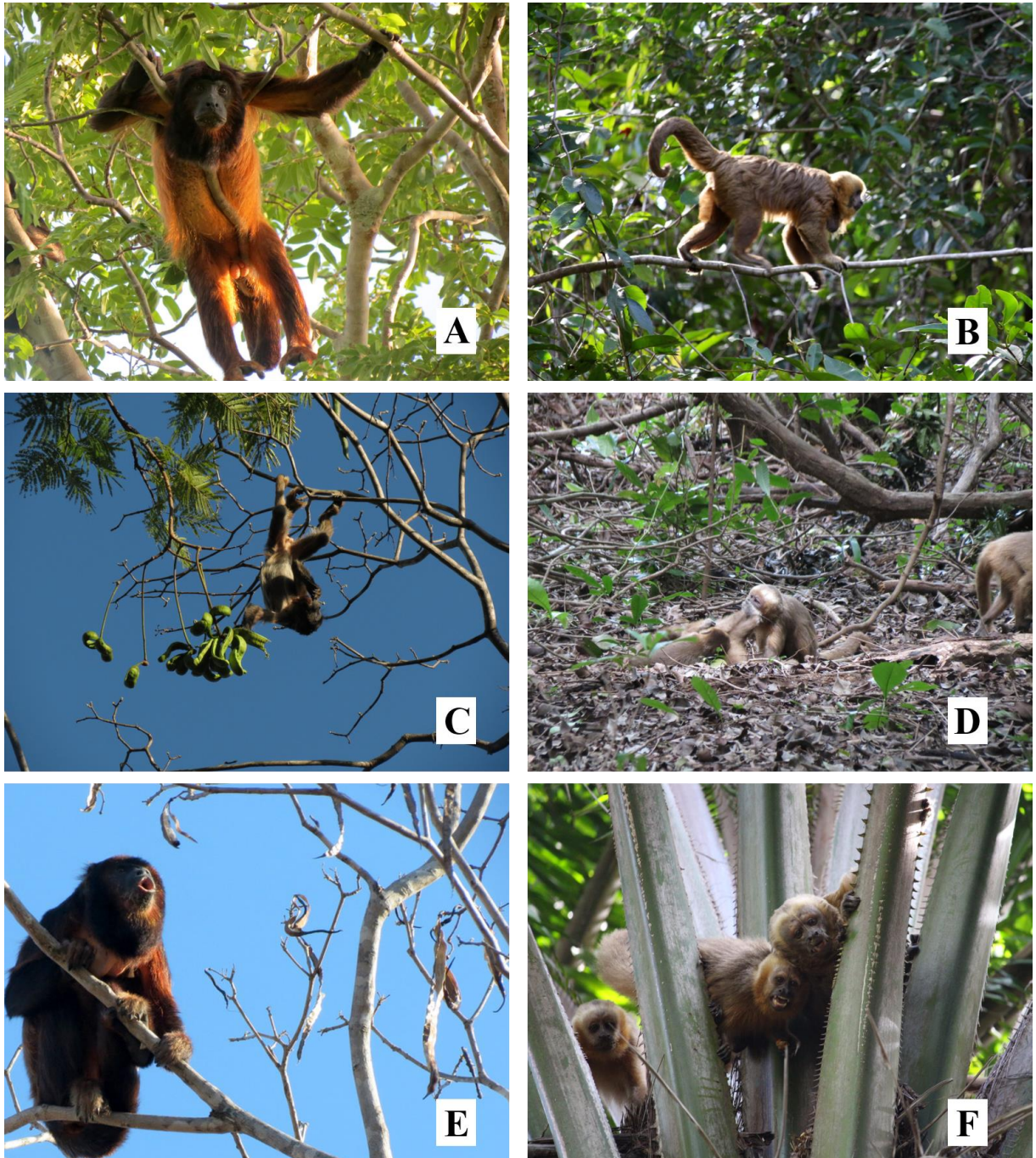
O orçamento de atividade ou orçamento comportamental (do inglês, *activity budget* ou *behavioural time budget*) representa o tempo gasto e/ou dedicado a um determinado conjunto de atividades (PRATES; BICCA-MARQUES, 2008; CHARLES-DOMINIQUE, 1991; GUO; LI; WATANABE, 2007; HANYA, 2004; MATSUDA; TUUGA; HIGASHI, 2009; NEKARIS, 2001; SCHREIER *et al.*, 2021). O orçamento de atividade é usualmente calculado com base na

frequência relativa de cada categoria comportamental (*e.g.* descanso, locomoção, alimentação, socialização e vocalização Figura 1) e/ou ainda categoria ecológica como uso do espaço (*e.g.* uso de copa fechada, uso de copa aberta, uso do chão (Figura 2), comendo fruto maduro, comendo folha). Para calcular esse orçamento para primatas, diversos pesquisadores têm usado a seguinte fórmula:

$$y=(n_y/N)*100 \quad (1)$$

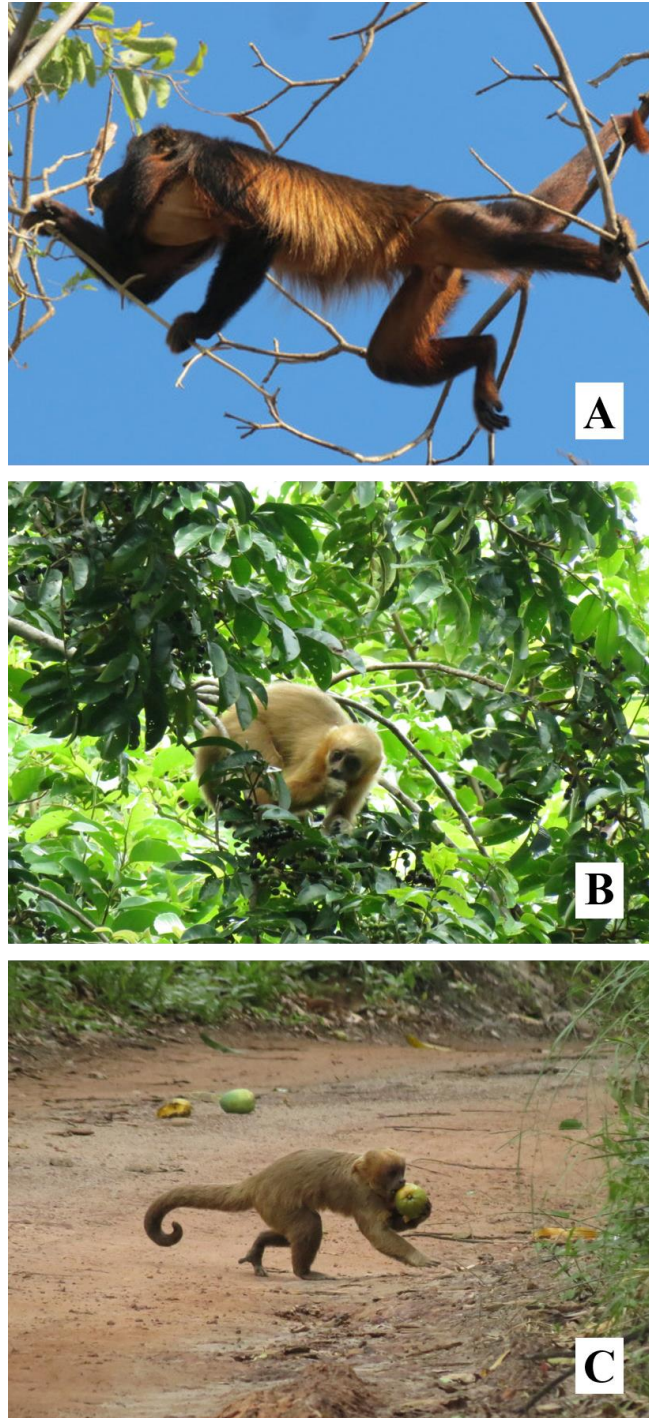
Onde n_y corresponde ao número de registros para a categoria y , e N o número total de registros (DE OLIVEIRA; LYNCH ALFARO; VEIGA, 2014; PINHEIRO; FERRARI; LOPES, 2013 – Considerando os gêneros *Alouatta*, *Cebus* e *Sapajus*, informações sobre o orçamento comportamental e ou ecológico estão disponíveis para mais de 17 espécies na Table 3 do Artigo 1 desta tese).

Figura 1 - Categorias comportamentais: Descansando (A), Locomoção (B), Alimentação (C), Socialização-brincadeira social (D), Vocalização (E) e Display agonístico (F).



Fonte: Autor (A, C e E – 2019; B, D e F – 2018).

Figura 2 - Categorias ecológicas: Uso de copa aberta (A); Uso de copa fechada (B); Uso do chão (C).



Fonte: Autor (A – 2019; B e C – 2018).

As espécies de primatas tendem a realizar ajustes no orçamento de atividades, permitindo que os animais se adaptem a diferentes circunstâncias e consigam sobreviver (ABREU *et al.*, 2016; KAMILAR; COOPER, 2013; MCLENNAN; SPAGNOLETTI; HOCKINGS, 2017). Estes ajustes comportamentais e ecológicos podem ser influenciados por

diversos fatores como, por exemplo, aspectos climáticos (e.g. temperatura - HANYA, 2004; e pluviosidade - MAJOLO *et al.*, 2013), interações com outras espécies de primatas não-humanos (e.g. competição por alimento e por espaço (FASHING, 2001; ISBELL; YOUNG, 1993; TEICHROEB *et al.*, 2003), impactos antrópicos (BUSTAMANTE-MANRIQUE *et al.*, 2021), disponibilidade ou sazonalidade de recursos alimentares e qualidade do habitat (GABRIEL, 2013; GOGARTEN *et al.*, 2014; HEESSEN *et al.*, 2013; LOUSA; DE GRANDE; MENDES, 2022; RUPPERT *et al.*, 2018).

Algumas pesquisas que já avaliaram como o orçamento de atividade ou orçamento comportamental podem ser influenciados por aspectos climáticos e/ou ambientais. Por exemplo, em um fragmento florestal da Costa Rica (La Suerte Biological Research Station), SCHREIER *et al.* (2021) buscaram compreender se o efeito de borda presente no fragmento influencia na atividade e na coesão espacial de indivíduos de *Alouatta palliata*. Os pesquisadores previram que os animais dedicariam mais tempo se alimentando ou descanso e um menor tempo se locomovendo, pois há uma menor disponibilidade de recursos nas bordas dos fragmentos. Além disso, eles também acreditavam que a coesão espacial seria menor na borda do fragmento para mitigar a competição alimentar. Contrário as suas previsões, os autores concluíram que *A. palliata* gastaram proporções iguais de tempo se alimentando, descansando e se locomovendo na borda e no interior do fragmento florestal. Em uma área urbanizada de Goiânia no Brasil, LOUSA; DE GRANDE; MENDES (2022) estudaram o orçamento de atividade e as estratégias de forrageio de dois grupos de *Sapajus libidinosus* que habitavam um pequeno fragmento florestal urbanizado. Os autores observaram que os membros dominantes do grupo dedicavam mais tempo as áreas onde havia alimento oferecido pelos seres humanos do que membros subordinados do grupo. Essa diferença se acentuou durante a estação seca, onde a disponibilidade de frutos nativos era menor. Os resultados ilustraram como *S. libidinosus* podem responder à variação de fatores como dominância intergrupo e sazonalidade. Isso foi determinante para a variação da dieta e do uso do espaço observado entre os dois grupos estudados. MARTINS *et al.* (2022) por sua vez, coletaram dados sobre dieta e área de vida de um grupo de *Sapajus robustus* com acesso à floresta e áreas cultivadas, na Reserva Natural Vale, Espírito Santo, Brasil. Os autores hipotetizaram que *S. robustus* usariam mais as áreas cultivadas (com frutos de plantas exóticas) para alimentação durante a estação de escassez de frutas na floresta circundante e teriam um tamanho de área de vida pequeno devido à maior disponibilidade de frutas. Apesar da maior disponibilidade de frutas cultivadas, os macacos consumiam mais frutas da floresta na grande maioria dos meses do ano, com exceção de janeiro.

Neste mês o número de registro de alimentação de frutas exóticas foi maior do que os de frutas nativas. A área de vida de *S. robustus* foi menor do que para a maioria das outras espécies de *Sapajus*, e menor na estação seca em comparação com a estação chuvosa.

Informações referentes aos ajustes no orçamento comportamental e ecológico dos primatas são ferramentas muito valiosas para as tomadas de decisão com o intuito de conservar espécies de primatas ameaçadas de extinção. Estas informações nos permitem, por exemplo, compreender como as espécies de primatas não-humanos conseguem sobreviver em ambientes com diferentes graus de antropização (LOUSA; DE GRANDE; MENDES, 2022; MARTINS *et al.*, 2022; SCHREIER *et al.*, 2021), e possibilitam desenvolver estratégias para a conservação dessas espécies (EL ALAMI *et al.*, 2012; GUZMÁN *et al.*, 2016; STRUM, 2010).

2.2 O USO E A RELAÇÃO DOS SERES HUMANOS COM OS PRIMATAS NÃO-HUMANOS

Os seres humanos interagem com diversos organismos de diferentes maneiras (ALVES, 2012), tais como fonte de alimento (DUNCAN; BLACKBURN; WORTHY, 2002; FA; BROWN, 2009; RIPPLE *et al.*, 2016), uso como *pet* (LE ROUX; WRIGHT, 2020; MORI *et al.*, 2017), medicina tradicional (ALONSO-CASTRO, 2014; ALVES, 2009; ALVES; OLIVEIRA; MEDEIROS, 2017), amuletos religiosos e/ou místicos (ALVES; SOUTO; BARBOZA, 2016), modelos biomédicos para pesquisas (ANDERSSON, 2006; HAMERNIK, 2019), fontes de produtos de interesse medicinal ou farmacêutico (ALVES; ROSA, 2007; PEREIRA; COSTA-LOTUFO, 2012; TROWELL, 2003) e artigos de decoração ou ornamentação (ALVES, 2012; ALVES; MOTA; DIAS, 2018).

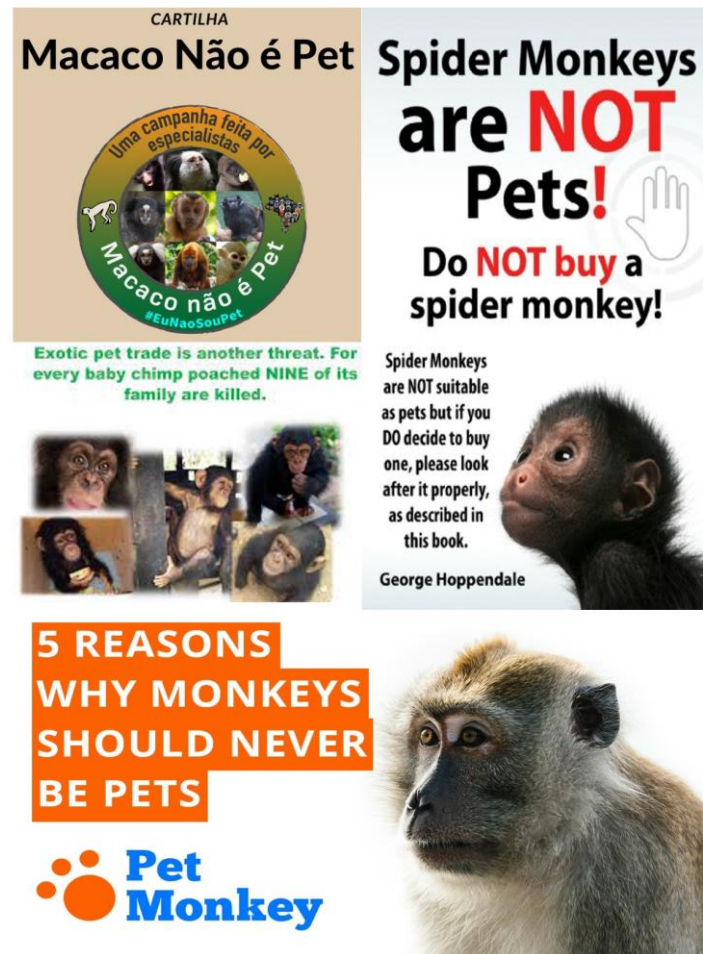
Com relação as relações entre os seres humanos e as espécies de primatas não-humanos, é possível observar diferentes níveis de relevância (FUENTES; WOLFE, 2002). Por exemplo, os índios Guajá que vivem em florestas de terra firme no oeste do Maranhão, Brasil, utilizam sete espécies de primatas como fonte de alimento e *pets* (CORMIER, 2002). Os primatas adultos são as principais fontes de alimento dos Guajá no final da estação chuvosa, já os filhotes são mantidos como *pets* e tratados como filhos dependentes pelas mulheres da tribo, servindo para melhorar a imagem culturalmente valorizada da mulher fértil (CORMIER, 2002). O conhecimento etnobotânico dos indígenas Guajás é influenciado pela relação com os primatas - das 184 espécies de plantas que eles conhecem e são consumidas por mamíferos, 65% são fonte de alimento das espécies de primatas (CORMIER, 2002). Um outro nível de interação

entre os Guajás e os primatas está relacionado com um possível endocanibalismo. Estes indígenas consideram as guaribas (primatas o gênero *Alouatta*) mais próximos a eles do que qualquer outra espécie de animal, pois eles acreditam que as guaribas tenham sido criadas diretamente pelo povo Guajá (CORMIER, 2002).

Ao longo do tempo evolutivo, as espécies de primatas não-humanos apresentaram diferentes funções na nossa sociedade (FUENTES; WOLFE, 2002). Inicialmente, as espécies de primatas não-humanos eram vistas como possíveis competidores por recurso e espaço e/ou fontes de alimento pelos seres humanos, mas com o passar dos tempos os primatas não-humanos começaram a serem utilizados na medicina tradicional, na religião e rituais (FUENTES, 2006; FUENTES; WOLFE, 2002). Estas interações com os seres humanos permanecem até hoje, mas novas relações entre estes dois grupos de animais vêm surgindo com o passar dos anos (ALVES, 2012; ALVES; SOUTO; BARBOZA, 2016; FUENTES; WOLFE, 2002). Nas últimas décadas, os primatas não-humanos são utilizados como modelos biomédicos (TORRES *et al.*, 2010) e sentinelas de possíveis doenças (KOWALEWSKI *et al.*, 2011). Contudo, tais funções e/ou interações variam consoante a nossa cultura e as características ambientais de cada região do planeta (ALVES; SOUTO; BARBOZA, 2016; FUENTES; WOLFE, 2002)

Atualmente, as espécies de primatas não-humanos, além de serem utilizadas como fonte de proteína para a alimentação, também são ou foram utilizadas como entretenimento em programas de televisão, sites da internet ou aplicativos (AGORAMOORTHY; HSU, 2005; FUENTES; WOLFE, 2002; MORROW; JAMESON; TRINIDAD, 2016). Inclusive, primatas tem sido alvo recente de várias campanhas nas redes sociais para acabar com essa cultura de uso desses animais como animais de estimação (Figura 3). Além disso, primatas não-humanos também são mantidos em zoológicos (algumas vezes envolvidos em programas de conservação de espécies ameaçadas) e observados em safaris (AGORAMOORTHY; HSU, 2005; FUENTES; WOLFE, 2002; MORROW; JAMESON; TRINIDAD, 2016). Os primatas não-humanos também são utilizados e considerados excelentes modelos experimentais, devido ao elevado grau de homologia genética com os seres humanos e similaridades fisiológicas e bioquímicas (FRIEDMAN *et al.*, 2017; GARBARINI, 2010; TORRES *et al.*, 2010).

Figura 3 - Algumas campanhas virtuais que buscam conscientizar as pessoas sobre a importância de não tratar as espécies de primatas não-humanos como pets e o impacto desse comércio sobre os animais (Colagem feita com fotos de campanhas lançadas a internet e de uso livre de imagem).



Fonte: <https://www.sbprimatologia.org.br/5393-2/>; <https://www.amazon.com.br/Spider-Monkeys-suitable-described-English-ebook/dp/B00II521XS>; <https://www.facebook.com/pages/So-You-Want-to-Buy-aMonkeyThinkAgain/212211392179615>; <https://unbate.com/article/why-monkeys-do-not-make-good-pets>).

Os primatas são considerados atraentes como animais de estimação, pois são vistos como “fofos e engraçados” e, muitas vezes, se comportam de maneiras semelhantes aos seres humanos (ESTRADA *et al.*, 2017; PHILLIPS *et al.*, 2014). Muitas espécies de primatas não-humanos são mantidas em cativeiro, uma prática muito comum em diversos povos indígenas, mas que também é muito presente em comunidades locais e meio urbano (Figura 4) (FUENTES; WOLFE, 2002). Atualmente, a existência de vídeos de primatas com roupas ou realizando comportamentos similares aos seres humanos em diversas plataformas digitais tendem a estimular a aquisição desses animais como pet (BERGIN; ATOUSSI; WATERS, 2018; LEIGHTY *et al.*, 2015; NORCONK *et al.*, 2020). Humanos, em todo o mundo, também

utilizam partes de outras espécies de primatas para tratar doenças por meio da medicina popular (ALVES; SOUTO; BARBOZA, 2010; ALVES; SOUTO; BARBOZA, 2016; FUENTES; WOLFE, 2002). Por exemplo, as pessoas usam o osso hioide das guaribas (*Alouatta ululata*) para tratar doenças respiratórias, no Nordeste do Brasil (FREIRE FILHO *et al.*, 2021a); gibões (*Hylobates leucogenys*) são utilizados para produzir tônico para gestantes, Vietnam (EAMES; ROBSON, 1993); a carne do langur de cara roxa é usada para tratar para a asma ou problemas de visão, no Sri Lanka (NAHALLAGE *et al.*, 2008).

Figura 4 - Macho jovem de macaco-prego (*Sapajus libidinosus*) mantido em cativeiro (A); Macaco-prego (*S. libidinosus*) mantido em cativeiro em uma jaula (B); Macaco-prego (*S. libidinosus*) mantido em cativeiro acorrentado pela cintura e vivendo encima de uma mesa de madeira (C).



Fonte: (A) Autor (2016); (B) Naylê Holanda (2019); (C) Naylê Holanda (2019).

Além de sua importância utilitária, os primatas não-humanos desempenham um papel importante em expressões culturais como arte, música, literatura e outras diferentes manifestações culturais (ALVES; SOUTO; BARBOZA, 2016). Animais (incluindo primatas não-humanos) são valiosos para as pessoas não apenas porque fornecem benefícios econômicos, mas porque também foram incorporados ao nosso senso de lugar e estão consagrados em práticas culturais de longa data (ALVES; SOUTO; BARBOZA, 2016).

Diversas culturas acreditam em mitologias e muitas apresentam integração muito próxima e conexões com animais totêmicos, ancestrais ou mitológicos (imaginários) ou deuses-animais, que estariam presentes ao longo da história humana (ALLABY, 2010; ALVES, 2012; KEMMERER, 2011).

O entendimento destas interações entre primatas humanos e primatas não-humanos é um importante componente para a conservação de espécies ameaçadas de extinção, sendo uma área ainda emergente na primatologia neotropical, mas muito necessária (DANIELSEN *et al.*, 2010; FUENTES, 2006; FUENTES; HOCKINGS, 2010). Tais interações são abordadas pela etnoprmatologia, uma subdivisão da etnozootologia (ALVES; SOUTO; BARBOZA, 2016). Tais estudos são imprescindíveis para a compreensão dos fatores sociais, econômicos e culturais que influenciam essas relações e podem auxiliar na elaboração de planos de manejo sustentável, sendo, portanto, essenciais para a conservação (ALVES; SOUTO; BARBOZA, 2016).

De acordo com NORCONK *et al.* (2020), o comércio registrado de primatas não-humanos vivos é muito lucrativo e complexo, envolvendo a captura e movimentação de centenas de milhares de indivíduos por ano para os mercados biomédico, indústria de entretenimento e comércio de *pet*. Com base em informações obtidas pela *the Convention on International Trade on Endangered Species of Wild Flora and Fauna (CITES)*, NIJMAN *et al.* (2011) constataram que o número de primatas negociados em todo o mundo aumentou de forma constante entre 1995 e 2008. Em 2015, o volume de comércio de primatas foi estimado em 138 milhões de dólares, um aumento de 98 milhões em 2012. Desde 2008, China, Camboja e Vietnã são os três maiores exportadores de primatas vivos (NORCONK *et al.*, 2020). Contudo, esses números, certamente, estão subestimados e o comércio de primatas não-humanos em diversos países não é registrado e/ou mensurado. Entre 1995 e 2009, o número de primatas criados em cativeiro exportados de signatários da CITES excedeu o número de primatas capturados na natureza (NIJMAN *et al.*, 2011). No entanto, por anos, o número total de primatas capturados na natureza foi subnotificado (NIJMAN *et al.*, 2011), estando países como Estados Unidos, França e Catar entre os principais importadores de primatas vivos (NORCONK *et al.*, 2020). FIALHO; LUDWIG; VALENÇA-MONTENEGRO (2016) mostraram que entre 1997 e 2013 foram exportados de forma legal 1737 primatas, sendo a grande parte pertencente ao gênero *Callithrix*.

Com o intuito de coibir o comércio de primatas vivos, NORCONK e colaboradores (2020) propõem o incentivo de todos os primatólogos(as) a gerar um plano de ação pessoal adaptado às circunstâncias locais, evitar a circulação de fotos de si mesmo com primatas e se

envolver com organizações ou pessoas locais que possam intervir efetivamente para impedir o comércio de primatas de estimação. Contudo, essa iniciativa não deve se restringir apenas aos primatólogos(as). Para impedir e/ou diminuir o tráfico de animais silvestre é muito importante a conscientização das comunidades locais, a criação de leis que penalizem essas atividades e a fiscalização/combate dessas atividades (DANIELSEN *et al.*, 2010; NORCONK *et al.*, 2020). O envolvimento dos moradores (*e.g.* inserindo-os nas atividades de pesquisa e explicando a importância do projeto) pode ajudar na implementação de programas de conservação eficazes (DANIELSEN *et al.*, 2010).

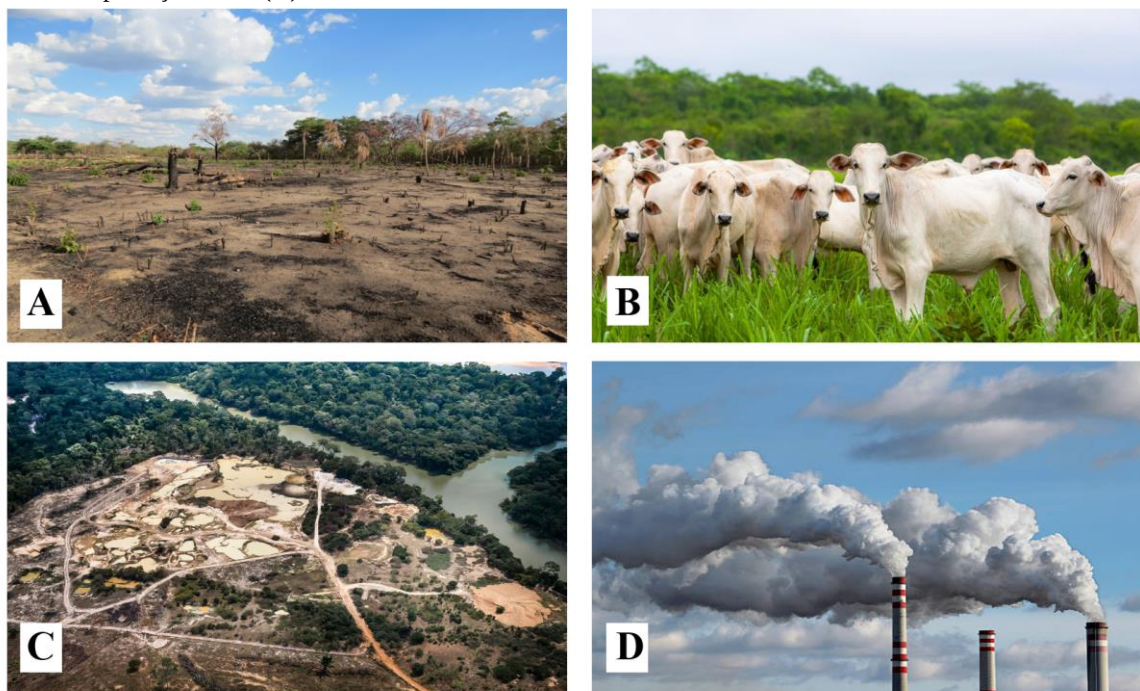
2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PRIMATAS NÃO-HUMANOS

A emissão de gases do efeito estufa causadas por atividades antrópicas resultaram em um aumento da temperatura média global da superfície terrestre em mais de 1°C desde os tempos pré-industriais (DIETZ; SHWOM; WHITLEY, 2020; HAUSTEIN *et al.*, 2017; STEWART; TURNER; MATTHEWS, 2020). Isso representa uma mudança no clima da Terra em uma taxa que provavelmente excede qualquer período conhecido de rápida mudança desde a extinção dos dinossauros (ZEEBE; RIDGWELL; ZACHOS 2016). De acordo com DIETZ; SHWOM; WHITLEY (2020), será difícil limitar o aquecimento total a menos de 2°C, e extremamente difícil atingir a meta de 1,5°C, considerada como um limite superior para evitar grandes riscos de danos à economia, à saúde e ao bem-estar humanos e ecossistemas da Terra.

A mudança na temperatura média é acompanhada pela acidificação dos oceanos, aumento do nível do mar e mudanças em muitos aspectos do clima, além da temperatura (HANNA *et al.*, 2021; LEICHENKO; O'BRIEN, 2020; MALHI *et al.*, 2020). Tais processos interagem com outras mudanças ambientais globais, incluindo perda de biodiversidade, modificação de ciclos biogeoquímicos e a dispersão generalizada de produtos químicos e materiais que impactam negativamente os ecossistemas e interrompem os serviços dos quais os seres humanos dependem (HANNA *et al.*, 2021; LEICHENKO; O'BRIEN, 2020; MALHI *et al.*, 2020; STEFFEN *et al.*, 2018). As mudanças climáticas atuais são tão grandes que provavelmente serão detectáveis no registro geológico de milhões de anos no futuro, resultando na proposta de rotular a época geológica atual de Antropoceno (STEFFEN *et al.*, 2018). As mudanças ambientais globais e os nossos esforços para responder as mudanças, provavelmente, terão efeitos transformadores nos seres humanos e nas sociedades em todos os níveis (IPBES, 2019).

As projeções elaboradas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (*Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC) projetam um aumento da temperatura entre 1°C á 5°C na América do Sul e um aumento na duração da estação seca (diminuição da precipitação) no nordeste do Brasil até final de 2100 (IPCC, 2021; PBMC, 2013). Contudo, tais estimativas podem ser agravadas e/ou aceleradas consoante as atividades antrópicas (Figura 5) (IPCC, 2021; PBMC, 2013). Os impactos causados pelo aquecimento global em sistemas biológicos são evidenciados em diversos estudos (DU PLESSIS; SCHLOMS, 2017; FULLER *et al.*, 2021; HANNAH *et al.*, 2002; MEDINA *et al.*, 2020; NARINS; MEENDERINK, 2014; PARMESAN; YOHE, 2003; PARMESAN, 2007; ROSENZWEIG *et al.*, 2008; WASSMANN *et al.*, 2011), incluindo efeitos significativos nas interações ecológicas (*e.g.* alterações na fenologia das plantas ou modificações na distribuição espacial de recursos) que podem resultar em uma cascata de outras mudanças importantes (*e.g.*, mudanças nas taxas de natalidade e mortalidade de animais ou padrões comportamentais) (BUTT *et al.*, 2015; JENTSCH *et al.*, 2009; SOLGA; HARMON; GANGULI, 2014; SOJA *et al.*, 2007;).

Figura 5 - Atividades antrópicas que acentuam os efeitos das mudanças climáticas: Desmatamento e queimada de vegetação natural (A); criação de gado bovino de forma extensiva (B); garimpo ilegal na Amazônia (C); produção industrial e poluição do ar (D).



Fonte: (A) Autor (2019); (B) Foto de Chico Valdiner (2022) - <https://g1.globo.com/mt/mato-grosso/noticia/2022/02/03/rebanho-bovino-aumenta-em-mt-e-ja-e-nove-vezes-maior-do-que-o-numero-de-habitantes.ghhtml>; (C) Araquém Alcântara (2019) - <https://www.nationalgeographicbrasil.com/photography/2019/11/imagens-aereas-mostram-o-impacto-da-mineracao-na-amazonia>; (D) Kodda (2016) - <https://segurancatemfuturo.com.br/index.php/2016/09/01/medidas-para-controlar-a-poluicao-atmosferica/>.

Quando abordamos as espécies de primatas não-humanos, os potenciais impactos das mudanças climáticas podem influenciar diretamente aspectos ecológicos (*e.g.*, taxa de natalidade ou mortalidade, alterações no uso de micro-habitats) e comportamentais (*e.g.*, aumento ou diminuição da frequência relativa de descanso e/ou locomoção) (KAMILAR; BEAUDROT, 2018; KORSTJENS; HILLYER, 2016) e a distribuição das espécies (CARVALHO *et al.*, 2019; SALES *et al.*, 2020; STEWART; TURNER; MATTHEWS, 2020). Estas mudanças climáticas podem afetar as taxas de natalidade e mortalidade, tamanho corporal, orçamento comportamental, uso de habitat (FULLER *et al.*, 2021; KORSTJENS; HILLYER, 2016; STEWART; TURNER; MATTHEWS, 2020). Contudo, quando se trata de uma espécie ameaçada de extinção essas mudanças podem gerar impactos ainda mais devastadores (ISAAC, 2009). As espécies ameaçadas, geralmente, apresentam populações pequenas e/ou são endêmicas de alguma região ou ambiente, tais fatores tornam essas espécies ainda mais susceptíveis as alterações climáticas (ISAAC, 2009). De um modo geral, os primatas não-humanos terão que ajustar seu orçamento de atividades para poder se adaptar as novas condições climáticas (KAMILAR; BEAUDROT, 2018; KORSTJENS; HILLYER, 2016), alterar a sua distribuição geográfica com a perspectivas de encontrar o seu nicho climático preferido (ou mais adequado) ou ocorrerá uma perda de áreas com adequabilidade climática (CAMPOS *et al.*, 2017; GOUVEIA *et al.*, 2016; MEYER; PIE; PASSOS, 2014; STEWART; TURNER; MATTHEWS, 2020) ou se adaptar a possíveis mudanças em suas fontes de alimentos (WICH; MARSHALL, 2016). Outro fator resultante das mudanças climáticas que poderão afetar as espécies de primatas não humanos são as doenças (WICH; MARSHALL, 2016).

Dos 607 táxons de primatas no mundo, 16% são vulneráveis a ciclones, em especial táxons em Madagascar (ZHANG *et al.* 2019). Além disso, 22% são vulneráveis a secas, principalmente táxons na Península da Malásia, Bornéu do Norte, Sumatra e florestas tropicais úmidas da África Ocidental. WIEDERHOLT; POST (2010) avaliaram as influências da oscilação sul do El Niño na dinâmica populacional de quatro gêneros de primatas atelídeos (primatas neotropicais de grande porte). Todos os gêneros experimentaram um efeito negativo imediato ou retardado de eventos El Niño. Tais eventos também foram responsáveis por influenciar os níveis de recursos alimentares de primatas neotropicais.

Esses resultados destacam o papel da variação climática em larga escala e as tendências na dinâmica populacional de primatas neotropicais, e enfatizam que o aquecimento global pode representar ameaças adicionais à existência de várias espécies de primatas ameaçados

(WIEDERHOLT; POST, 2010; GRAHAM *et al.*, 2016; KORSTJENS; HILLYER, 2016; STEWART *et al.*, 2020). Essas descobertas ajudarão na priorização dos esforços de conservação das espécies de primatas (WIEDERHOLT; POST, 2010; GRAHAM *et al.*, 2016; KORSTJENS; HILLYER, 2016; STEWART *et al.*, 2020). Eles indicam a necessidade de maiores esforços para investigar os mecanismos específicos do contexto que sustentam a vulnerabilidade dos primatas a eventos climáticos extremos (GRAHAM; MATTHEWS; TURNER, 2016; KORSTJENS; HILLYER, 2016; STEWART; TURNER; MATTHEWS, 2020; WIEDERHOLT; POST, 2010).

2.4 MACACO-PREGO-GALEGO, *Sapajus flavius*

2.4.1 Taxonomia

Em um 2006, um grupo de pesquisadores encontraram uma espécie de macaco-prego em um fragmento de Mata Atlântica no Nordeste do Brasil, inserido no Centro de Endemismo Pernambuco (CEP) (MENDES PONTES; MALTA; ASFORA, 2006). Estes pesquisadores acreditavam ter encontrado uma nova espécie de macaco-prego para o Nordeste do Brasil e deram o nome de *Cebus queirozi*. Contudo, no mesmo ano OLIVEIRA; LANGGUTH (2006) identificaram os mesmos animais com base na descrição de três espécimes depositados em coleções zoológicas e no levantamento histórico sobre o animal concluindo que se tratava de uma redescoberta de uma espécie. Esta espécie de primata já havido documentada e retratada por Johann Schreber e nomeada como *Simia flavia* em 1774. Diante desse fato, OLIVEIRA; LANGGUTH (2006) atualizaram o nome da espécie para *Cebus flavius* (Schreber 1774). Entretanto, posteriormente, o gênero *Cebus* foi dividido em dois grandes gêneros *Cebus* e *Sapajus* (ALFARO; SILVA JR; RYLANDS, 2012), ocorrendo mais uma atualização para o nome da espécie que de *Cebus flavius* fora reconhecido como *Sapajus flavius* (ALFARO; SILVA JR; RYLANDS, 2012). Aqui trataremos a espécie pelo nome de *Sapajus flavius* ou, como popularmente conhecido, macaco-prego-galego.

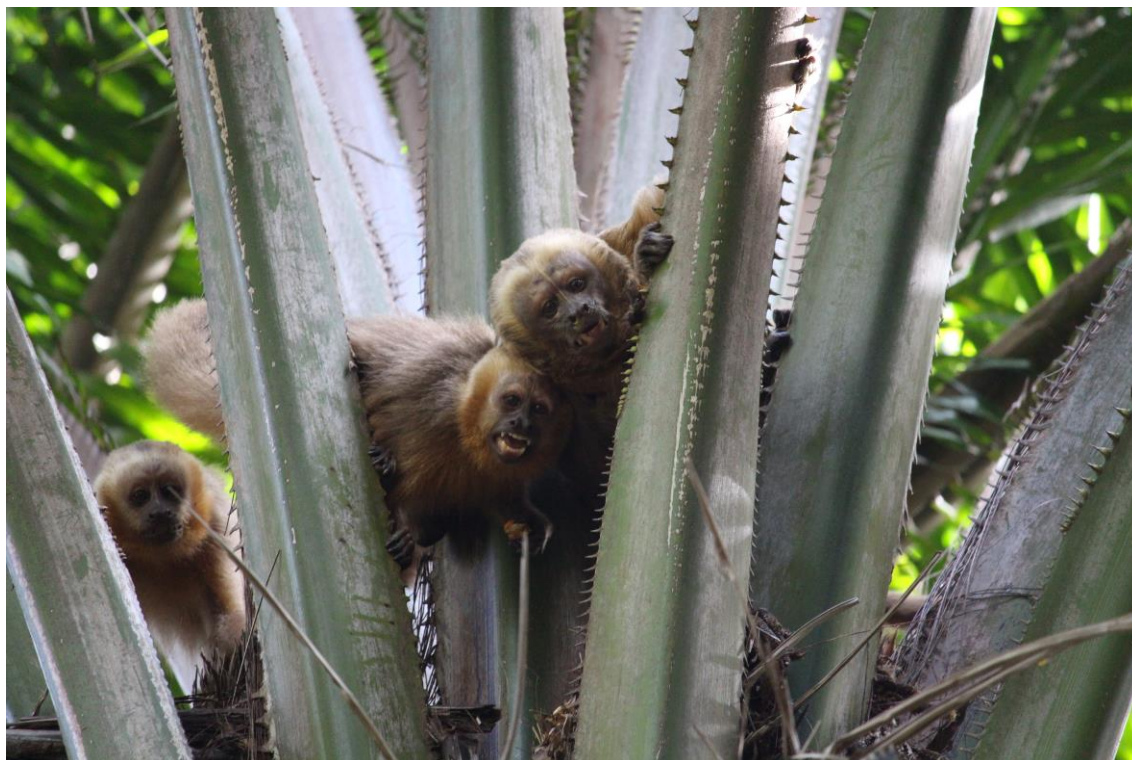
2.4.2. Distribuição e ameaçadas

De acordo com MASSETI; VERACINI (2010) os primeiros registros do atual *S. flavius* remontam o ano de 1520, um afresco intitulado *Tributo a Cesare* feito por Andrea del Sarto na

Itália. Um segundo importante registro de *S. flavius* é a descrição de MARCGRAVE (1648) no livro *Historiae Naturalis Brasiliae*. Nesta produção, o autor se refere ao macaco-prego-galego pelo nome “caitaia”. Considerando que a descrição de MARCGRAVE (1648) foi o registro mais recente após o afresco de 1520 na Itália, o macaco-prego-galego demorou cerca de 358 anos para ser redescoberto para a ciência.

O macaco-prego-galego (Figura 6) é uma espécie endêmica do Nordeste do Brasil, habitando fragmentos de Mata Atlântica no CEP e áreas de Caatinga (FERREIRA *et al.*, 2009; VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2021a). Logo após ter sido redescoberto, o macaco-prego-galego entrou para a lista das 25 espécies de primatas mais ameaçados do planeta (MITTERMEIER *et al.*, 2012). Apesar de não se encontrar mais na lista, a espécie é considerada “Em Perigo” tanto pelo Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio) (VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2015) como pela *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) (VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2021a). A perda e fragmentação do habitat são as principais ameaças para essa espécie (FREIRE FILHO *et al.*, 2021a; VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2021a). Atualmente, são conhecidas cerca de 29 populações em fragmentos florestais de Mata Atlântica, (nos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas) (FIALHO *et al.*, 2014) e áreas de Caatinga (FERREIRA *et al.*, 2009; GARCIA *et al.*, 2020).

Figura 6 - Macacos-prego-galego (*Sapajus flavius*) (dois machos adultos e um macho jovem) fazendo display agonístico para o observador/fotógrafo. Registro realizado em Mataraca, Paraíba, durante a coleta de dados da presente tese.



Fonte: Autor (2018).

Os fragmentos de Mata Atlântica nordestina sofrem com a perda e a fragmentação desde o início da colonização do Brasil no século XVI. Inicialmente, ocorreu a exploração do pau-brasil e em seguida a instalação dos primeiros grandes engenhos de cana-de-açúcar (VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2015). Contudo, na década de 1970, existiram novos incentivos governamentais para aumento da produção de álcool (programa Pró-Álcool), (VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2015), intensificando ainda mais a atividade agrícola do setor de cana-de-açúcar. Tais atividade resultaram na substituição de extensas áreas com Mata Atlântica pelas monoculturas de cana-de-açúcar, destruindo grandes áreas de florestas primárias. Esta atividade é uma das principais causas dessa perda e fragmentação do habitat (TABARELLI *et al.*, 2010). Os fragmentos de Mata Atlântica acima do rio São Francisco estão reduzidos a menos de 7,6% de sua extensão original abrigando, por consequência, dezenas de espécies oficialmente ameaçadas de extinção (TABARELLI *et al.*, 2006).

Devido as eminentes ameaçadas de extinção dos primatas do Nordeste do Brasil, foi criado o Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Primatas do Nordeste (PANPriNE), com o objetivo geral de garantir pelo menos cinco populações viáveis de cinco (e posteriormente seis) espécies-alvo. O PANPriNE está no seu segundo ciclo oficializado pela portaria nº 242, de 26 de março de 2018. O macaco-prego-galego é uma das espécies alvo faz

parte do plano desde o primeiro ciclo de ação. Para cumprir com seu objetivo geral, o PANPriNE visa, de forma mais específica, aumentar estudos sobre as espécies-alvo, diminuir a perda e a fragmentação de habitat, diminuir a caça, estabelecer populações *in situ* e estimular ações de educação ambiental das espécies-alvo.

2.4.3. Ecologia comportamental

Os macacos-prego-galego tendem a viver em grupos grandes com mais de 90 indivíduos, mantendo áreas de vida também grandes (80-187 hectares) (FREIRE FILHO, 2018; VALENÇA-MONTENEGRO, 2011). A espécie possui um sistema social complexo onde realizam fissão-fusão de subgrupos ao longo do dia para otimizar o processo de alimentação (BASTOS *et al.*, 2015; MEDEIROS, 2017; MEDEIROS *et al.*, 2019; VALENÇA-MONTENEGRO, 2011). As fêmeas adultas desempenham um forte cuidado parental, enquanto os machos adultos mantêm a proteção do resto do grupo (BEZERRA *et al.*, 2014). O macaco-prego-galego é uma espécie onívora, se alimenta de diversos itens alimentares de origem animal e vegetal (BASTOS *et al.*, 2015; FREIRE FILHO, 2018; MEDEIROS, 2017; VALENÇA-MONTENEGRO, 2011; VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2015). Até o momento, o repertório vocal do macaco-prego-galego é bem amplo, sendo composto por, pelo menos, 31 vocalizações, algumas com contextos comportamentais ou faixas etárias específicos (BASTOS *et al.*, 2015; BASTOS *et al.*, 2018). O dimorfismo sexual é representado pelo tamanho corporal (os machos adultos tendem a ser maiores do que as fêmeas) e pela presença de uma “barbela” (*i.e.*, pele estendida na região ventral do pescoço) ainda sem função conhecida nos machos adultos (VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2015), mas com potencial de marcação de cheiro tendo em vista que grupo selvagem já foi observado esfregando a barbela em substrato (NECO, 2015). A cauda semi-preênsil auxilia na alimentação e no forrageamento, proporcionando suspensão e equilíbrio (FREIRE FILHO, 2018; SOUTO *et al.*, 2011). Vários estudos vem sendo desenvolvidos com as populações do macaco-prego-galego, a maioria na Mata Atlântica, abordando aspectos ecológicos, comportamentais, de distribuição, etnoprimitologia e registros comportamentais raros para a espécie (*e.g.*, ANDRADE *et al.*, 2020; BASTOS *et al.*, 2015; BASTOS *et al.*, 2018; BEZERRA *et al.*, 2014; FIALHO *et al.*, 2014; FREIRE FILHO 2018; MORAES *et al.*, 2020; FREIRE FILHO *et al.*, 2021a; FREIRE FILHO *et al.*, 2021b; SOUTO *et al.*, 2011; VALENÇA-MONTENEGRO, 2011; VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2015). Essas pesquisas têm fornecido informações para fomentar estratégias mais eficientes para a

conservação da espécie, a exemplo dos modelos de distribuição e adequabilidade do estudo de MORAES *et al.* (2020) que preveem que 98% de habitat adequado para o macaco-prego-galego serão perdidos até 2070 em função de projeções climáticas futuras.

2.5 GUARIBA-DA-CAATINGA, *Alouatta ululata*

2.5.1 Taxonomia

O gênero *Alouatta* Lacépède 1799 tem ampla distribuição geográfica em toda a região neotropical (CROCKETT, 1998). A taxonomia do gênero, no entanto, vem sendo motivo de discussão entre os pesquisadores. Por exemplo, BONVICINO *et al.* (1989), com base em características morfológicas e de distribuição geográfica, propuseram que *A. belzebul* (Linnaeus, 1766) tinha quatro sub-espécies (*A. b. belzebul*, *A. b. nigerrima* Lönnberg, 1941, *A. b. discolor* (Spix, 1823) e *A. b. ululata* Elliot, 1912). Contudo, GROVES (2001, 2005) sinonimizou *A. b. discolor* e *A. b. ululata* como *A. belzebul*. No entanto, na proposta de GREGORIN (2006), que usou comparações morfológicas e dados citogenéticos e moleculares, se elencou 10 espécies do gênero presentes no Brasil: *A. caraya* (Humboldt 1812), *A. belzebul* (Linnaeus 1766), *A. discolor* (Spix 1823), *A. ululata* (Elliot 1912), *A. fusca* (Geoffroy Saint-Hilaire 1812), *A. clamitans* (Cabrera 1940), *A. juara* (Elliot 1910), *A. macconelli* (Linnaeus 1766), *A. nigerrima* (Lonnberg 1941) e *A. puruensis* (Lonnberg 1941). GREGORIN (2006) sugere que *A. ululata* habita uma região com características ambientais únicas e contém aspectos taxonômicos distintos e ainda não registrados em qualquer espécie filogeneticamente relacionada, *A. belzebul* ou *A. discolor*, além da ausência de registros de hibridização entre estas espécies.

Entretanto, mais recentemente, VIANA *et al.* (2015) buscaram esclarecer as relações entre os táxons *A. ululata* e *A. belzebul* e inferir suas relações com outras espécies de *Alouatta*. Para tal, realizaram análises filogenéticas com uma amostra de *A. ululata* e 33 sequências de *A. belzebul*, *A. caraya*, *A. fusca*, *A. nigerrima*, *A. seniculus* e *A. macconnelli* disponíveis no GenBank, tendo *Brachyteles arachnoides* como grupo externo. Os resultados não mostraram uma estrutura interna entre os haplótipos de *A. belzebul* e colocaram o haplótipo de *A. ululata* dentro do clado de *A. belzebul*. As análises de cariótipos e moleculares realizadas não evidenciaram a separação de *A. ululata* de *A. belzebul*. Contudo, ainda se faz necessário análises adicionais com tamanhos de amostra maiores para fornecer informações relevantes para esta

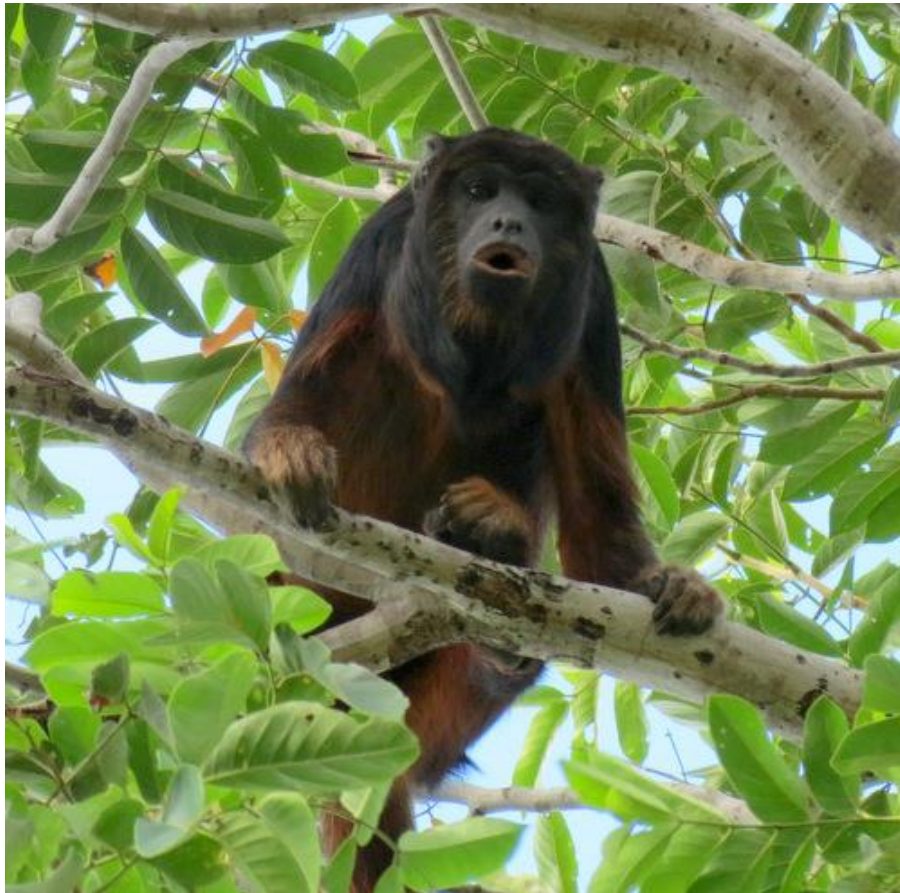
questão. POVILL et al. (2022) também realizaram análises filogenéticas com o intuito de compreender o complexo de espécies endêmicas brasileiras de *A. belzebul* abrangendo *A. belzebul*, *A. discolor* e *A. ululata*. Neste estudo, foram utilizadas duas amostras de *A. ululata*. Eles descreveram o cariótipo de *A. discolor*, semelhante aos descritos para *A. ululata* e *A. belzebul*, mas identificaram dois clados bem definidos e suportados para *A. discolor* e *A. belzebul*. Entretanto, uma avaliação de *A. ululata* com um maior número de amostras (e com amostragens bem distribuída geograficamente) ainda se faz necessária para elucidar a falta de uma estrutura filogenética clara.

É clara a importância de se compreender melhor as relações taxonômicas entre *A. ululata* e *A. belzebul*, mas ambos os táxons estão ameaçados de extinção (FIALHO et al., 2021; VALENÇA-MONTENEGRO et al., 2021b) e, certamente, não deixarão de ter algum grau de ameaça caso sejam sinonimizados no futuro. Portanto, os esforços de conservação devem ser investidos na proteção de suas populações ameaçadas. Em função das incertezas em torno da espécie, nesta tese ainda estamos considerando *A. ululata* como uma espécie separada de *A. belzebul*.

2.5.2. Distribuição e ameaças

Alouatta ululata também conhecida como guariba, guariba-da-caatinga, bugio ou capelão (Figura 7) pertence à família Atelidea, grupo dos maiores primatas neotropicais (FREIRE FILHO; PALMEIRIM, 2019; FREIRE FILHO; PINTO; BEZERRA, 2018; GROVES, 2001; STRIER, 1992). É uma espécie endêmica do Nordeste do Brasil, habitando áreas de Caatinga e Cerrado entre os estados do Ceará, Piauí e Maranhão (FREIRE FILHO; PALMEIRIM, 2019; FREIRE FILHO; PINTO; BEZERRA, 2018; FREIRE FILHO et al., 2021a). Atualmente, a espécie é considerada ameaçada de extinção devido à perda e fragmentação do seu habitat, a caça e a manutenção em cativeiro (FIALHO et al., 2021; FREIRE FILHO et al., 2021a). Em 2018, *A. ululata* foi incorporada ao segundo ciclo do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Primatas do Nordeste (PANPriNE).

Figura 7 - Macho adulto da guariba-da-caatinga (*Alouatta ululata*) vigilante a presença do observador/pesquisador.



Fonte: Autor (2019).

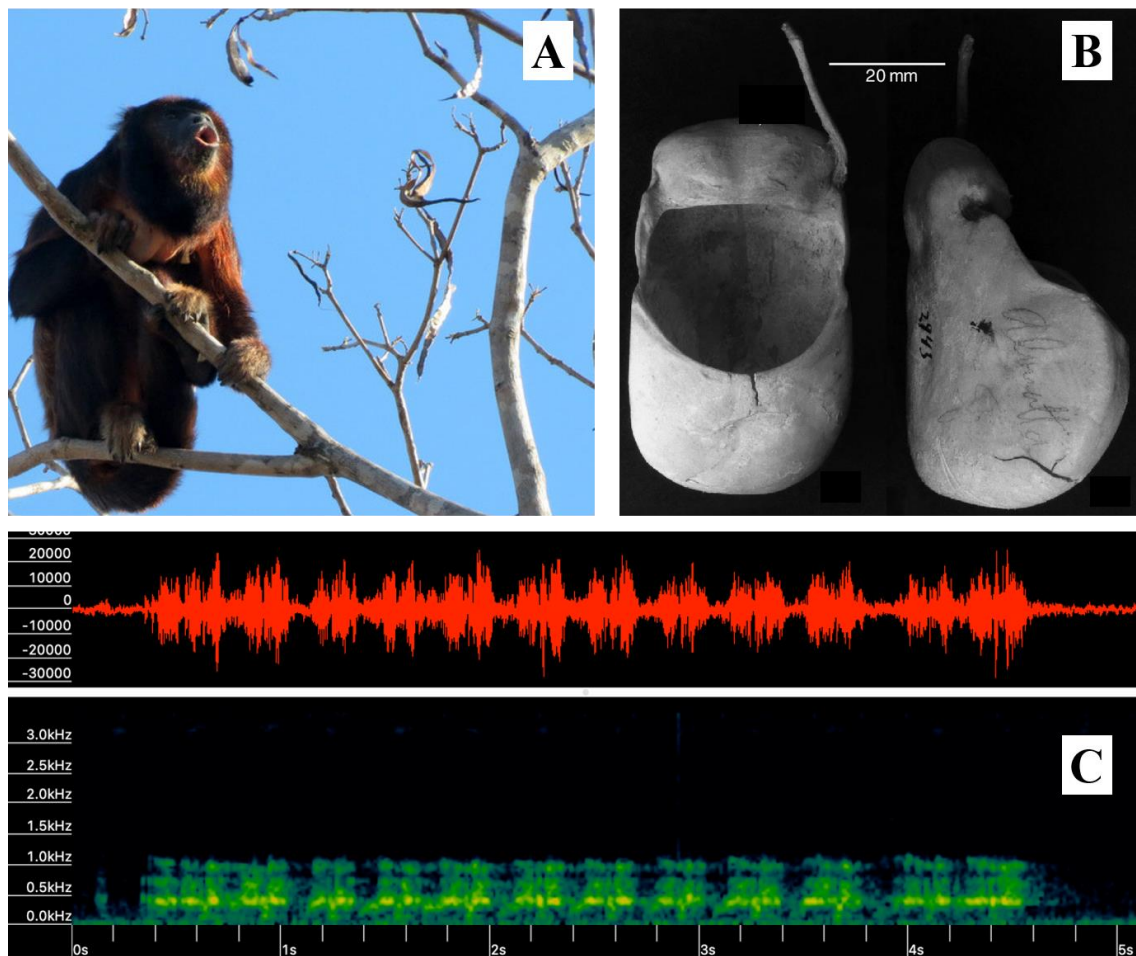
2.5.3. Ecologia comportamental

Muitas das informações sobre biologia, comportamento e ecologia do *Alouatta ululata* são baseadas nas informações conhecidas para o gênero *Alouatta* e não em estudos direcionados para populações da espécie. Diante disso, sabemos que guaribas e/ou bugios são primatas hegemonicamente herbívoros (se alimentando de folhas, frutos, flores, cascas e galhos) (FIALHO *et al.*, 2021; FREIRE FILHO; PALMEIRIM, 2019; FREIRE FILHO; PINTO; BEZERRA, 2018 FREIRE FILHO *et al.*, 2021a). As guaribas são agentes dispersores eficientes de sementes, visto que se alimentam de frutos e se locomovem dentro da sua de vida, levando as sementes dos frutos para longe da “planta mãe” (AMATO; ESTRADA, 2010; GIRALDO *et al.*, 2007; ZÁRATE *et al.*, 2014). Espécies do mesmo gênero consomem plantas exóticas, resultando em uma dieta bem variada e adaptável (BICCA-MARQUES; CALEGARO-MARQUES, 1994; PAVÉ *et al.*, 2009). Isso possibilita a sobrevivência de populações em áreas fragmentadas com habitat perturbado e próximo de populações humanas (caso não exista uma

grande pressão de caça nestas localidades) (CORRÊA *et al.*, 2018; FERNÁNDEZ *et al.*, 2021; PRINTES *et al.*, 2010;). De acordo com FIALHO *et al.* (2021), o número médio de indivíduos por grupo de *A. ululata* é de 8.33 (± 1.36) em áreas de floresta seca no município de Caxingó, estado do Piauí. Em uma área de manguezal, os grupos variaram entre 2 e 14 indivíduos com uma média de 5.85 (± 2.63) (FIALHO *et al.*, 2021).

Os primatas do gênero *Alouatta* são caracterizados pela sua vocalização de longa distância, resultante do desenvolvimento do osso hioide (uma estrutura que funciona como uma caixa de ressonância, possibilitando a produção de vocalizações de longa distância) (GREGORIN, 2006; RAVOSA; ROSS, 1994) (Figura 8). Essa estrutura é maior nos machos adultos (GREGORIN, 2006; RAVOSA; ROSS, 1994). Estes também tendem a ser maiores e mais pesados do que as fêmeas adultas e apresentam uma barba espessa (em algumas regiões do país são conhecidos como “barbados” devido a esta característica), tais características demonstram o dimorfismo sexual existente no gênero (BICCA-MARQUES; SILVA; GOMES, 2006).

Figura 8 - Macho adulto da guariba-da-caatinga (*Alouatta ululata*) de um dos grupos investigados para esta tese. O animal está vocalizando no início do dia (A); osso hioide de *A. ululata* (B); espectrograma da vocalização de longa distância de *A. ululata* criado com o programa Kaleidoscope (C).



Fonte: Fotografia (A) Autor (2019); (B) Gregorin (2006); (C) Autor (2022).

Apesar de ser uma espécie ainda pouco conhecida para a ciência, alguns estudos envolvendo mapeamento de registros, identificação de áreas prioritárias para a sua conservação, modelos de distribuição potencial, ecologia e etnoprimatologia já foram publicados sobre a espécie (FIALHO *et al.*, 2021; FREIRE FILHO; PALMEIRIM, 2019; FREIRE FILHO; PINTO; BEZERRA, 2018; FREIRE FILHO *et al.*, 2021a; PINTO; ROBERTO, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2007). Por exemplo, OLIVEIRA *et al.* (2007) mapeou as populações existentes da espécie no estado do Ceará, Brasil. PINTO; ROBERTO (2011) iniciaram um projeto de conservação da espécie no delta do Rio Parnaíba e no norte do Piauí, Brasil, com intuito de identificar grupos e obter dados ecológicos e biológicos. FREIRE FILHO; PINTO; BEZERRA (2018) utilizaram uma abordagem etnoprimatológica para localizar novos pontos de registro e/ou relatos e compreender a relação das comunidades locais com *A. ululata* (identificando interações de consumo como caça, medicina tradicional e uso como *pet*). FREIRE

FILHO; PALMEIRIM (2019) construíram o modelo de distribuição potencial da espécie e identificaram áreas prioritárias para a sua conservação.

**3 ARTIGO 1 - ACTIVITY BUDGET, USE OF SPACE AND SOCIAL STRUCTURE IN
TWO THREATENED PRIMATES: *SAPAJUS FLAVIUS* AND *ALOUATTA ULULATA***

Observação: Esse artigo foi fruto de colaboração com outros pesquisadores durante o doutorado, e, portanto, a versão final resultante do mesmo contará com coautores.

3.1 INTRODUCTION

Humans are the only primates with sufficient adaptive strategies to survive in all regions of the planet (STRIER, 2015, 2017). Non-human primates are often unable to inhabit extreme regions, like the great deserts or the arctic (STRIER, 2015, 2017). Survival strategies for non-human primates include behavioural and ecological adjustments to their habitats (STRIER, 1997, 2015; STRIER; LEE; IVES, 2014). For example, some species will modify a particular aspect of their behaviour: thermoregulating by changing the position and frequency of resting sites or the use of their micro-habitats (BICCA-MARQUES; CALEGARO-MARQUES, 1998; KOSHELEFF; ANDERSON, 2009; PRATES; BICCA-MARQUES, 2008). Other species manage to make their entire behavioural budgets more flexible, adjusting, for example, resting, locomotion and feeding times to optimise intake and conservation of energy (GARBER 1980; KORSTJENS; LEHMANN; DUNBAR, 2010; NAKAGAWA, 2009; STRIER; MENDES, 2012; TALEBI; LEE, 2010). Some species also manage to alter their social structure, adjusting the group structure and composition, their home range, as well as reproductive timing (CRONIN; KURIAN; SNOWDON, 2005; DIGBY; FERRARI; SALTZMAN, 2007; KORSTJENS; VERHOECKX; DUNBAR, 2006; MCFARLAND, 1990).

Assessing similarities and differences between primates helps us understand how they respond to different environmental pressures (GEB0, 1992; RICHARD, 1970; TOMBLIN; CRANFORD, 1994; UNGAR, 1990; WEHNCKE; VALDEZ; DOMÍNGUEZ, 2004). The genera *Sapajus* and *Alouatta* are medium-sized arboreal primates, each with a social system that can include an alpha male or a small group of alpha males (FRAGASZY; FEDIGAN; VISALBERGHI, 2004; KOWALEWSKI *et al.*, 2014). They are widely distributed, occurring in all Brazilian biomes (BICCA-MARQUES; SILVA; GOMES, 2006; CORTÉS-ORTIZ *et al.*, 2003; FRAGASZY; FEDIGAN; VISALBERGHI, 2004; FREESE; OPPENHEIMER, 1981; LIMA *et al.*, 2017; YOULATOS *et al.*, 2014), including areas where the original vegetation cover is now highly fragmented (MCKINNEY; WESTIN; SERIO-SILVA, 2014; MCKINNEY, 2019; SPAGNOLETTI *et al.*, 2017). In addition, both often use non-native plants as food sources (BICCA-MARQUES; CALEGARO-MARQUES, 1994; CANALE; KIERUFF; CHIVERS, 2013; HENDGES; FORTES; DECHOUM, 2012; PAVÉ *et al.*, 2009).

However, species of *Sapajus* and *Alouatta* also differ in several key ecological and behavioural aspects. *Sapajus* are omnivores, live in large groups based on a fission-fusion

system (BEZERRA *et al.*, 2014; BICCA-MARQUES; SILVA; GOMES, 2006; FRAGASZY; FEDIGAN; VISALBERGHI, 2004; GARBER, 1987; IZAR *et al.*, 2012; MEDEIROS *et al.*, 2019). Flexibility and innovation in obtaining food resources are notable characteristics of the *Sapajus* genus (BICCA-MARQUES; SILVA; GOMES, 2006; FRAGASZY; FEDIGAN; VISALBERGHI, 2004; FREESE; OPPENHEIMER, 1981). In contrast, members of the genus *Alouatta* are mostly fruit and leaf-eating species living in small groups (CROCKETT; EISENBERG, 1987; GARBER, 1987; YOULATOS *et al.*, 2014). Extended resting periods throughout the day and the uttering of loud and protracted vocalisations are the hallmarks of the genus (BONVICINO, 1989; BRAVO; SALLENAVE, 2003; MENDES, 1989; PINTO, 2002; PRATES; BICCA-MARQUES, 2008).

The current study aimed to evaluate the behavioural compensations of *Sapajus flavius* (blonde capuchins) and *Alouatta ululata* (caatinga howler monkeys) to the natural variations of their environment. Specifically, we compared their behavioural time budgets, social structures and uses of space to understand the survival strategies used by these primates in their natural habitats. Both species occur in Caatinga and Atlantic Forest biomes. *Sapajus flavius* was rediscovered in 2006 after having been thought to be extinct for over 200 years (OLIVEIRA; LANGGUTH, 2006; PONTES; MALTA; ASFORA, 2006). *Alouatta ululata* was once considered a subspecies of *A. belzebul*, but phenotypic characteristics resulted in the taxon being elevated to the category of species (Gregorin 2006). Both species are classified as "Endangered" (FIALHO *et al.*, 2021; VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2021) and are target species of the Brazilian National Action Plan for the Conservation of the Threatened Primates in the Northeast (PANPriNE - Federal decree nº 242 of March 26, 2018). The provision of baseline studies providing information on the behavioural ecology of these species in their natural environment meets at least three actions of the action plan. The data presented here are the first study on the ecology and behaviour of *A. ululata* and will serve to direct future conservation and research strategies for *S. flavius* and *A. ululata*.

3.2 METHODOLOGY

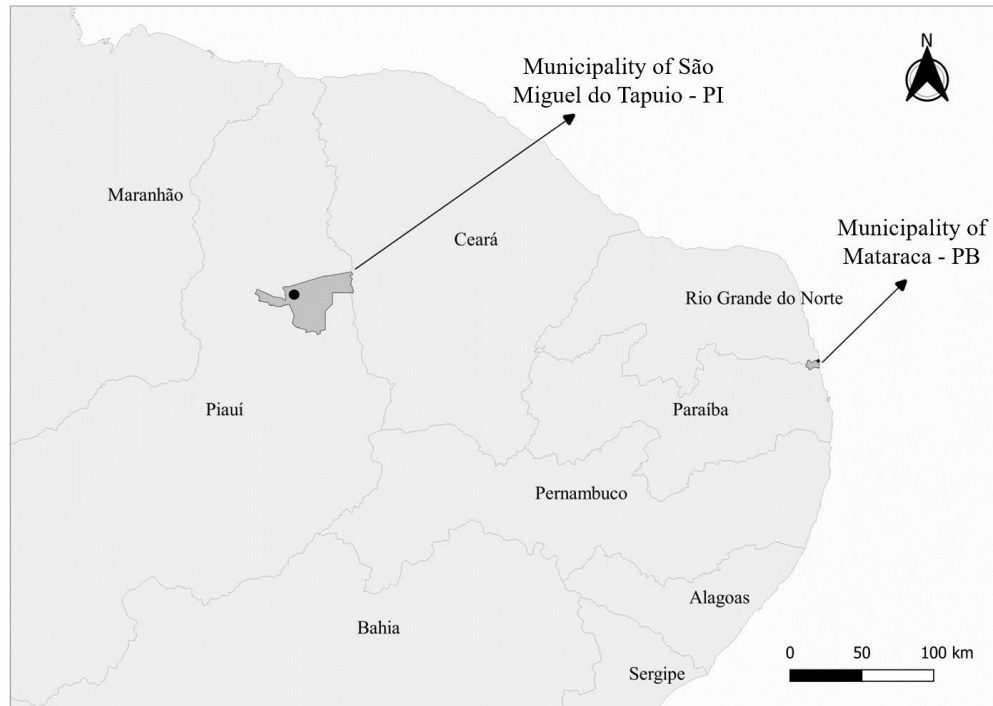
3.2.1 Animals and study areas

We investigated a population of at least 163 individuals of *S. flavius* in a 936-ha Atlantic Forest remnant located in Mataraca, Paraíba state, northeast Brazil (-6.489505°; -34.977834°, Figure 1). The fragment consists of primary and secondary Atlantic Forest that naturally regenerated at a variety of different times, as well as stretches of mangrove, open Restinga, shrubby Restinga and seasonal semideciduous forest (Medeiros *et al.* 2019). The climate of the region is Köppen type As (Alvares *et al.* 2014). Mean dry and rainy season temperatures are 26.15°C and 24.75°C, respectively (CLIMATE-DATA, 2020a; CUNHA *et al.*, 2003). Mean dry period precipitation is 60.5 mm, and 199 mm in the rainy season (CLIMATE-DATA, 2020a; CUNHA *et al.*, 2003). The dry season in the region occurs from September to February, while the rainy season is present between March and August (PEREIRA; ALVES, 2007; CLIMATE-DATA, 2020a).

We investigated two groups of *A. ululata* (with 20 and 16 individuals) in an 800-ha mosaic of Caatinga, Cerrado, Cerradão and low-level anthropogenic disturbances (minor roads and cultivated areas). The forest fragment is located at São Miguel do Tapuio in Piauí state, northeast Brazil (-5.698448°; -41.631919°, Figure 1). The climate of the municipality is classified as hot tropical (CEPRO, 1992) and Aw based on the Köppen classification (CLIMATE-DATA, 2020b). The dry season lasts at least six months, typically between June and November, while the rainy season occurs between December and May (CEPRO, 1992). During the dry season, the mean temperature is 26 °C and 25.53 °C in the rainy season (CLIMATE-DATA, 2020b). Mean precipitation in the dry period is 9 mm, and 123 mm in the rainy season (CLIMATE-DATA, 2020b).

In both areas, rainfall data collected over the study period showed a strong positive correlation with historical monthly rainfall averages. It shows that the climate in the study sites over the study months lay within historically expected norms for both the *A. ululata* study area (Pearson's correlation coefficient: $n = 12$, $r = 0.91$, $T = 7.51$, $P < 0.001$) and that of *S. flavius* (Pearson's correlation coefficient: $n = 12$, $r = 0.82$, $T = 4.58$, $P < 0.001$).

Figure 1 - Northeast Region of Brazil, showing the locations of study sites for *Sapajus flavius* (i.e., Mataraca-PB) and *Alouatta ululata* (i.e., São Miguel do Tapuio -PI).



Fonte: Autor (2022).

3.2.1 Data collection

We monitored *S. flavius* from September 2017 to August 2018, from 06:00 to 18:00, during monthly expeditions lasting ten days. We carried out 459 hours of direct observation of the animals in approximately 960 hours of fieldwork effort. The animals were already habituated at the beginning of the observations, as research has been carried out in the area since 2010 via *Projeto Galego*, a long-term research and conservation project at the study site. We use external morphological aspects for our sex-age classification of *Sapajus flavius*, which included adult female, adult male, sub-adult male, adult female carrying an offspring, adult male carrying an infant, young female, young male and independent infant (adapted from BEZERRA *et al.* 2014 and MEDEIROS *et al.* 2019; Figure 2 brings images of each age-sex class).

Figure 2 - Sex-age classes used in the observations of *Sapajus flavius*: (A) Adult male (they are larger, with larger canines, a denser coat and a well-developed dewlap on the neck), (B) Adult female carrying a dependent infant (dependent infants were individuals being carried), (C) Sub-adult male (smaller and less robust make than adult males - but larger than adult females -, and with a poorly-developed dewlap), (D) Young male - Juvenile (small with little development of secondary sexual characteristics), (E) Young female - Juvenile (small females with little development of secondary sexual characteristics), (F) Independent infant.



Fonte: Autor (2018).

We monitored *Alouatta ululata* between September 2018 and January 2020, from 06:00 to 18:00, during monthly expeditions lasting eight days. From September 2018 to December 2018, we habituated animals by the "enclosure" method (HILÁRIO, 2011; SETZ, 1991), across a habituation period that totalled 264 hours. Systematic observations of *A. ululata* started only in January 2019 and resulted in 408 hours of direct observation of the animals in 792 hours of field effort. The sex-age classification of *A. ululata* was based on MENDES (1989), and we used the classes: adult female, adult male, sub-adult male, adult female carrying an offspring, adult male carrying an infant, young female, young male and infant (Figure 3 brings images of each age-sex class).

Figure 3 - Sex-age classes used in the observations of *Alouatta ululata*: (A) Adult male (males larger than adult females, long and dense coat, well-developed "beard" in the neck region where the hyoid bone is found), (B) Adult female (females with large nipples or chest, developed vulva (usually without hair) and a coat less well-developed "beard" than adult males), (C) Adult female carrying a dependent infant (dependent infants were individuals being carried), (D) Young male - Juvenile (small, with little development of secondary sexual characteristics), (E) Sub-adult male (smaller and less robust than adult males with a poorly developed "beard", in the neck region, where the hyoid bone is found), (F) Independent male infant in the top left.



Fonte: Autor (2019).

For systematic observations of the animals, we used the scan sampling method (Altmann 1974) with an interval of five minutes between scans. During scans, we recorded the behaviours of the animals (Table 1), consumed food items, forest strata used and distance to the nearest individual to estimate group cohesion. We also recorded the sex and age of each observed individual using the categories detailed above. We classified the food items as animal-based, plant-based, mineral-based (sand or clay) and fungus-based (mushrooms). For the plant-based food items, whenever possible, we identified the species, the part of the plant that was consumed and its degree of ripeness: fruits (ripe fruit, unripe fruit, and undetermined fruit), leaves (mature leaf, new leaf and undetermined leaf), flowers, twigs and bark. Also, whenever possible, we identified the animal-based food items and their parts (head, limb, or abdominal cavity).

Table 1 - Description of the behavioural categories used during scan sampling observations of *Sapajus flavius* and *Alouatta ululata*, observed in an Atlantic Forest fragment in Mataraca-PB and an arboreal Caatinga fragment in São Miguel do Tapuio-PI, respectively.

Behaviours	Descriptions	Subcategories in <i>Sapajus flavius</i>	Subcategories in <i>Alouatta ululata</i>
Resting	The animal remains inactive/immobile.	The individual could be while awake or sleeping curled, sitting down, lying down on its back, or lying down on its stomach (Figure 4).	
Travelling	The individual moves from one point to another while not foraging. The locomotion can be vertical or horizontal in the same tree, between trees and on the ground.	Travelling could be performed by the individual under quadrupedal locomotion (when the animal uses four limbs in quadrupedal posture), suspended locomotion (when the animal uses the tail as support), bipedal locomotion (when the animal uses a bipedal posture), jumping locomotion (when the animal jumps from one branch to another), and vertical locomotion (when the animal moves up or down from a tree or branch vertically) (Figure 5).	
Foraging/Feeding	The animal searches for food, breaking branches or inspecting leaves, termite mounds, tree holes and barks. The individual collects, manipulates and ingests food.	The monkey can collect the food using one or both hands and then put the food in their mouth. The monkey can also collect the food directly from the substrate using their mouth. <i>Sapajus flavius</i> used the hands and teeth to collect and break open some food items such as a snail or dried fruit and to collect others such as fruits (in different maturation statuses), sugar cane stems and small animals such as insects and small vertebrates.	
Socialising	When at least two individuals interact with each other in an affiliative or agonistic manner.	The affiliate interactions consisted of social plays, embraces and social grooming (performer and receiver). The agonistic interactions included visual displays (baring teeth and fur erection), mobbing and physical aggression through biting, beating, and pinching.	
Vocalising	The monkey utters acoustic signals.	We did not use this specific category for <i>Sapajus flavius</i> because	The individual was engaged in a loud long-

		vocalisation was always linked to another behavioural category. See Bastos et al (2015) for information on the description and usage of <i>Sapajus flavius</i> vocal repertoire.	distance calling (Figure 6).
Drinking	Ingesting water	The monkey consumes water by placing its mouth directly in a reservoir (<i>i.e.</i> , water accumulated in leaves and trunk surfaces) or by placing the hand in the reservoir and liking the hand afterwards.	
Others	Included the behaviours that were not included in the above-mentioned categories and were recorded less frequently.	Vigilance behaviour (when the animal was sitting alertly with the head and eyes directed to a specific location), masturbation, solitary play, urinating and defecating.	

Fonte: Autor (2022).

Figure 4 - Examples of sub-classes of the Resting category: (A) Curled, (B) Sitting, (C) Lying on stomach on a branch fork, (D) Lying, (E) Lying on stomach on a branch. Such resting positions are similar to those reported for *Alouatta clamitans* by BICCA-MARQUES; CALEGARO-MARQUES (1998).



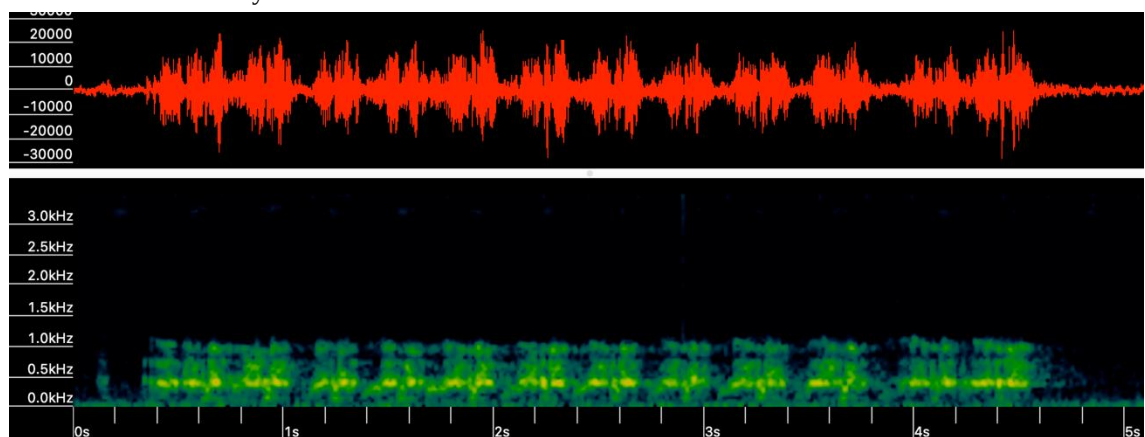
Fonte: Autor (2019).

Figure 5 - Examples of sub-classes of the Travelling category: (A) Quadrupedal locomotion, (B) Suspended locomotion, (C) Jumping locomotion, (D) Vertical locomotion, (E) Bipedal locomotion.



Fonte: Autor (A, D e E – 2018; B e C – 2019).

Figure 6 - Spectrogram (bottom) and oscillogram (top) of the loud call uttered by the *Alouatta ululata* and considered in the analysis.

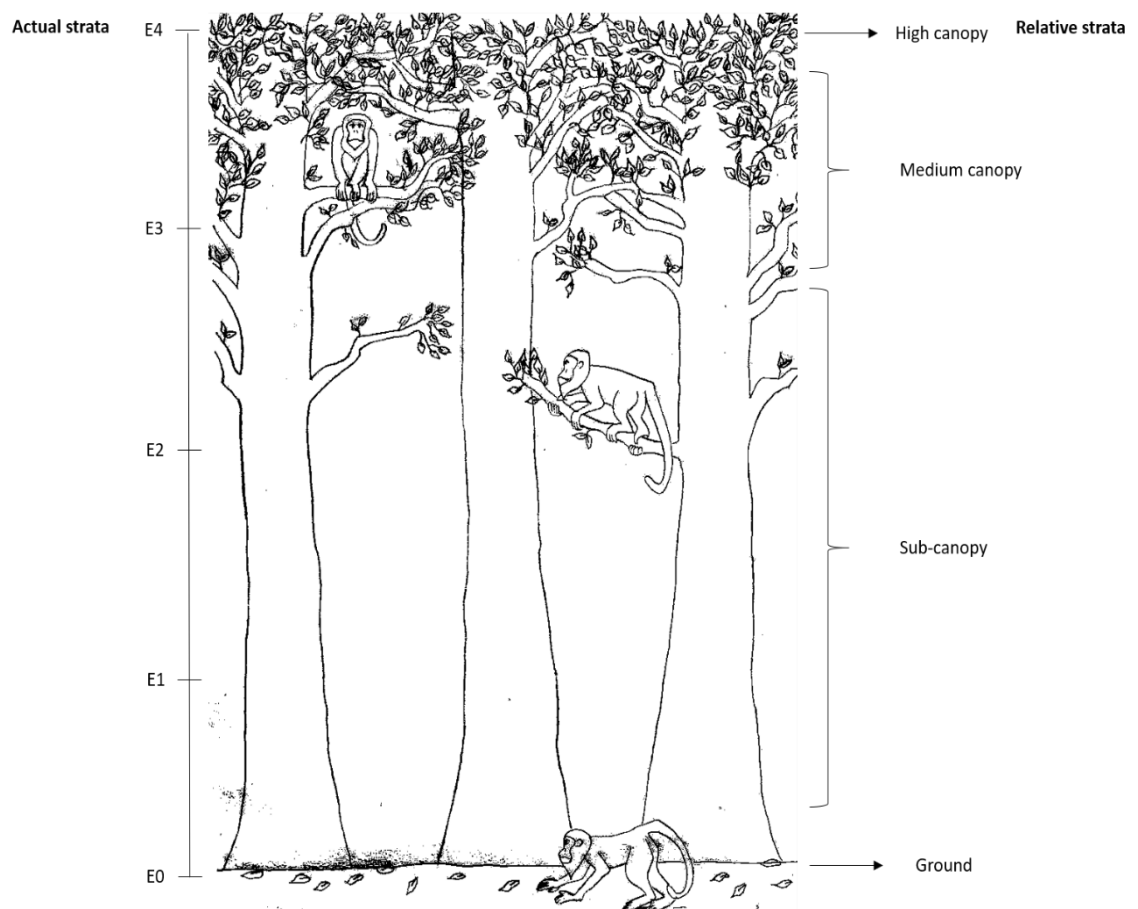


Fonte: Autor (2022).

To understand the use of the forest's vertical space (and microhabitats), we collected data on forest strata used by the monkeys. We considered two categories: relative strata and actual strata. The category "relative strata" had four subcategories: ground (the animal was observed in direct contact with the ground), sub-canopy (when the individual was right below the canopy), medium canopy (when the animal was in the middle of the canopy) and high

canopy (when the animal was above the canopy) (Figure 7). The category "actual strata" had six subcategories: E0 (the animal was in direct contact with the ground), E1 (the animal was between 1 and 2 meters from the ground), E2 (the animal was between 2 and 5 meters from the ground), E3 (the animal was between 5 and 10 meters from the ground), E4 (the animal was between 10 and 15 meters from the ground) and E5 (the animal was above 15 from the ground) (Figure 7).

Figure 7 - The classification we used for collecting data on the strata used by the monkeys. E0: (ground); E1: (between 1 and 2 meters from the ground); E2: (between 2 and 5 meters from the ground); E3: (between 5 and 10 meters from the ground); E4: (between 10 and 15 meters from the ground); and E5: (above 15 from the ground).



Fonte: Autor (2021).

To estimate the degree of group cohesion, we categorised the distance to the nearest individual into V0 (when the animals were in direct contact), V1 (when the animals were not in contact and up to two meters apart), V5 (when the animals were up to five meters apart) and SV (when there was no other animal within five meters).

To assess forest productivity, we installed ten litterfall traps along five 30-m long transects on each site. The traps consisted of a one-meter square polyethylene mesh (one-

millimetre mesh). We installed the traps 1.5 meters from the ground, and they were checked once a month. We weighed all contents captured by the traps, which were largely comprised of leaves, fruits, and twigs.

3.2.1 Data analysis

We calculated the relative frequency of behavioural and use of strata categories for each month, using the following formula: $y = (n_y/N) * 100$, where n_y represents the number of records for category y , and N is the total number of records (DE OLIVEIRA; LYNCH ALFARO; VEIGA, 2014; PINHEIRO; FERRARI; LOPES, 2013).

We performed a Permutational Analysis of Variance (PERMANOVA) on Euclidian distances to test whether differences existed between the behavioural budget of *S. flavius* and *A. ululata*, as well as in the use of space (horizontal: range size; and vertical: strata use) and group cohesion. We used "species" and "period" (rainy and dry months) as factors in the analysis. The number of permutations was 9999. We normalised all variables before conducting the PERMANOVA analysis. We used distance-based redundancy analysis to assess the differences between *S. flavius* and *A. ululata*. For analysis we combined data from the two *A. ululata* study groups. Feeding and Foraging were considered as Feeding for *S. flavius*. Socialising and Vocalising were considered as Socialising for *A. ululata*. For data analysis, we combined E0, E1 and E2 (i.e., < 5m) into one stratum use category and E3, E4 and E5 (i.e., >5m) in the second category for both species (i.e., we compared these two categories).

We performed a Spearman correlation to assess whether there was any relationship between home range size and proxy for forest productivity. We also performed a Spearman correlation to assess whether there was any relationship between the size of the group and forest productivity, as well as average rainfall and forest productivity. We conducted a t-test to test for group size, group cohesion and home range variation between dry and rainy seasons. For the analysis of the degree of group cohesion, we separated the categories into two groups, when the animal had an individual nearby (we combined V0, V1 and V5) and when the animal was alone (SV).

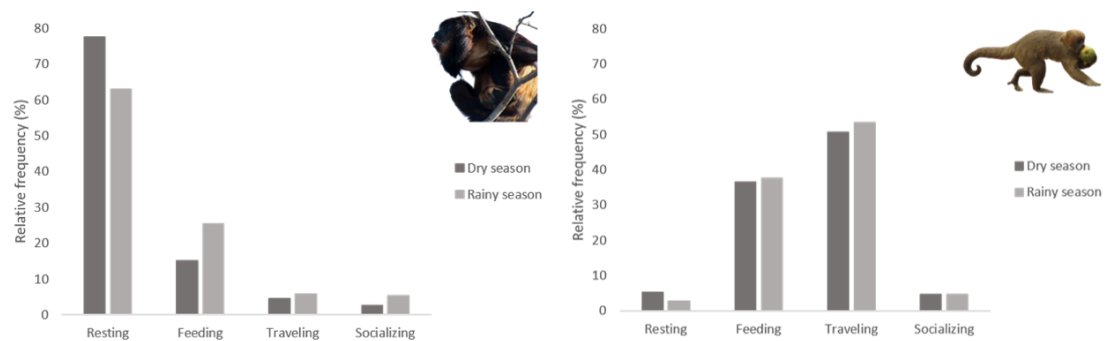
For all analyses, statistical significance was set at $p \leq 0.05$.

3.3 RESULTS

3.3.1 Activity budget and use of space by *Sapajus flavius* and *Alouatta ululata*

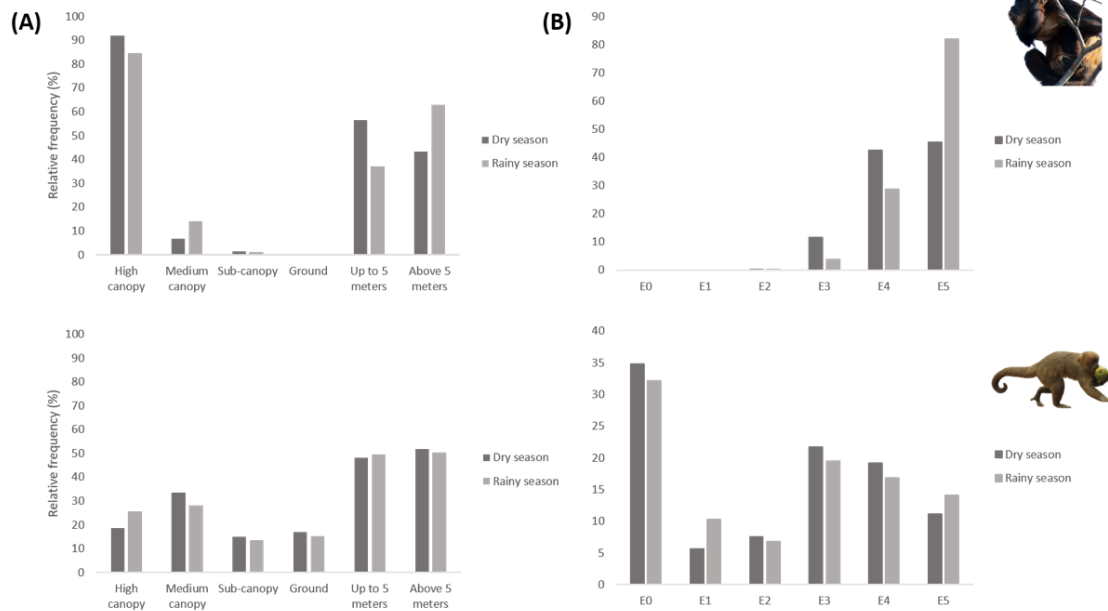
During twelve months of study of the *S. flavius* group, we carried out 2,752 scans and obtained 17,645 behavioural records (a mean of 6.41 individuals per scan) in approximately 459h of scan sampling. For *A. ululata*, we obtained 2,444 scans and 8,373 behavioural records (a mean of 3.42 individuals per scan) in approximately 408h of scan sampling. Fifty-two per cent of the behavioural budget of *S. flavius* was dedicated to Traveling, while almost 70% of the behavioural budget of *A. ululata* corresponded to Resting (Figure 8). *Sapajus flavius* also used strata under 5m more often than *A. ululata* (Figure 9).

Figure 8 - Behavioural activity budget in *Sapajus flavius* (right) inhabiting the Atlantic Forest and *Alouatta ululata* (left) inhabiting Caatinga Forest, Brazil. Relative frequency refers to the relative frequency of the behavioural category in dry and rainy months.



Fonte: Autor (2022).

Figure 9 - Vertical use of the strata in *Sapajus flavius* inhabiting the Atlantic Forest and *Alouatta ululata* inhabiting Caatinga Forest. Relative frequency refers to the relative frequency of the strata used in dry and rainy months. E0: (ground); E1: (between 1 and 2 meters from the ground); E2: (between 2 and 5 meters from the ground); E3: (between 5 and 10 meters from the ground); E4: (between 10 and 15 meters from the ground); and E5: (above 15 from the ground).



Fonte: Autor (2022).

Our PERMANOVA revealed highly significant differences between *S. flavius* and *A. ululata* behavioural budgets, use of space and group cohesion. There was a significant interaction between the factors: "species" and "period (dry and rainy)" (Table 2). Pair-wise t-tests revealed differences between the *S. flavius* and *A. ululata* for both dry ($T = 7.8746$; p (perm) = 0.0017; Unique permutations: 462) and rainy ($T = 5.0605$; p (perm) = 0.0021; Unique permutations: 462) periods. Pair-wise t-tests also showed that for *S. flavius*, behavioural budget, use of space and group cohesion variables did not differ between rainy and dry periods ($T = 0.7079$; p (perm) = 0.7102; Unique permutations: 462). In contrast, pair-wise t-tests showed that for *A. ululata*, behavioural budget, use of space and group cohesion variables differed between rainy and dry periods ($T = 2.6227$; p (perm) = 0.0016; Unique permutations: 462).

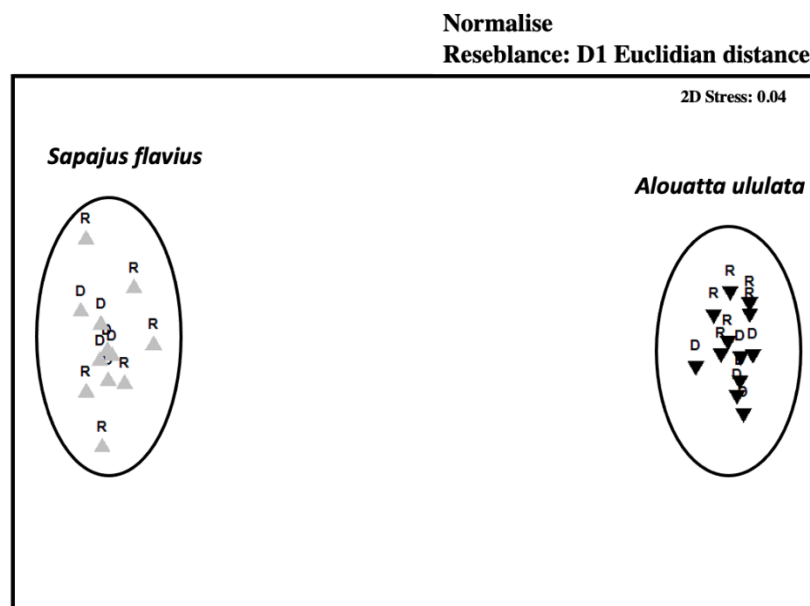
Table 2 - Results of PERMANOVA show that *Sapajus flavius* and *Alouatta ululata* can be distinguished by their activity budget.

Source	df	SS	Pseudo-F	<i>p</i>	perms
Species	1	204.27	71.378	0.0001	9945
Periods	1	4.1957	1.4661	0.2252	9932
Species x Periods	1	10.293	3.5965	0.0358	9929
Residuals	20	57.237			
Total	23	276			

Fonte: Autor (2022).

The average square distance between *S. flavius* samples was 3.72, indicating high homogeneity in the data. We observed the same trend for the *A. ululata*, where the average square distance was 2.80. When we compared *S. flavius* samples against those of *A. ululata*, the average square distance was 40.02, confirming that behavioural budget, use of space and group cohesion variables can be used to differentiate the species (Figure 10).

Figure 10 - Distance-based redundancy analysis showing *Sapajus flavius* and *Alouatta ululata* as separate groups. Species and periods (rainy – R; and dry - D) were the factors in the PERMANOVA analysis. Activity budget, strata use, and group cohesion were used as the explanatory variables.



Fonte: Autor (2021).

3.3.2 Home range and forest productivity

For the studied *S. flavius* population, the total home range was 238 ha (ranging between 84 ha and 171 ha, mean 128.5 ha). Total home ranges for each of the two monitored groups of *A. ululata* were 16.05 ha and 3.22 ha, respectively, for group A1 (ranging between 2.63 ha and

10.32 ha, average of 5.51 ha) and A2 (varying between 0.11 ha and 2.35 ha, average of 0.88 ha). We found no differences in the size of the home range of *S. flavius* ($t = 1.3428$, $df = 10$, $p = 0.1045$) or *A. ululata* ($t = -0.4159$, $df = 10$, $p = 0.3431$) between the dry and rainy seasons. In the *S. flavius* study area, we found a positive correlation between forest productivity and mean rainfall (Spearman's correlation coefficient: $n = 12$, $r_s = 0.6224$, $t = 2.5141$, $p = 0.0306$). However, we found no correlation between forest productivity and mean rainfall in the *A. ululata* area (Spearman's correlation coefficient: $n = 12$, $r_s = -0.4852$, $t = -1.7547$, $p = 0.1098$). We found no correlation between forest productivity throughout the year and the monthly home range of *S. flavius* (Spearman's correlation coefficient: $n = 12$, $r_s = -0.4406$, $t = -1.5519$, $p = 0.1517$), or *A. ululata* (Spearman's correlation coefficient: $n = 11$, $r_s = 0.4182$, $t = 1.3811$, $p = 0.2005$).

3.3.3 Group structure, season and forest productivity

Counts of the monitored *S. flavius* group varied between 64 and 163 individuals over the study period. Newborn infants and copulations occurred across all monitoring months. As a mean for the entire study period, the group composition was: 21.67% adult males, 28.37% adult females, 7.22% sub-adult males, 31.70% youngsters and 11.02% infants. We found variation in subgroup size between the dry and rainy periods ($t = -2.2803$, $DF = 10$, $p = 0.0228$), with subgroup sizes being larger in the months with highest forest productivity (Spearman's correlation coefficient: $n = 12$, $r_s = 0.6364$, $t = 2.6087$, $p = 0.0260$). However, no differences were found in the degree of *S. flavius* group cohesion between dry and rainy months ($t = 0.1203$, $df = 10$, $p = 0.4533$).

The monitored groups of *A. ululata* varied throughout the year in composition and size. Group A1, during the first five months of monitoring, kept a stable composition and size (two adult males, one sub-adult male, seven adult females, six youngsters and four infants = 20 individuals). In the following three months, we obtained no further records of the adult male who was subdominant to the alpha male, two adult females and a young male, all of which might have either migrated or died. In the final four months of the monitoring, the composition of the group was: one adult male, two sub-adult males, five adult females, five youngsters and three infants (i.e., 16 individuals). *Alouatta ululata* group was smaller in the dry period ($t = 1.8605$, $df = 10$, $p = 0.0462$). We found no correlation between group size and forest productivity (Spearman's correlation coefficient: $n = 12$, $r_s = -0.1713$, $t = -0.5500$, $p = 0.5944$).

Group A2 structure varied little, remaining uniform for almost the entire monitoring period - the group consisted of one adult male, one sub-adult male, three adult females, five youngsters and two infants (i.e., 12 individuals). However, an adult female gave birth, and a youngster was not seen in the last three months of the study. The degree of group cohesion of *A. ululata* was higher in the dry period ($T = -2.5920$, $df = 10$, $p = 0.0134$).

3.4 DISCUSSION

We found that the activity budgets of *S. flavius* and *A. ululata* followed the behavioural signatures of their respective genera (Table 3). We found a predominance of Traveling and Feeding/foraging behaviours in the activity budget of *S. flavius*, whereas Resting behaviour was predominant in *A. ululata*'s activity budget. Because *S. flavius* are omnivores and generalists (FRAGASZY; FEDIGAN; VISALBERGHI, 2004), it would be expected they would devote more time to activities related to locomotion and foraging (FRAGASZY; FEDIGAN; VISALBERGHI, 2004). On the other hand, the predominantly folivorous diet of *A. ululata* requires a strategy that minimises energy expenditure, and therefore, resting should be prioritised over more energetic locomotory behaviours (ROSENBERGER; STRIER, 1989; STRIER, 1992).

Table 3 - Available behavioural budget of species of the genus *Alouatta*, *Sapajus* and *Cebus* (the last two genera are both capuchin monkeys).

Species	Basic activity budget (Percentage of behaviours)				Sources
	Feeding and/or Foraging	Travelling	Resting	Socialising	
Alouatta					
Alouatta belzebul	3,91	17,8	72,06	3,64	(DA SILVA, 2015)
A. caraya	13,7	12	67,8	NA	(COUTINHO, 2012)
	12,3	13,7	65,9	NA	(DE CAMARGO <i>et al.</i> , 2008)
	12	13	68	7	(SOUZA, 2005)
	11,9-8.1	18,3-19,9	60,5-57,7	~ 3,8-5,6	(BONVICINO, 1989)
	~ 10-20	~ 15-30	~ 58-76	~ 5-7	(BICCA-MARQUES; CALEGARRO-MARQUES, 1995)
	19	16	57	7	(BRAVO; SALLENAVE, 2003)
	10,9	12	61,7	15,4	(ROSSI, 2011)
	14,9	23,4	56,5	3,9	(PRATES; BICCA-MARQUES, 2008)
	14,69	29,89	50,85	4,33	(ODALIA-RÍMOLI <i>et al.</i> , 2008)
	10,1	18,5	64,7	4,4	(RÍMOLI; NANTES; LÁZARO JÚNIOR, 2012)
A. discolor	15,9	17,6	61,6	NA	(BICCA-MARQUES, 1993) (Apud. PALMA <i>et al.</i> 2011)
	20	18.2	58.7	2.1	(PINTO, 2002)
A. guariba	15,99	9,81	71,1	1,8	(DE OLIVEIRA, 2003)
	~ 18-23	~ 16-17	~ 57-58	~ 2-4	(JUNG <i>et al.</i> , 2015)
	14,5-16,7	13,5-8,5	71,8	NA	(MENDES, 1989)
	19	18,8	71,8	NA	(DE MARQUES, 1996) (Apud. PALMA <i>et al.</i> 2011)
A. palliata	21-23	17-21	50-54	NA	(DECKER, 2013)
	16,2	10,2	65,5	NA	(MILTON K., 1980) (Apud. PALMA <i>et al.</i> 2011)
A. pigra	10,3	1,3	47,8	0,5	(ESTRADA <i>et al.</i> , 1999)
	24.4	9.8	61.9	2.3	(SILVER <i>et al.</i> , 1998)
A. puruensis	12	16,6	69.4	0,7	(QUINTINO, 2014)

<i>A. seniculus</i>	19,8-23,8 22,2 NA 22,1-23,1 12,7 22	14,8-18,4 8,8 NA 10,9-9,8 5,6 11	61,4-61,9 67,5 NA 62,4-63,9 78,5 67	NA NA NA NA NA NA	(BRAZA; ALVAREZ; AZCARATE, 1981) (GÓMEZ, 1999) (SEKULIC, 1982) (PALMA <i>et al.</i> , 2011) (GAULIN; GAULIN, 1982) (NEVES; RYLANDS, 1991) (apud. PALMA <i>et al.</i> 2011)
<i>Cebus</i>					
<i>Cebus albifrons</i>	64	25	5	6	(MATTHEWS, 2009)
<i>C. capucinus</i>	29.9 18.98	29.5 47.98	17.8 21.19	13.8 11.85	(MALLOT; GARBER; MALHI, 2017) (CAMPBELL, 2013)
<i>C. kaapori</i>	39,3	47,4	9,3	3,4	(DE OLIVEIRA; LYNCH ALFARO; VEIGA, 2014)
<i>Sapajus</i>					
<i>Sapajus cay</i>	28	41,3	25,5	5,1	(JÚNIOR <i>et al.</i> , 2019)
<i>Sapajus apella</i>	47,5	38	14,5	NA	(VILELA, 2003) (Apud. SABBATINI <i>et al.</i> , 2008)
	41,9 ~41	37,1 ~ 25-35	~ 5.5 ~ 3-10	~ 6.5 NA	(MOURA, 2004) (ZHANG, 1995)
<i>Sapajus flavius</i>	50,24	38,96	4,77	6	(RODRIGUES, 2013)
<i>Sapajus libidinosus</i>	74,07	16,92	3,75	5,24	(CUTRIM, 2013)
	46 34	32 41	8 15	NA 8	(IZAR <i>et al.</i> , 2012) (SABBATINI <i>et al.</i> , 2008)
<i>Sapajus nigrilus</i>	58	36	4	NA	(IZAR <i>et al.</i> , 2012)
	83 32,8	14 ~ 40-50	3 ~ 2-10	NA ~ 3-15	(LUCCAS, 2016) (CANALE; KIERUFF; CHIVERS, 2013)
<i>Sapajus xanthosternos</i>					

Fonte: Autor (2022).

Average monthly rainfall influenced behavioural and use of space only for *A. ululata*. The studied *A. ululata* groups rested more than in the wet months than in dry months, whereas the behaviours Traveling, Feeding, Socializing and Vocalizing were more frequent in dry months than in wet months. The temperature often influences animal resting patterns, with higher temperatures resulting in longer resting periods (KORSTJENS; LEHMANN; DUNBAR, 2010). Increasing resting behaviour in the driest period seems to be an appropriate survival strategy for *A. ululata* because it helps to save energy. Indeed, this pattern has been reported in other species of *Alouatta* (Table 3). In the Caatinga, the scarcity of rain and the presence of high temperatures in the dry period results in reduced forest productivity (DE QUEIROZ *et al.*, 2017), which may have contributed to the observed seasonal variations in the *A. ululata* behavioural budget. In contrast, the coastal nature of the fragment inhabited by the studied *S. flavius* population meant that there was little temperature variation throughout the year (SANT'ANNA NETO, 1990; SOS MATA ATLÂNTICA, 2018). Such a lack of marked monthly climate variation may have contributed to the lack of seasonal variation in the activity budget and use of space in *S. flavius*. Furthermore, *S. flavius* often uses non-native plants (e.g.,

Elaeis guineensis, *Syzygium cumini* and *Artocarpus heterophyllus*) and sugarcane (grown in monoculture) as foodstuffs (LINS; FERREIRA, 2019; MEDEIROS *et al.*, 2019; RODRIGUES, 2013). These are often available throughout the year, making it easier for these animals to obtain energy when native food sources are scarce.

The home range of the two *A. ululata* groups had a five-fold difference (*i.e.*, 16.05 and 3.22 ha). The larger home range overlapped with the home range of at least five other *Alouatta ululata* groups (FREIRE-FILHO unpublished data), which contradicts the idea that the home ranges of howler monkey groups are smaller in regions with greater population density (CROCKETT; EISENBERG, 1987). We suspect, however, that a factor contributing to the large home range was the decentralised distribution of trees such as the *mirindiba* (*Buchenavia tomentosa*, Combretaceae). The abundance and distribution of certain trees have already been reported to influence the size of the home range of other *Alouatta* species (*e.g.*, *A. caraya* – LUDWIG, 2006). In the dry season, *mirindiba* produces large volumes of fruits (plum-sized with a succulent and nutritious pulp - ZUFFO *et al.*, 2016) (FREIRE-FILHO unpublished data), which could represent an important food resource for the omnivorous and frugivorous animals that inhabit this region of Piauí. The home range of the monitored population of *S. flavius* was 238 ha, a similar size to the reported in other studies on *Sapajus* species (FRAGASZY; FEDIGAN; VISALBERGHI, 2004; IZAR *et al.*, 2012; LINS, 2015; SCARRY, 2013). Thus, *S. flavius* seems to conform to the relatively large home range size expectations of capuchin monkeys in general.

Sapajus flavius showed no variations in the group cohesion or composition between the dry and wet periods. Nevertheless, forest productivity positively influenced subgroup size, with larger subgroups in the wet period. We attribute such forest productivity-related patterns to the relative ease with which larger subgroups can be maintained during periods of the year with greater forest productivity, and which may be associated with greater fruit production (DI BITETTI, 2001; FRAGASZY; FEDIGAN; VISALBERGHI, 2004; JANSON, 2007; ZHANG, 1995) and less competition for food sources. In contrast, *Alouatta ululata* groups remained more spatially cohesive during the driest period of the year. This period of the year in the Caatinga forest is notable for its multi-species near-synchronous leaf drop (DE QUEIROZ *et al.*, 2017). Individuals/species that keep their leaves are either remarkably well-adapted to arid conditions, have very small leaves or deeper roots, or occur in wetter soils (GUERRA; SCREMIN-DIAS, 2018; PINHEIRO; COSTA; DE ARAÚJO, 2013). Accordingly, we believe that those trees that manage to keep their leaves become small "islands" that animals may use for shade, overall

protection and food, resulting in greater cohesion of the *Alouatta ululata* groups around such "island trees". Food sources are also scarce in the Caatinga forest in the dry periods, and thus, few trees bear fruits or offer other food resources, contributing even more to group cohesion.

Accordingly, based on the results of the current study, we propose that the survival strategies adopted by primate species in northeast Brazil are adjusted according to the climate and environmental conditions of the areas they inhabit. The climatic discrepancies between different periods of the year, along with the natural history of the animals, result in more adjustments to the behavioural budget, use of space and group structure. In the regions of northeastern Brazil, where markedly distinct climatic periods exist during the year, primate species may need to adjust their behavioural budgets and use of space, unlike regions with climates that are more stable across the annual cycle. Future studies could investigate whether populations of *Sapajus flavius* inhabiting Caatinga areas will show the adjustments the *Alouatta ululata* showed in this habitat type. In addition, studies could investigate whether the populations of *Alouatta ululata* inhabiting areas of mangroves and isolated areas of cloud forest (locally known as "*Brejos de altitude*": DE QUEIROZ *et al.*, 2017) will show the same pattern as *Sapajus flavius* in the Atlantic Forest.

3.5 REFERENCES

- ALTMANN, J. Observational study of behavior: sampling methods. **Behaviour**, [S. l.], v. 49, n. 3-4, p. 227-266, 1974.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [S. l.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BASTOS, M. *et al.* Vocal repertoire of wild blonde capuchins (*Sapajus flavius*) and contextual use of calls. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 77, n. 6, p. 605-617, 2015.
- BEZERRA, B. M. *et al.* Camera trap observations of nonhabituated critically endangered wild blonde capuchins, *Sapajus flavius* (formerly *Cebus flavius*). **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 35, n. 5, p. 895-907, 2014.
- BICCA-MARQUES, J. C. Padrão de atividades diárias do bugio-preto *Alouatta caraya* (Primates, Cebidae): uma análise temporal e bioenergética. In: Yamamoto, M. E.; de Souza, M, B (Eds.). **A Primatologia no Brasil**. 4 ed. Salvador: Sociedade Brasileira de Primatologia, 1993, Bibliografia: p. 35-49.
- BICCA-MARQUES, J. C.; CALEGARO-MARQUES, C. Activity Budget and Diet of *Alouatta caraya*: An Age-Sex Analysis. **Folia primatologica**, [S. l.], v. 63, p. 216-220, 1994.
- BICCA-MARQUES, J. C.; CALEGARRO-MARQUES, C. Ecologia alimentar do gênero *Alouatta* Lacépède, 1799 (Primates, Cebidae). **Cadernos UFAC**, [S. l.], v. 3, p. 23-49, 1995.
- BICCA-MARQUES, J. C.; CALEGARO-MARQUES, C. Behavioral thermoregulation in a sexually and developmentally dichromatic neotropical primate, the black-and-gold howling monkey (*Alouatta caraya*). **American Journal of Physical Anthropology**, [S. l.], v. 106, n. 4, p. 533-546, 1998.
- BICCA-MARQUES, J. C.; SILVA, V. M.; GOMES, D. F. Ordem Primates. In: Reis, N. R.; Peracchi, A. L.; Pedro, W. A.; Lima, I. P. **Mamíferos do Brasil**. 1 ed. Londrina: Sociedade Brasileira de Zoologia, 2006, Bibliografia: p. 101-148.
- BONVICINO, C. R. Ecologia e comportamento de *Alouatta belzebul* (Primates: Cebidae) na Mata Atlântica. **Revista Nordestina de Biologia**, [S. l.], v. 6, p. 149-179, 1989.
- BRAVO, S. P.; SALLENAVE, A. Foraging behavior and activity patterns of *Alouatta caraya* in the northeastern Argentinean flooded forest. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 24, n. 4, p. 825-846, 2003.
- BRAZA, F.; ÁLVAREZ, F.; AZCÁRATE, T. Behaviour of the red howler monkey (*Alouatta seniculus*) in the Llanos of Venezuela. **Primates**, [S. l.], v. 22, n. 4, p. 459-473, 1981.
- CAMPBELL, J. C. **White-faced capuchins (*Cebus capucinus*) of Cahuita National Park, Costa Rica: human foods and human interactions**. 2013. Tese (Doutorado em Antropologia) - Iowa State University, Iowa State University, Ames, 2013.

CANALE, G. R. C.; KIERUFF, M. C. M.; CHIVERS, D. J. A critically endangered capuchin monkey (*Sapajus xanthosternos*) living in a highly fragmented hotspot. In: Marsh L. K.; Chapman C. A. **Primates in Fragments: Complexity and Resilience**. 1 ed. New York: Springer Science, 2013, Bibliography: p. 299–311.

CEPRO. **Perfil dos municípios**. Teresina, Fundação CEPRO, 1992.

CLIMATE-DATA. **Mataraca**. 2020a. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-dosul/brasil/paraiba/mataraca-312410/>. Acessado em 10 de março de 2020.

CLIMATE-DATA. **São Miguel do Tapuio**. 2020b. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/piaui/saomiguel-do-tapuio-42462/>. Acessado em 10 de março de 2020.

CORTÉS-ORTIZ, L. *et al.* Molecular systematics and biogeography of the Neotropical monkey genus, *Alouatta*. **Molecular phylogenetics and evolution**, [S. l.], v. 26, n. 1, p. 64–81, 2003.

COUTINHO, L. A. **Variação sazonal e longitudinal na ecologia do guariba-de-mãos-ruivas, *Alouatta belzebul* (Primates, Atelidae), na fazenda Pacatuca, Paraíba**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal de Sergipe, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2012.

CROCKETT, C. M.; EISENBERG, J. F. Howlers: Variations in group size and demography. In: Smuts B. B.; Cheney R.; Seyfarth R. M.; Wrangham R. W.; Struhsaker T. T. **Primate Societies**. 1 ed. Chicago: University of Chicago Press, 1987, Bibliography: p. 54–58.

CRONIN, K. A.; KURIAN, A. V.; SNOWDON, C. T. Cooperative problem solving in a cooperatively breeding primate (*Saguinus oedipus*). **Animal behaviour**, [S. l.], v. 69, n. 1, p. 133–142, 2005.

CUNHA, L. O. *et al.* de. Análise multivariada da vegetação como ferramenta para avaliar a reabilitação de dunas litorâneas mineradas em Mataraca, Paraíba, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, p. 503–515, 2003.

CUTRIM, F. H. R. **Padrão comportamental e uso de ferramentas em macacos-prego (*Sapajus libidinosus*) residentes em manguezal**. 2013. Tese (Doutorado em Psicologia Experimental) – Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, 2013.

DA SILVA, J. M. **Ecologia, Conservação e Comportamento de Guariba-de-mãos-ruivas (*Alouatta belzebul belzebul*) no município de água preta, Pernambuco, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

DE CAMARGO, C. C. *et al.* Variação sazonal e longitudinal nos padrões de comportamento em uma população de *Alouatta belzebul* (Primates: Atelidae) do nordeste brasileiro. In: Ferrari S. F.; Rimolí J. **A Primatologia no Brasil**. 9 ed. Sergipe: Sociedade Brasileira de Primatologia, 2008, Bibliografia: p. 192–201.

DE MARQUES, A. A. B. Ecology and behavior of brown howlers in Araucaria Pine Forest, southern Brazil. **Neotropical Primates**, [S. l.], v. 4, p. 90-91, 1996.

DE OLIVEIRA, E. M. **Ecologia de *Alouatta guariba clamitans* (Humbolt, 1812 - Primates, Atelidae), em mata estacional semidecídua no sudeste do Brasil**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Uberlândia, Universidade de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

DE OLIVEIRA, S. G.; LYNCH ALFARO, J. W.; VEIGA, L. M. Activity budget, diet, and habitat use in the critically endangered Ka'apor capuchin monkey (*Cebus kaapori*) in Pará State, Brazil: A preliminary comparison to other capuchin monkeys. **American journal of primatology**, [S. l.], v. 76, n. 10, p. 919-931, 2014.

QUEIROZ, L. P.; CARDOSO, D.; FERNANDES, M. F.; MORO, M. F. Diversity and Evolution of flowering plants of the Caatinga domain. In: da Silva J. M. C.; Leal I. R.; Tabarelli M. **Caatinga: the Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. 1 ed. Switzerland: Springer, 2017, Bibliography: p. 23 63.

DECKER, E. B. **Ecologia e comportamento do bugio-ruivo (*Alouatta guariba clamitans*) em um fragmento florestal no limite sul da distribuição: testando predições de modelos socioecológicos**. 2013. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Faculdade de Biociências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

DI BITETTI, M. S. Home-range use by the tufted capuchin monkey (*Cebus apella nigrilus*) in a subtropical rainforest of Argentina. **Journal of Zoology**, [S. l.], v. 253, n. 1, p. 33-45, 2001.

DIGBY, L. J.; FERRARI, S. F.; SALTZMAN, W. Callitrichines: the role of competition in cooperatively breeding species. In: Campbel C. J.; Fuentes A.; MacKinnon C.; Panger K, M.; Bearder S. **Primates in Perspective**. 1 ed. New York: Oxford University Press, 2007, Bibliography: p. 85–106.

ESTRADA, A. *et al.* Feeding and general activity patterns of a howler monkey (*Alouatta palliata*) troop living in a forest fragment at Los Tuxtlas, Mexico. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 48, n. 3, p. 167-183, 1999.

FIALHO, M. S. *et al.* ***Alouatta ululata***. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T918A190435652. Disponível em: <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T918A190435652>. en. Acessado em 07 de maio de 2021.

FRAGASZY, D. M.; FEDIGAN, L. M.; VISALBERGHI, E. **The complete capuchin: The biology of the genus *Cebus***. New York: Cambridge University Press, 2004.

FREESE, C. H.; OPPENHEIMER, J. R. The capuchin monkeys, genus *Cebus*. In: Coimbra-Filho A.; Mittermeier R. A. **Ecology and behaviour of neotropical primates**. 2 ed. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1981, Bibliography: p. 331–390.

GARBER, P. A. Locomotor behavior and feeding ecology of the Panamanian tamarin (*Saguinus oedipus geoffroyi*, Callitrichidae, Primates). **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 185-201, 1980.

GARBER, P. A. Foraging strategies among living primates. **Annual review of Anthropology**, [S. l.], v. 16, p. 339-364, 1987.

GAULIN, S. J. C.; GAULIN, C. K. Behavioral ecology of *Alouatta seniculus* in Andean cloud forest. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 1-32, 1982.

GEBO, D. L. Locomotor and postural behavior in *Alouatta palliata* and *Cebus capucinus*. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 26, n. 4, p. 277-290, 1992.

GÓMEZ, A. M. S. **Ecologia e comportamento de *Alouatta seniculus* em uma mata de terra firme na Amazônia Central**. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.

GREGORIN, R. Taxonomia e variação geográfica das espécies do gênero *Alouatta* Lacépède (Primates, Atelidae) no Brasil. **Revista brasileira de Zoologia**, [S. l.], v. 23, p. 64-144, 2006.

GUERRA, A; SCREMIN-DIAS, E. Leaf traits, sclerophylly and growth habits in plant species of a semiarid environment. **Brazilian Journal of Botany**, [S. l.], v. 41, n. 1, p. 131-144, 2018.

HENDGES, C. D.; FORTES, V. B.; DE SÁ DECHOUM, M. Consumption of the invasive alien species *Hovenia dulcis* Thumb. (Rhamnaceae) by *Sapajus nigritus* Kerr, 1792 in a protected area in southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoociências**, [S. l.], v. 14, n. 1, 2, 3, 2012.

HILÁRIO, R. R. Processo de habituação de um grupo de *Callithrix flaviceps* (Thomas, 1903) na Reserva Biológica Augusto Ruschi, Santa Teresa, Espírito Santo. In: MIRANDA J. M. D.; HIRANO Z. M. B. **A Primatologia no Brasil**. 12 ed. Curitiba: Sociedade Brasileira de Primatologia, 2011, Bibliografia: p. 2–14.

IZAR, P. *et al.* Flexible and conservative features of social systems in tufted capuchin monkeys: comparing the socioecology of *Sapajus libidinosus* and *Sapajus nigritus*. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 74, n. 4, p. 315-331, 2012.

JANSON, C. H. Experimental evidence for route integration and strategic planning in wild capuchin monkeys. **Animal Cognition**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. 341-356, 2007.

JUNG, L. *et al.* Effects of local habitat variation on the behavioral ecology of two sympatric groups of brown howler monkey (*Alouatta clamitans*). **PLoS One**, United States, v. 10, n. 7, p. e0129789, 2015.

JÚNIOR, O. F. *et al.* Behavioral activities and diet of Azaras's capuchin monkey, *Sapajus cay* (Illiger, 1815), in a forest remnant of the Brazilian Cerrado. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, [S. l.], v. 55, n. 2, p. 149-154, 2020.

KORSTJENS, A. H.; LEHMANN, J.; DUNBAR, R. I. M. Resting time as an ecological constraint on primate biogeography. **Animal Behaviour**, [S. l.], v. 79, n. 2, p. 361-374, 2010.

KORSTJENS, A. H.; VERHOECKX, I. L.; DUNBAR, R. I. M. Time as a constraint on group size in spider monkeys. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, [S. l.], v. 60, n. 5, p. 683-694, 2006.

KOSHELEFF, V. P.; ANDERSON, C. N. K. Temperature's influence on the activity budget, terrestriality, and sun exposure of chimpanzees in the Budongo Forest, Uganda. **American Journal of Physical Anthropology**, [S. l.], v. 139, n. 2, p. 172-181, 2009.

KOWALEWSKI, M. M. *et al.* Why is it important to continue studying the behavioral ecology and conservation management of howler monkeys? *In*: Kowalewski M. M.; Garber V.; Cortés-Ortiz L.; Urbani B.; Youlatos D. **Howler Monkeys: Behavior, Ecology, and Conservation**. 1 ed. New York: Springer Science, 2014, Bibliography: p. 1–17.

LIMA, M. G. M *et al.* Capuchin monkey biogeography: understanding *Sapajus* Pleistocene range expansion and the current sympatry between *Cebus* and *Sapajus*. **Journal of Biogeography**, [S. l.], v. 44, n. 4, p. 810-820, 2017.

LINS, P. G. A. **Preferência e Competição alimentar em um grupo de *Sapajus flavius* em fragmento de Mata Atlântica em Caaporã-Goiana – Paraíba – Brasil**. 2015. Dissertação (Mestrado em Psicobiologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

LINS, P. G. A. S.; FERREIRA, R. G. Competition during sugarcane crop raiding by blond capuchin monkeys (*Sapajus flavius*). **Primates**, [S. l.], v. 60, n. 1, p. 81-91, 2019.

LUCCAS, V. R. **Variação temporal na coesão grupal de macacos-prego (*Sapajus nigritus*) do Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo**. 2016. Dissertação (Mestrado em Psicobiologia Experimental) – Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

LUDWIG, G. **Área de vida e uso do espaço por *Alouatta caraya* (Humboldt, 1812) em ilha e continente do Alto Paraná**. 2006. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

MALLOTT, E. K.; GARBER, P. A.; MALHI, R. S. Integrating feeding behavior, ecological data, and DNA barcoding to identify developmental differences in invertebrate foraging strategies in wild white-faced capuchins (*Cebus capucinus*). **American journal of physical anthropology**, [S. l.], v. 162, n. 2, p. 241-254, 2017.

MATTHEWS, L. J. Activity patterns, home range size, and intergroup encounters in *Cebus albifrons* support existing models of capuchin socioecology. **International journal of primatology**, [S. l.], v. 30, n. 5, p. 709-728, 2009.

MCFARLAND, S. M. Fission-fusion social organization in *Ateles* and *Pan*. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 47-61, 1990.

MCKINNEY, T.; WESTIN, J. L.; SERIO-SILVA, J. C. Anthropogenic habitat modification, tourist interactions and crop-raiding in howler monkeys. *In*: Kowalewski M. M.; Cortés-Ortiz L.; Urbani B.; Youlatos D. **Howler monkeys: Behavior, Ecology, and Conservation**. 1 ed. New York: Springer Science, 2014, Bibliography: p. 281–311.

- MCKINNEY, T. Ecological and behavioural flexibility of mantled howlers (*Alouatta palliata*) in response to anthropogenic habitat disturbance. **Folia Primatologica**, [S. l.], v. 90, n. 6, p. 456-469, 2019.
- MEDEIROS, K. *et al.* Behavior, diet, and habitat use by blonde capuchin monkeys (*Sapajus flavius*) in a coastal area prone to flooding: direct observations and camera trapping. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 40, n. 4, p. 511-531, 2019.
- MENDES, S. L. Estudo ecológico de *Alouatta Fusca* (Primates: Cebidae) na Estação Ecológica de Caratinga, MG. **Revista Nordestina de Biologia**, Paraíba, [S. l.], v. 6, p. 71-104, 1989.
- MILTON, K. **The foraging strategy of howler monkeys. A study in primate economics.** 1 ed. New York: Columbia University Press, 1980. 165 p. ISBN 0231048505.
- MOURA, A. C. A. **The capuchin monkey and the Caatinga dry forest: A hard life in a harsh habitat.** 2004. Tese (Doutorado em Filosofia) - University of Cambridge, University of Cambridge, Cambridge, 2004.
- NAKAGAWA, N. Feeding rate as valuable information in primate feeding ecology. **Primates**, [S. l.], v. 50, n. 2, p. 131-141, 2009.
- NEVES, A. M.; RYLANDS, A. Diet of a group of howling monkeys, *Alouatta seniculus*, in an isolated forest patch in Central Amazonia. **Acta Primatologica**, [S. l.], v. 3, p. 263-274, 1991.
- ODALIA-RÍMOLI, A. *et al.* Behavior patterns of a group of black howler monkeys *Alouatta caraya* (Humboldt, 1812) in a forest fragment in Terenos, Mato Grosso do Sul: a seasonal. In: Ferrari S. F.; Rímoli J. **A Primatologia no Brasil.** 9 ed. Sergipe: Sociedade Brasileira de Primatologia, 2008, Bibliografia: p. 179-191.
- OLIVEIRA, M. M.; LANGGUTH, A. Rediscovery of Marcgraves capuchin monkey and designation of a neotype for *Simia flavia* Schreber, 1774 (Primates, Cebidae). **Boletim do Museu Nacional**, [S. l.], v. 523, p. 1-16, 2006.
- PALMA, A. C. *et al.* Use of space, activity patterns, and foraging behavior of red howler monkeys (*Alouatta seniculus*) in an Andean forest fragment in Colombia. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 73, n. 10, p. 1062-1071, 2011.
- PAVÉ, R. *et al.* Nectar feeding on an exotic tree (*Grevillea robusta*) by *Alouatta caraya* and its possible role in flower pollination. **Neotropical Primates**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 61-64, 2009.
- PEREIRA, M. S.; ALVES, R. R. N. Composição Florística de um remanescente de Mata Atlântica na Área de Proteção Ambiental Barra do Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, [S. l.], v. 7, p. 1-10, 2007.

PINHEIRO, T.; FERRARI, S. F.; LOPES, M. A. Activity budget, diet, and use of space by two groups of squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) in eastern Amazonia. **Primates**, [S. l.], v. 54, n. 3, p. 301-308, 2013.

PINHEIRO, E. A. R.; COSTA, C. A. G.; DE ARAÚJO, J. C. Effective root depth of the Caatinga biome. **Journal of Arid Environments**, [S. l.], v. 89, p. 1-4, 2013.

PINTO, L. P. **Dieta, padrão de atividades e área de vida de *Alouatta belzebul discolor* (Primates, Atelidae) em Paranaíta, norte de Mato Grosso**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Campinas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

PONTES, A. R. M.; MALTA, A.; ASFORA, P. H. A new species of capuchin monkey, genus *Cebus* Erxleben (Cebidae, Primates): found at the very brink of extinction in the Pernambuco Endemism Centre. **Zootaxa**, [S. l.], v. 1200, n. 1, p. 1–12, 2006.

PRATES, H. M.; BICCA-MARQUES, J. C. Age-sex analysis of activity budget, diet, and positional behavior in *Alouatta caraya* in an orchard forest. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 29, n. 3, p. 703-715, 2008.

QUINTINO, E. P. **Ecologia e comportamento do bugio vermelho (*Alouatta puruensis*) em um fragmento florestal em Rolim de Moura, Rondônia**. 2014. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Faculdade de Biociências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

RICHARD, A. A comparative study of the activity patterns and behavior of *Alouatta villosa* and *Ateles geoffroyi*. **Folia Primatologica**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 241-263, 1970.

RÍMOLI, J.; NANTES, R. D. S.; LÁZARO JÚNIOR, A. É. Diet and activity patterns of black howler monkeys *Alouatta caraya* (Humboldt, 1812, Primates, Atelidae) in ecotone Cerrado-Pantanal in the left bank of Aquidauana River, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Oecologia Australis**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 933-948, 2012.

RODRIGUES, K. C. **Padrão de atividades, comportamento alimentar, exploração de habitat e área de vida de um grupo de *Sapajus flavius* (Schreber, 1774) (Primates, Cebidae) em um fragmento de floresta atlântica, Paraíba, Brasil**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Monitoramento Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal da Paraíba, Rio Tinto, 2013.

ROSENBERGER, A. L.; STRIER, K. B. Adaptive radiation of the ateline primates. **Journal of Human Evolution**, [S. l.], v. 18, n. 7, p. 717-750, 1989.

ROSSI, M. J. **Suplementação da população de bugios-pretos (*Alouatta caraya*) no campus da Universidade de São Paulo em Ribeirão Preto pela soltura de indivíduos cativos – Estudo do comportamento**. 2011. Dissertação (Mestrado em Psicobiologia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.

SABBATINI, G.; STAMMATI, M.; TAVARES, M. H. C.; VISALBERGI, E. Behavioral flexibility of a group of bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) in the National Park

of Brasília (Brazil): consequences of cohabitation with visitors. **Brazilian Journal of Biology**, [S. l.], v. 68, p. 685-693, 2008.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista**. 1990, Dissertação (Mestrado em Geografia Humana e Regional) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, da Universidade Estadual Paulista Presidente Prudente, São Paulo, 1990.

SCARRY, C. J. Between-group contest competition among tufted capuchin monkeys, *Sapajus nigritus*, and the role of male resource defence. **Animal Behaviour**, [S. l.], v. 85, n. 5, p. 931-939, 2013.

SEKULIC, R. Daily and seasonal patterns of roaring and spacing in four red howler *Alouatta seniculus* troops. **Folia Primatologica**, [S. l.], v. 39, n. 1-2, p. 22-48, 1982.

SETZ, E. Z. F. Métodos de quantificação de comportamento de primatas em estudos de campo. In: Rylands, A. B.; Bernardes, A. T. **A Primatologia no Brasil**. 3 ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 1991, Bibliografia: p. 411-435.

SILVER, S. C.; OSTRO, L. E.; YEAGER, C. P.; HORWICH R. Feeding ecology of the black howler monkey (*Alouatta pigra*) in northern Belize. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 45, n. 3, p. 263-279, 1998.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2016-2017**. 2018. São Paulo, SOS Mata Atlântica. Disponível em: <http://mapas.sosma.org.br/dados/>. Acessado em 29 de maio de 2020.

SOUZA, S. P. **Ecologia e conservação de *Alouatta belzebul belzebul* (primates, atelidae) na Paraíba, Brasil**. 2005. Tese (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

SPAGNOLETTI, N.; CARDOSO, T. C. M.; FRAGASZY, D.; IZAR, P. Coexistence between humans and capuchins (*Sapajus libidinosus*): comparing observational data with farmers' perceptions of crop losses. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 38, n. 2, p. 243-262, 2017.

STRIER, K. B. Atelinae adaptations: behavioral strategies and ecological constraints. **American Journal of Physical Anthropology**, [S. l.], v. 88, n. 4, p. 515-524, 1992.

STRIER, K. B.; MENDES, S. L. The northern muriqui (*Brachyteles hypoxanthus*): lessons on behavioral plasticity and population dynamics from a critically endangered species. In: Kappeler, P. M.; Watts D. P. **Long-term field studies of primates**. 1 ed. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, Bibliography: p. 125–140. ISBN 978-3642225130.

STRIER, K. B. Behavioral Ecology and Conservation Biology of Primates and Other Animals. In: SLATER, P. J. B.; ROSENBLATT, J. S.; SNOWDON, C. T.; MILINSKI, M. **Advances in the Study of Behavior**, 6 ed. California: Academic Pres, Bibliography: p 101 – 145. 1997.

STRIER, K. B. **Primate behavioral ecology**. 6 ed. New Jersey: Routledge, 2015. 624 p. ISBN 9780367222888.

STRIER, K. B. What does variation in primate behavior mean?. **American Journal of Physical Anthropology**, [S. l.], v. 162, p. 4-14, 2017.

STRIER, K. B.; LEE, P. C.; IVES, A. R. Behavioral flexibility and the evolution of primate social states. **PloS one**, [S. l.], v. 9, n. 12, p. e114099, 2014.

TALEBI, M. G.; LEE, P. C. Activity patterns of *Brachyteles arachnoides* in the largest remaining fragment of Brazilian Atlantic Forest. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 31, n. 4, p. 571-583, 2010.

TOMBLIN, D. C.; CRANFORD, J. A. Ecological niche differences between *Alouatta palliata* and *Cebus capucinus* comparing feeding modes, branch use, and diet. **Primates**, [S. l.], v. 35, n. 3, p. 265-274, 1994.

VALENÇA-MONTENEGRO, M. M., *et al.* **Sapajus flavius**. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T136253A70612866. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T136253A70612866.en>. Acessado em 07 de maio de 2021.

VILELA, S. L. **Simpatria de *Alouatta caraya*, *Cebus apella* e *Callithrix penicillata* em matas de galeria do Distrito Federal**. 2003. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

WEHNCKE, E. V.; VALDEZ, C. N.; DOMÍNGUEZ, C. A. Seed dispersal and defecation patterns of *Cebus capucinus* and *Alouatta palliata*: consequences for seed dispersal effectiveness. **Journal of Tropical Ecology**, [S. l.], v. 20, n. 5, p. 535-543, 2004.

YOULATOS, D. *et al.* New challenges in the study of howler monkey anatomy, physiology, sensory ecology, and evolution: where we are and where we need to go? In: Kowalewski, M. M.; Garber, P. A.; Cortés-Ortiz, L.; Urbani, B.; Youlatos, D. **Howler monkeys: adaptive radiation, systematics, and morphology**. 2015 ed. New York: Springer Science, 2014, Bibliography: p. 403–414. ISBN 978-1493919567.

ZHANG, S. Activity and ranging patterns in relation to fruit utilization by brown capuchins (*Cebus apella*) in French Guiana. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 489-507, 1995.

ZUFFO, A. M. *et al.* Biometric characterization of fruits and seeds mirindiba (*Buchenavia tomentosa* Eichler) and inajá (*Attalea maripa* [Aubl.] Mart.) in southern Piauí, Brazil. **Revista de Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 39, p. 331-340, 2016.

4 ARTIGO 2 - POTENCIAIS INFLUÊNCIAS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ORÇAMENTO COMPORTAMENTAL E NA ECOLOGIA DA GUARIBA-DACAATINGA, *ALOUATTA ULULATA* (MAMMALIA: ATELIDAE)

Observação: Esse artigo da tese trará dados novos apenas na espécie *Alouatta ululata* visto que dados dessa natureza para espécie *Sapajus flavius* foram apresentados pelo autor desta tese na sua dissertação de mestrado. A referência completa da dissertação é: “Freire Filho, R. **Efeitos potenciais de mudanças climáticas no padrão de atividades do macaco-prego-galego, *Sapajus flavius* (Mammalia: Cebidae).** Dissertação de mestrado: Universidade Federal de Pernambuco, 2018”. Entretanto, a discussão desse artigo traz um paralelo sobre os impactos de mudanças climáticas no comportamento de *Sapajus flavius* e *Alouatta ululata*.

4.1 INTRODUÇÃO

Compreender como as mudanças climáticas podem afetar os organismos em diferentes partes do mundo e como estes poderão se adaptar a tais mudanças é um grande desafio (ARAÚJO; RAHBEK, 2006; BEEVER *et al.*, 2017; BUCHHOLZ *et al.*, 2019). Apesar das dificuldades de se obter essas informações, elas permitem que os pesquisadores possam desenvolver estratégias para a conservação das espécies (ARAÚJO; RAHBEK, 2006; BUCHHOLZ *et al.*, 2019). Diante disso, a utilização de modelos preditivos para compreender potenciais influências das mudanças climáticas sobre as espécies é uma ferramenta muito importante e vem sendo amplamente utilizada (BROOK; ALROY, 2017; KARIYAWASAM; KUMAR; RATNAYAKE, 2019; LAURIA *et al.*, 2015; ZELLMER *et al.*, 2019). Tais modelos buscam compreender como as mudanças climáticas podem afetar a distribuição de uma espécie (KARIYAWASAM; KUMAR; RATNAYAKE, 2019; LAURIA *et al.*, 2015; MORAES *et al.*, 2020) ou aspectos comportamentais e/ou ecológicos (CARNE; SEMPLER; LEHMANN, 2012; GONZÁLEZ-ZAMORA *et al.*, 2011). BUCHHOLZ *et al.* (2019) chamam atenção para a importância de se entender como as espécies de animais podem ajustar o seu comportamento consoante as mudanças climáticas. Eles ressaltam que as pesquisas que envolvem comportamento negligenciaram as mudanças climáticas que representam uma grande ameaça à biodiversidade.

Os modelos preditivos do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (*Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC) projetam um aumento da temperatura entre 1°C a 5°C para a América do Sul e um aumento na duração da seca (diminuição da precipitação) no nordeste do Brasil até final de 2100 (IPCC, 2021; PBMC, 2013). Contudo, tais estimativas podem ser agravadas e/ou aceleradas consoante a atividade antrópica (PBMC, 2013; IPCC, 2021). Uma série de estudos estão abordando as potenciais influências das mudanças climáticas em diversas espécies de primatas não-humanos (GRAHAM; MATTHEWS; TURNER, 2016; KORSTJENS; HILLYER, 2016; STEWART; TURNER; MATTHEWS, 2020). Tais pesquisas são fundamentais para a tomada de decisões para a conservação dessas espécies (MEYER, 2018; WRIGHT, 2006). Primatas neotropicais, por exemplo, serão afetados negativamente pelo aumento da temperatura e diminuição da precipitação, bem como pelo uso inapropriado da terra pelos seres humanos (CARVALHO *et al.*, 2019; ESTRADA *et al.*, 2017; MORAES *et al.*, 2020; KORSTJENS; HILLYER, 2016). Relações conflitantes com os seres humanos (FREIRE FILHO *et al.*, 2021) e/ou espécies

domésticas (DA SILVA; VARZINCZAK; PASSOS, 2021) afetarão a sobrevivência dessas espécies. Assim, cerca de 40% das 426 espécies de primatas estão seriamente ameaçadas pelas mudanças climáticas futuras (CARVALHO *et al.*, 2019).

De um modo geral, os primatas conseguem ajustar o seu orçamento comportamental e ecológico consoante as variações climáticas, mas fatores como: grau de especialização, tamanho de grupo e população, distribuição geográfica e tamanho do cérebro são características determinantes para compreender o grau de ameaça que as mudanças climáticas futuras podem causar (KORSTJENS; HILLYER, 2016).

A guariba-da-caatinga (*Alouatta ululata*) é uma espécie de primata ameaçada de extinção e endêmica do Nordeste do Brasil (FIALHO *et al.*, 2021; FREIRE FILHO; PINTO; BEZERRA, 2018; FREIRE FILHO; PALMEIRIM, 2019). Atualmente, a guariba-da-caatinga faz parte do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Primatas do Nordeste (PANPriNE) (decreto federal nº 242 26 de março de 2018), o qual pretende promover a viabilidade populacional de seis espécies de primatas ameaçadas de extinção do Nordeste do Brasil.

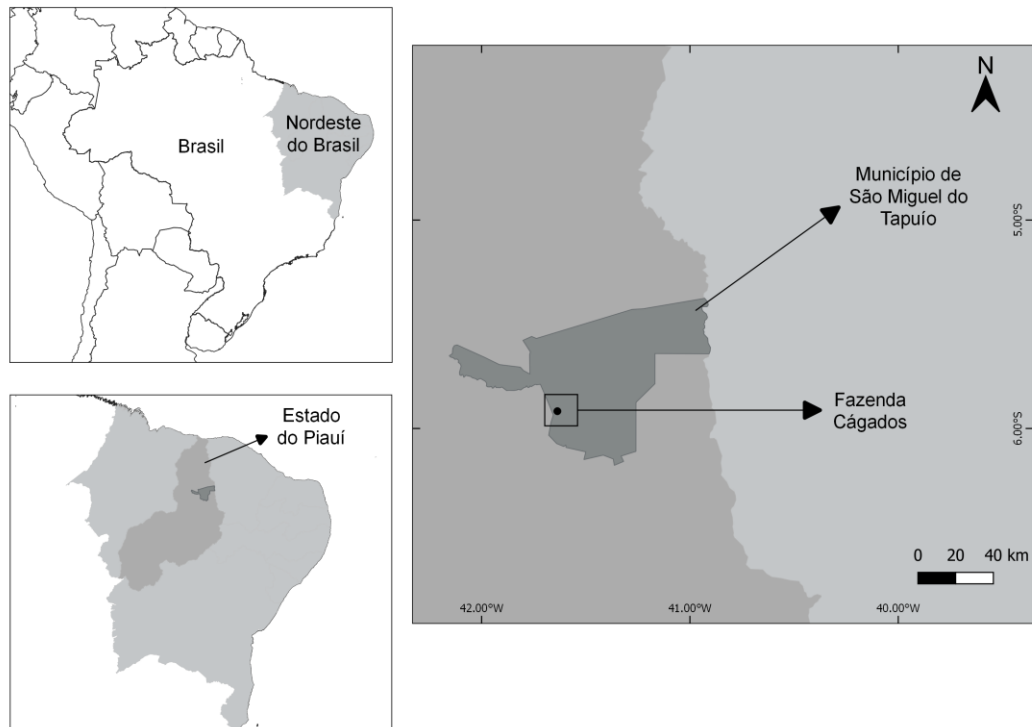
Por se tratar de uma espécie ameaçada de extinção que habita uma região com temperaturas elevadas, baixos índices de pluviosidade, perda de habitat e caça, neste artigo, nós objetivamos compreender como as mudanças climáticas estimadas pelo IPCC para o Nordeste do Brasil podem alterar o orçamento comportamental e aspectos ecológicos da guariba-da-caatinga. Além disso, objetivamos propor estratégias de conservação para mitigar os possíveis impactos causados pelas mudanças climáticas sobre a espécie.

4.2 METODOLOGIA

4.2.1 Área de estudo

Desenvolvemos a pesquisa em uma área de caatinga arbórea da fazenda Cágados no município de São Miguel do Tapuio, centro-norte do estado do Piauí, Brasil (-5.698448° ; -41.631919° , Figura 1). A região apresenta um clima classificado como tropical quente (CEPRO, 1992) ou *Aw* com base na classificação de Köppen (CLIMATE-DATA, 2020). Toda a área de estudo está inserida no bioma Caatinga, sendo o período seco e o chuvoso bem marcantes (CEPRO, 1992). O período seco dura cerca de seis meses, tipicamente entre junho e novembro, e o período chuvoso também dura seis meses, entre os meses de dezembro e maio (CEPRO, 1992). No período seco a temperatura média é mais elevada (26°C) e a precipitação média (9 mm) são mais baixas do que o período chuvoso, 25.53°C e 123 mm, respectivamente (CLIMATE-DATA, 2020).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo, evidenciando a região da fazenda Cágados no município de São Miguel do Tapuio.



Fonte: Autor (2021).

O período de estudo pode ser classificado como típico, pois as médias pluviométricas mensais apresentaram uma forte correlação com as médias pluviométricas históricas (Coeficiente de correlação de Pearson: $n = 12$, $r = 0.91$, $T = 7.51$, $P < 0.001$).

4.2.2 Coleta de dados

Entre os meses de setembro de 2018 e dezembro de 2018, nós habituamos dois grupos de *Alouatta ululata* a presença do pesquisador por meio do método “enclosure” (HILÁRIO, 2011; SETZ, 1991), resultando em cerca de 264 horas de habituação. Esses grupos eram compostos por indivíduos de diferentes sexos e faixas etárias (Tabela 1) Em seguida, realizamos campanhas mensais de oito dias entre janeiro de 2019 e fevereiro de 2020 para coletar os dados em campo, resultando em 408 horas de observação direta e 792 horas de esforço de campo. Nós realizamos a classificação sexo etária dos grupos estudados com base MENDES (1989), consideramos: fêmea adulta, macho adulto, macho sub-adulto, fêmea adulta carregando filhote, macho adulto carregando infante, fêmea jovem, macho jovem e infante (Figure 3 do Artigo 1 mostra imagens de cada classe sexo-etária de *A. ululata*).

Tabela 1 - Composição sexo-etária dos grupos estudados.

	Macho adulto	Macho sub- adulto	Fêmea adulta	Jovem	Infante	Total
Grupo A1	2	1	7	6	4	20
Grupo A2	1	2	5	5	3	16

Fonte: Autor (2022).

Nós utilizamos o método *scan sampling* ou varredura (ALTMANN, 1974), com um intervalo de cinco minutos entre cada *scan* ou varredura, para a coleta de dados ecológicos e comportamentais dos animais. Para cada *scan*, nós registramos os comportamentos dos animais (Table 1 do Artigo 1) desta tese descreve cada categoria comportamental), o tipo de alimento consumido, o estrato florestal do animal e a distância do vizinho mais próximo para estimar a coesão grupal. Nós também registrávamos a classe sexo-etária de cada indivíduo. Durante o *scan*, nós também, quando possível, registramos a espécie de planta que estava sendo consumida e qual parte (*e.g.*, folha, galho, flor, raiz e casca).

Para coletar os dados sobre o uso dos estratos florestais pelos animais, nós consideramos duas categorias: estrato relativo e o estrato atual. A categoria de estrato relativo tem quatro subcategorias: chão (quando o animal está em contato com o solo), sub-copa (quando o animal estava abaixo da copa), copa média (quando o animal estava no meio da copa) e copa alta (quando o indivíduo está acima da copa) (Figure 7 do Artigo 1 ilustra bem essa categorização). A categoria de estrato atual tinha seis subcategorias: E0 (quando o animal estava em contato com o solo), E1 (o animal estava entre 1 e 2 metros do chão), E2 (o animal estava entre 2 e 5 metros do chão), E3 (o indivíduo estava entre 5 e 10 metros do chão), E4 (o animal estava entre 10 e 15 metros do chão) e E5 (o animal estava acima de 15 do chão) (Figure 7 do Artigo 1 ilustra bem essa categorização).

Para a análises dos dados sobre estrato atual, nós consideramos a biologia da espécie estudada e agrupamos as subcategorias E0, E1, E2, E3 e E4 em uma única subcategoria e mantivemos a subcategoria E5 em uma única subcategoria. Assim, temos duas subcategorias, uma até 15 metros e a outra acima de 15 metros.

Para estimar o grau de coesão grupal, nós categorizamos a distância entre vizinhos: V0 (quando dois ou mais animais estavam em contato), V1 (quando o animal estava até 2 metros de distância de um outro), V5 (quando o animal estava até 5 metros de distância de um outro) e SV (quando o animal estava a mais de 5 metros de distância de um outro). Contudo, para a análises do grau de coesão grupal, nós separamos as subcategorias em duas, quando o animal tinha algum vizinho (nós combinamos V0, V1 e V5) e quando o animal estava sozinho (SV). Quanto maior a frequência relativa de registros com vizinho, maior é a coesão grupal.

Visto que a posição de descanso é um mecanismo importante para conservar ou dissipar calor e assim conseguir termorregular (BICCA-MARQUES; CALEGARO-MARQUES, 1998), quando os animais estavam descansando, nós registávamos a posição de descanso com base Figure 4 do Artigo 1 desta tese. Assim, dividimos essas posições em dois grupos: posições dedicadas a conservar calor (Posição de frio) e posições relacionadas a dissipar calor (Posição de calor).

4.2.3 Análises dos dados

Dividimos o dia em 12 categorias de horário, cada uma correspondendo a uma hora entre 06:00 e 18:00h (*e.g.*, 06:00-06:59h, 07:00-07:59, etc). Em seguida, calculamos a frequência relativa de cada categoria comportamental, temperatura e umidade para cada uma

das categorias de hora. Dessa maneira foi possível correlacionar qualquer categoria comportamental com a flutuação da temperatura e umidade ao longo do dia.

Analizamos o orçamento de atividade dos animais usando a frequência relativa de cada categoria comportamental, representado pela seguinte fórmula: $y=(n_y/N)*100$, onde n_y representa o número de registros para a categoria y , e N o número total de registros (DE OLIVEIRA ; LYNCH ALFARO; VEIGA, 2014; PINHEIRO ; FERRARI ; LOPES, 2013). O teste de Shapiro-Wilk foi usado para avaliar a normalidade dos dados coletados. Como os dados apresentaram uma distribuição normal, o coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para construir matrizes de correlação e avaliar se existe correlação entre as variáveis climáticas abióticas (média de temperatura por hora e pluviosidade média mensal) e as categorias comportamentais e ecológicas (frequência relativa de descanso, locomoção, alimentação e vocalização/socialização; frequência relativa de uso da copa fechada, copa alta, sub-copa, copa média, copa alta, altura até 15 metros e acima de 15 metros, posição de descanso e presença de vizinho) ao longo do dia e qual tipo de relação. Em todas as análises, a significância estatística considerada foi de $P \leq 0,05$ e os dados foram analisados no programa R (versão 2.13.0) (IHAKA; GENTLEMAN, 1996).

Por último, realizamos uma Modelagem de Equação Estrutural (MEE, em inglês *Structural Equation Modeling* – SEM) para compreender as relações entre as categorias comportamentais e ecológicas e variáveis abióticas (média de temperatura por hora e pluviosidade média mensal) e prever as alterações comportamentais em função das mudanças climáticas previstas para o futuro. Para tal, usamos o pacote “*lavaan*” no software R (ROSSEEL, 2012). Neste, construímos um modelo por meio de regressões que melhor explicasse as relações entre as categorias comportamentais e as variáveis abióticas utilizadas, possibilitando prever os padrões comportamentais nos cenários previstos pelo IPCC para o final deste século. Posteriormente, usamos o pacote “*semPlot*” do software R (EPSKAMP, 2015) para elaborar um diagrama de caminhos (*path analysis*), ilustrando as relações de causalidade entre as variáveis. Usaremos o teste Qui-quadrado e o Erro Médio Quadrático (EMQ, em inglês, *Root Mean Square of Error Approximation* - RMSEA) - ambos são comumente usados para avaliar os modelos gerados pela MEE (CHEN *et al.*, 2008). Na MEE, o modelo adequado é determinado por meio da comparação entre as tabelas de matriz de covariância observada e a matriz de covariância modelada. Além disso, consideramos como válidos os modelos com valor de $P > 0,05$ para o qui-quadrado e o EMQ. Portanto, a matriz de covariância observada e modelada não diferem significativamente. O valor de EMQ pode variar de zero até o infinito,

mas os modelos com valor de zero são os mais adequados e modelos com valores mais elevados refletem baixa qualidade interpretativa (CHEN *et al.*, 2008).

Como nós observamos variações no orçamento comportamental ao longo do ano, para realizar a Modelagem de Equação Estrutural, nós trabalhamos em três cenários distintos. O primeiro foi considerando apenas os dados do período seco e avaliando como a variação da temperatura média horária pode influenciar o orçamento comportamental de *A. ululata*. O segundo cenário foi para o período chuvoso, buscamos compreender como a variação da temperatura média horária pode influenciar no orçamento comportamental nesse período. O terceiro cenário nós consideramos todo o período de estudo para compreender como a pluviosidade média mensal pode influenciar o orçamento comportamental mensal da espécie.

4.3 RESULTADO

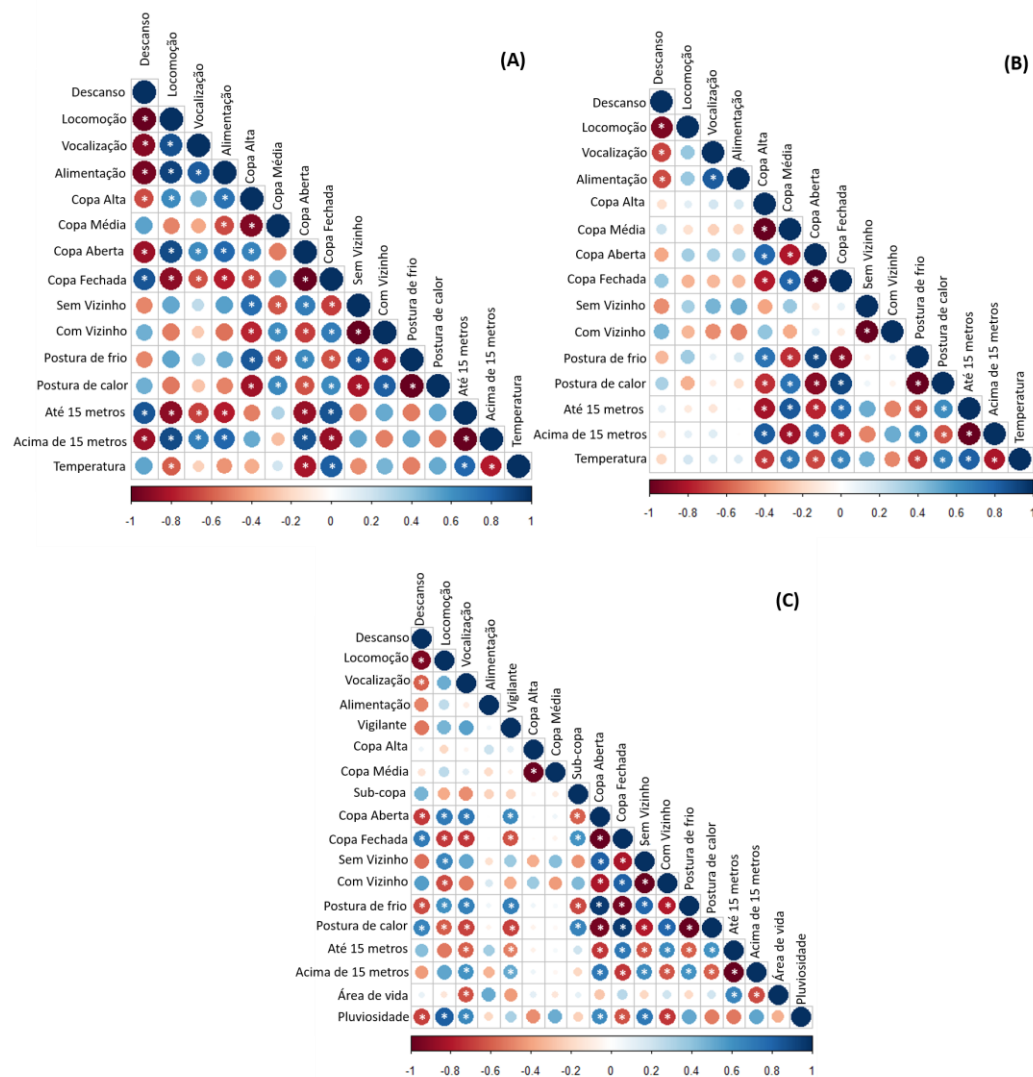
4.3.1 Influência da temperatura e da pluviosidade no orçamento comportamental

Considerando os dados do período seco, nós observamos que a frequência relativa de locomoção é negativamente afetada pelo aumento da temperatura média horária (Figura 2A). A frequência relativa de vocalização e alimentação também mantêm uma relação negativa com a temperatura média horária, mas em relação a frequência relativa de descanso nós observamos uma relação positiva com a temperatura média horária (Figura 2A). No período mais quente do ano, os animais tendem a ajustar o seu orçamento comportamental em relação a variação da temperatura média horária.

Durante o período chuvoso, o ajuste no orçamento comportamental a variação da temperatura média horária não existe. Apesar de haver uma tendência, os resultados não são significativos (Figura 2B).

O orçamento comportamental foi fortemente ajustado ao longo dos meses, sendo influenciado pela variação na pluviosidade média mensal. Assim, podemos observar que os animais tendem a se locomover e vocalizar com mais frequência durante os meses mais chuvosos (Figura 2C). Durante os meses com menores médias pluviométricas, os animais tendem a descansar com mais frequência (Figura 2C).

Figura 2 - Matriz de correlação de *Pearson* nos três cenários de estudo: Período seco (A); Período chuvoso (B); Período seco e chuvoso (C). O degradê em vermelho representa uma relação negativa entre as variáveis e os tons mais forte mais representam uma interação mais forte. O degradê em azul indica uma relação positiva entre as variáveis, os tons em azul mais escuro significam uma relação mais evidente entre as variáveis. As relações que apresentaram correlações de *Pearson* com valores de $p < 0,05$ estão marcadas com um símbolo (*) branco.



Fonte: Autor (2022).

4.3.2 Influência da temperatura e da pluviosidade no uso do espaço vertical

Durante o período seco do ano, os animais tendem a usar áreas com copa fechada e com estratos até 15 metros de altura nas horas mais quentes do dia (Figura 2A). Com relação ao período chuvoso, os animais também utilizam os estratos com copa fechada, até 15 metros de altura e a copa média durante as horas mais quentes do dia (Figura 2B).

Com relação a pluviosidade média mensal, nos meses mais secos os animais buscam se proteger dos raios solares. Assim, eles tendem a usar com mais frequência copas fechadas e estratos até 15 metros do chão durante os meses com pluviosidade média menores (Figura 2C).

4.3.3 Influência da temperatura e da pluviosidade na coesão grupal e posição de descanso

A coesão grupal nos permite compreender o quanto os indivíduos estão próximos uns dos outros ao longo do período de estudo. Apesar de não termos registrados relações significativas entre a frequência relativa de registros com vizinhos (coesão grupal) e temperatura média horária (Figura 2A e 2B), nós observamos uma forte relação positiva entre a pluviosidade média mensal e a frequência relativa de registros sem vizinhos (Figura 2C). Durante os meses mais chuvosos os animais tendem a manter o grupo menos coeso.

Em relação a posição de descanso, nós observamos que no período chuvoso há uma relação positiva entre a posição de calor (posições relacionadas a dissipação de calor) e a temperatura média horária (Figura 2B). Além disso, durante os meses com pluviosidade média mensal maiores a frequência relativa de posições de frio foi maior (Figura 2C). Portanto, em meses mais chuvosos os animais descansavam em posição relacionada a conservação de calor.

4.3.3 Potenciais ajustes comportamentais para as mudanças climáticas: Modelagem de Equações Estruturais (MEE)

Como o orçamento comportamental e outros aspectos ecológicos variaram ao longo do ano, construímos três modelagens de equações estruturais para tentar compreender como as mudanças climáticas podem afetar o comportamento e a ecologia de *A. ululata*. Nos três modelos apresentaram a matriz de covariância observada não variou da matriz de covariância construída pelo modelo (Tabela 2). Com base nos valores de *Comparative Fit Index* (CFI), *Goodness-of-Fit Index* (GFI) e *RMSEA*, podemos afirmar que todos os modelos tiveram um bom ajuste.

Tabela 2 - Modelos de Equação Estruturais que melhor explicam a relação entre as variáveis respostas (linhas cinzas) e as variáveis explicativas (primeira coluna) em três cenários diferentes (Período Seco; Período Chuvoso; Período Seco e Chuvoso). As constantes resultantes das regressões realizadas pelo MEE mostram as relações de cada variável resposta e suas variáveis explicativas. Os valores de P não significativos para Qui-quadrado e RMSEA indicam a boa qualidade do nosso modelo.

Período Seco	Descanso	Copa fechada	Vocalização
Temperatura	1,34	3,50	-0,15
Descanso	NA	0,97	NA
Vocalização	-5,24	NA	NA
RMSEA		0,000	
P-value (RMSEA)		0,488	
P-value (Qui-quadrado)		0,482	
GFI		1,000	
CFI		0,997	
R²	93.5%	92,4%	0,05%
Período Chuvoso	Até 15 metros	Postura de calor	Copa fechada
Temperatura	6,31	2,36	NA
Até 15 metros	NA	0,24	0,81
RMSEA		0,000	
P-value (RMSEA)		0,669	
P-value (Qui-quadrado)		0,664	
GFI		0,998	
CFI		1,000	
R²	66.3%	45,8%	58,1%
Período Seco e Chuvoso	Locomoção	Descanso	Com vizinho
Pluviosidade	0,44	-1,24	-2,28
Descanso	-0,47	NA	NA
RMSEA		0,000	
P-value (RMSEA)		0,677	
P-value (Qui-quadrado)		0,673	
GFI		0,998	

CFI	1,000		
R²	93,5%	47,0%	51,0%

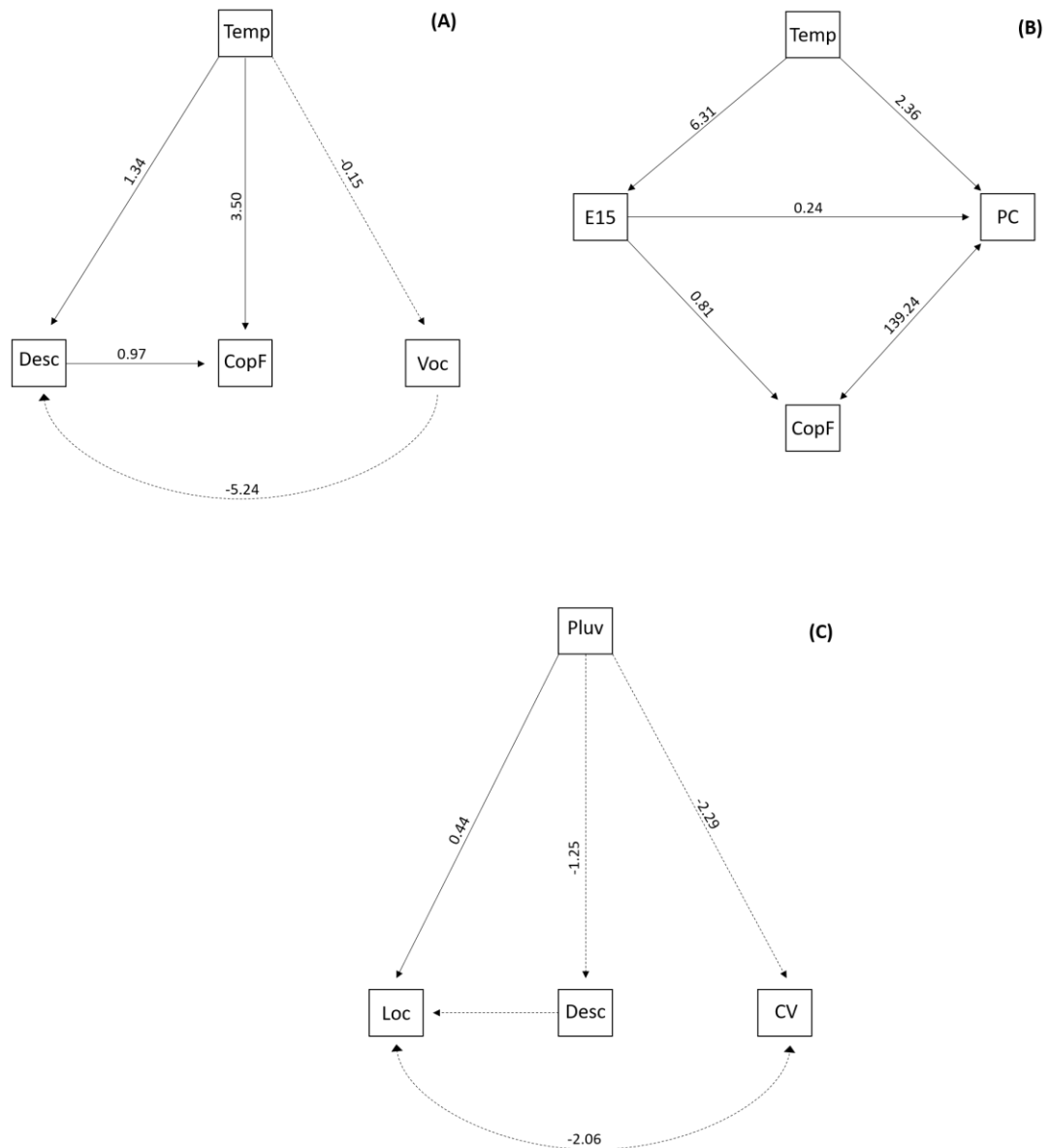
Fonte: Autor (2022).

Com base na Tabela 2, durante o período seco as variáveis que melhor explicam a frequência relativa de descanso é a temperatura e a frequência de vocalização. De acordo com MEE, o aumento de 1°C na temperatura aumentará a frequência de descanso em 1,34 vezes. A temperatura também afetará a frequência relativa de uso da copa fechada, o aumento de 1°C resultará em um aumento de 3,50 no uso da copa fechada. Por sua vez, o aumento em um valor da frequência relativa de uso da copa fechada resultará em um aumento de 0,97 vezes na frequência relativa de descanso. A temperatura também afetará a frequência relativa de vocalização, o aumento de 1°C diminuirá a frequência relativa de vocalização em 0,15 vezes (Figura 3).

No período chuvoso, o aumento da temperatura afetará mais aspectos relacionados ao uso de micro-habitats e posição de descanso. O aumento de 1°C resultará em um aumento de 6,31 vezes na frequência de uso de estratos até 15 metros e aumentará a frequência relativa de postura de calor em 2,36 vezes. O aumento na frequência de uso dos estratos até 15 metros afetará a frequência relativa de postura de calor e a frequência relativa de uso de copa fechada (Figura 3).

Quando observamos os resultados do MEE para o ano todo, observamos que a diminuição da pluviosidade média mensal 1 mm resultará em uma diminuição de 0,44 vezes na frequência relativa de locomoção e em um aumento de 1,24 vezes na frequência relativa de descanso e 2,28 vezes na frequência relativa de registros com vizinho (Figura 3).

Figura 3 - Modelagem de Equação Estrutural para *Alouatta ululata*, evidenciando os ajustes ecológicos e comportamentais que a espécie potencialmente deverá executar em resposta as mudanças climáticas. As setas contínuas significam uma relação positiva e as setas pontilhadas mostram uma relação negativas entre as variáveis das regressões realizadas pelo modelo. Temperatura média horária (Temp), frequência relativa de descanso (Desc), frequência relativa de uso de copa fechada (CopF), frequência relativa de vocalização (Voc), frequência relativa de uso dos estratos até 15 metros (E15), frequência relativa de posição de calor (PC), Pluviosidade média mensal (Pluv), frequência relativa de locomoção (Loc) e frequência relativa de registros com vizinho (CV).



Fonte: Autor (2021).

4.4 DISCUSSÃO

Nossos resultados mostram que a guariba-da-caatinga ajusta seu orçamento comportamental e ecológico em três cenários distintos, variando os ajustes consoante a frequência relativa de alguma categoria comportamental (*e.g.*, aumentar a frequência relativa de descanso) ou a ajustes no uso do habitat (*e.g.*, aumentar a frequência relativa de uso de copa fechada). Esses ajustes variam consoante o período do ano (seco ou chuvoso). Assim, conseguimos estimar os potenciais ajustes que a espécie terá que realizar com base nos aumentos de temperatura globais estimados pelo IPCC. O macaco-prego-galego (*Sapajus flavius*) tem uma estratégia distinta. Os ajustes comportamentais e/ou ecológicos não variam ao longo do ano, não há diferenças entre o período seco e o período chuvoso, mas os ajustes acontecem (FREIRE FILHO, 2018; FREIRE FILHO *et al.*, submetido). Os aumentos da temperatura média horária resultaram em uma diminuição na frequência relativa de alimentação e locomoção, e um aumento na frequência relativa de descanso e socialização, por exemplo (FREIRE FILHO, 2018; FREIRE FILHO *et al.*, submetido).

Apesar da guariba-da-caatinga manter um padrão comportamental similar a outras espécies do gênero *Alouatta* (BRAVO; SALLENAVE, 2003; PRATES; BICCA-MARQUES, 2008; Artigo 1 desta tese), os animais estudados apresentam ajustes comportamentais e ecológicos distintos consoante o período do ano. Durante o período mais seco do ano, os animais tanto ajustaram o seu orçamento comportamental (diminuíram a frequência relativa de locomoção nas horas mais quentes do dia), como alteraram o uso do habitat (permaneceram mais tempo em áreas com copa fechada e nos estratos de até de 15 metros). Nós esperávamos que a postura de descanso pudesse ser um fator bem afetado pela temperatura durante o período seco. Isso certamente aconteceu, mas o número de registros de descanso em posição de calor foi grande tanto nas horas de temperaturas mais amenas como nas horas mais quentes do dia. Durante o período seco, ocorreu um aumento de 4°C em relação ao período chuvoso. BICCA-MARQUES; CALEGARO-MARQUES (1998) obtiveram resultados semelhantes em um estudo com *A. caraya*. Os autores observaram que indivíduos de *A. caraya* preferiam locais sombreados e descansavam em posturas de dissipar calor quando estavam expostos à altas temperaturas ambientes. *Sapajus flavius* apresentam uma estratégia distinta e dedicam pouco tempo ao descanso, e quando a temperatura do ambiente aumenta os animais tendem a socializar com frequência e diminuem a frequência relativa de alimentação e locomoção (FREIRE FILHO, 2018).

Quando observamos os resultados do Modelo de Equação Estrutural (MEE - *i.e.*, a modelagem preditiva comportamental) do período seco, constatamos que a guariba-da-caatinga terá que aumentar bastante a frequência relativa de descanso, o uso de copas fechadas e diminuir a frequência relativa de vocalização caso a temperatura global aumente em 1°C. Os resultados do MEE para o macaco-prego-galego estimam um aumento na frequência relativa de uso do chão e na frequência relativa de socialização (FREIRE FILHO, 2018). Contudo, a frequência relativa de alimentação tenderá diminuir com o aumento de 1°C na temperatura global (FREIRE FILHO, 2018; FREIRE FILHO *et al.*, submetido). De um modo geral, os primatas tendem a executar ajustes comportamentais consoante as mudanças na temperatura devido as demandas fisiológicas de termorregulação (KAMILAR; BEAUDROT, 2018). De acordo com a revisão feita por BUCHHOLZ *et al.* (2019), as respostas comportamentais dos animais a superaquecimento estão relacionadas com: perda de calor por evaporação, perda de calor por condução, construção de ninhos ou abrigos e refúgios temporários. Tanto a guariba-da-caatinga como o macaco-prego-galego utilizaram as estratégias de “perda de calor por evaporação” e de “refúgios temporários” para termorregular ao longo do dia.

Durante o período chuvoso, a guariba-da-caatinga não ajusta o seu orçamento comportamental consoante a variação da temperatura média horária. Mas ajusta fortemente o uso de diferentes micro-habitats de acordo com a variação da temperatura média horária (*i.e.*, nas horas mais quentes do dia, os animais tendem a permanecer em copas média fechadas e até 15 metros do chão). Além disso, nas horas mais quentes do dia, os animais descansaram mais na posição de calor. Assim, no período chuvoso, a guariba-da-caatinga consegue termorregular apenas ajustando o microhabitat e a sua posição de descanso. O macaco-prego-galego também tende a usar estratos mais baixos da floresta (principalmente, o chão) para socializar e/ou descansar nas horas mais quentes do dia (FREIRE FILHO, 2018; FREIRE FILHO *et al.*, submetido). Assim, eles ficam menos expostos a radiação ultravioleta e em um micro-habitat com temperatura mais amenas (FREIRE FILHO, 2018). Estes micro-habitat representam refúgios temporários (BUCHHOLZ *et al.*, 2019) utilizados com o intuito de permanecer em um ambiente com temperaturas mais amenas, facilitando a termorregulação corpórea.

Alterar o uso dos estratos florestais e/ou de micro-habitats também são estratégias importantes para reduzir o gasto energético, otimizar a termorregulação e evitar superaquecimento do corpo (GESTICH; CASELLI; SETZ, 2014; LOPES; BICCA-MARQUES, 2017; TERRIEN; PERRET; AUJARD, 2011). Algumas espécies tendem a utilizar áreas mais abertas e estratos mais altos, quando as temperaturas estão mais baixas (*e.g.*,

Callicebus nigrifrons GESTICH; CASELLI; SETZ, 2014). Utilizar estratos mais baixos da floresta e/ou copas fechadas são estratégias importantes para evitar a exposição aos raios solares e temperaturas mais altas (GESTICH; CASELLI; SETZ, 2014; LOPES; BICCA-MARQUES, 2017; TERRIEN; PERRET; AUJARD, 2011). A postura de descanso também é uma estratégia importante para conservar ou dissipar calor (GESTICH; CASELLI; SETZ, 2014; LOPES; BICCA-MARQUES, 2017; TERRIEN; PERRET; AUJARD, 2011). A posição de descanso para dissipar calor foi uma estratégia utilizada durante o período mais quente do dia pela guariba-da-caatinga, principalmente durante o período chuvoso.

De acordo com o MEE do período chuvoso, o aumento de 1°C na temperatura média horária aumentará tanto frequência relativa do uso de estratos até 15 metros como a frequência relativa de descanso na posição de calor, 6,31 e 2,36, respectivamente. É importante observar que, no período chuvoso, os animais não precisarão ajustar o seu orçamento comportamental para sobreviver ao aumento das temperaturas. Os resultados do MEE para o macaco-prego-galego consideraram tanto o período seco como o chuvoso, pois não houve diferenças entre os períodos. Diante disso, o aumento de 1°C na temperatura média horária aumentará tanto a frequência relativa de socialização como o uso do chão em 3,37 e 1,10, respectivamente.

Essas estratégias são adaptações desenvolvidas pela guariba-da-caatinga e pelo macaco-prego-galego para conseguir sobreviver no ambiente de caatinga arbórea (caracterizada por temperaturas elevadas) e na Mata Atlântica litorânea do Nordeste (região com clima mais equilibrado ao longo do ano). Ajustar o orçamento comportamental consoante a variação da temperatura pode ser uma adaptação importante para reduzir o gasto de energia, otimizar a termorregulação e evitar superaquecimento do corpo (O'BRIEN; KINNAIRD, 1997; KOSHELEFF; ANDERSON, 2009; GESTICH; CASELLI; SETZ, 2014; LOPES; BICCA-MARQUES, 2017). Assim, algumas espécies de primatas tendem a descansar nas horas mais quentes do dia e se locomovem ou se alimentam nas horas frias do dia (e.g. *Brachyteles arachnoides* TALEBI; LEE, 2010). KORSTJENS; LEHMANN; DUNBAR (2010) concluíram que o aumento anual da temperatura em 2°C – 4°C aumenta o tempo de descanso, afetando principalmente primatas folívoros. Quando consideramos apenas o período seco para a guariba-da-caatinga, nossos resultados colaboram com o que foi observado por KORSTJENS; LEHMANN; DUNBAR (2010).

Nós esperávamos que em um ambiente com período seco e chuvoso tão marcante que a guariba-da-caatinga tivesse que ajustar seu orçamento comportamental e ecológico ao longo do ano. A pluviosidade média mensal influenciou diretamente a frequência relativa de descanso,

locomoção, vocalização, uso de copa fechada, coesão grupal, postura de descanso e uso de estratos até 15 metros. Com base no MEE, nós observamos que a diminuição da pluviosidade média mensal em 1 mm aumentará a frequência relativa de descanso e a frequência relativa de registros com vizinho em 1,24 e 2,28 vezes, respectivamente. Além disso, diminuirá a frequência relativa de locomoção em 0,44 vezes. Durante os meses mais secos, grande parte das árvores perdem as folhas, resultando em poucos locais para se proteger dos raios solares e descansar. Diante disso, os grupos de guariba-da-caatinga permanecem mais coesos nos meses mais secos. Descansar nos meses mais secos pode representar uma forma de conservar energia e se manter hidratado. Nesse período há uma diminuição na quantidade de alimento (folhas e frutos) e nas fontes de água (cavidades com água acumulada). A presença de cães domésticos na área de estudo, por exemplo, é um fator que pode dificultar o uso dos estratos mais baixos da floresta ou mesmo do chão nas horas mais quentes do dia. DA SILVA; VARZINCZAK; PASSOS (2021), por exemplo, registraram cães domésticos consumindo um *Alouatta guariba clamitans*. Além disso, a caça para consumo, uso medicinal ou manutenção em cativeiro (*pet*) (FREIRE FILHO *et al.*, 2021; Artigo 2 desta tese) são ameaças constantes para a conservação da espécie. Diante disso, a retirada de animais domésticos de unidades de conservação onde a espécie ocorre, a conscientização da comunidade local sobre a necessidade de se manter os animais domésticos em casa, o combate a caça e a degradação do habitat da guariba-da-caatinga são medidas muito importante para a conservação da espécie.

Nosso estudo mostra que para a guariba-da-caatinga sobreviver na região de caatinga arbórea do centro-norte do estado do Piauí será necessário o desenvolvimento de estratégias importantes. O mesmo acontece para o macaco-prego-galego em área de mata atlântica (FREIRE FILHO, 2018; FREIRE FILHO *et al.*, submetido). Estes animais já têm que ajustar o seu orçamento comportamental consoante a variação da temperatura e da pluviosidade de suas respectivas áreas. Contudo, o desafio será ainda maior para o futuro. O aumento da temperatura e a diminuição da pluviosidade previstos pelo IPCC forçará os animais realizarem ajustes ainda mais desafiadores. Diante disso, se faz necessária a criação de políticas públicas que possam limitar o aumento da temperatura e diminuição da pluviosidade para a sobrevivência das espécies de primatas – medidas que beneficiarão não só as espécies ameaçadas de extinção.

4.5 REFERÊNCIAS

- ALTMANN, J. Observational study of behavior: sampling methods. **Behaviour**, [S. l.], v. 49, n. 3-4, p. 227-266, 1974.
- ARAÚJO, M. B.; RAHBK, C. How does climate change affect biodiversity?. **Science**, [S. l.], v. 313, n. 5792, p. 1396-1397, 2006.
- BEEVER, E. A. *et al.* Behavioral flexibility as a mechanism for coping with climate change. **Frontiers in Ecology and the Environment**, [S. l.], v. 15, n. 6, p. 299-308, 2017.
- BICCA-MARQUES, J. C.; CALEGARO-MARQUES, C. Behavioral thermoregulation in a sexually and developmentally dichromatic neotropical primate, the black-and-gold howling monkey (*Alouatta caraya*). **American Journal of Physical Anthropology**, [S. l.], v. 106, n. 4, p. 533-546, 1998.
- BRAVO, S. P.; SALLENAVE, A. Foraging behavior and activity patterns of *Alouatta caraya* in the northeastern Argentinean flooded forest. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 24, n. 4, p. 825-846, 2003.
- BROOK, B. W.; ALROY, J. Pattern, process, inference and prediction in extinction biology. **Biology Letters**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 20160828, 2017.
- BUCHHOLZ, R. *et al.* Behavioural research priorities for the study of animal response to climate change. **Animal Behaviour**, [S. l.], v. 150, p. 127-137, 2019.
- CARNE, C.; SEMPLÉ, S.; LEHMANN, J. The effects of climate change on orangutans: a time budget model. In: Druyan L. M. **Climate Models**. 2 ed. Croatia: InTech, 2012, Bibliography: p 313-336. ISBN 978-953-51-0135-2.
- CARVALHO, J. S. *et al.* A global risk assessment of primates under climate and land use/cover scenarios. **Global Change Biology**, [S. l.], v. 25, n. 9, p. 3163-3178, 2019.
- CEPRO. **Perfil dos municípios**. Teresina, Fundação CEPRO, 1992.
- CHEN, F. *et al.* An empirical evaluation of the use of fixed cutoff points in RMSEA test statistic in structural equation models. **Sociological Methods & Research**, [S. l.], v. 36, n. 4, p. 462-494, 2008.
- CLIMATE-DATA. **São Miguel do Tapuio**. 2020. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/piaui/saomiguel-do-tapuio-42462/>. Acessado em 10 março de 2020.
- DA SILVA, A. L. F.; VARZINCZAK, L. H.; PASSOS, F. C. Attacks of domestic dogs on Common Long-Nosed Armadillo *Dasypus novemcinctus* and Southern Brown Howler Monkey *Alouatta guariba* in fragmented Atlantic Forest and implications in a region of high priority for biodiversity conservation. **Austral Ecology**, [S. l.], v. 46, n. 1, p. 155-158, 2021.

DE OLIVEIRA, S. G.; LYNCH ALFARO, J. W.; VEIGA, L. M. Activity budget, diet, and habitat use in the critically endangered Ka'apor capuchin monkey (*Cebus kaapori*) in Pará State, Brazil: A preliminary comparison to other capuchin monkeys. **American journal of primatology**, [S. l.], v. 76, n. 10, p. 919-931, 2014.

ESTRADA, A. *et al.* Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. **Science Advances**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. e1600946, 2017.

FIALHO, M. S. *et al.* ***Alouatta ululata***. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T918A190435652. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T918A190435652.en>. Acessado em 05 de abril de 2022.

FREIRE FILHO, A. R. G. **Efeitos potenciais de mudanças climáticas no padrão de atividades do macaco-prego-galego, *Sapajus flavius* (Mammalia: Cebidae)**. 2018. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

FREIRE FILHO, R. *et al.* Uses of nonhuman primates by humans in northeastern Brazil. **Primates**, [S. l.], v. 62, p. 777–788, 2021.

FREIRE FILHO, R.; PALMEIRIM, J. M. Potential distribution of and priority conservation areas for the Endangered Caatinga howler monkey *Alouatta ululata* in north-eastern Brazil. **Oryx**, [S. l.], v. 54, n. 6, p. 794-802, 2019.

FREIRE FILHO, R.; PINTO, T.; BEZERRA, B. M. Using local ecological knowledge to access the distribution of the Endangered Caatinga howler monkey (*Alouatta ululata*). **Ethnobiology and Conservation**, [S. l.], v. 7, 2018.

GESTICH, C. C.; CASELLI, C. B.; SETZ, E. Z. F. Behavioural thermoregulation in a small neotropical primate. **Ethology**, [S. l.], v. 120, n. 4, p. 331-339, 2014.

GONZÁLEZ-ZAMORA, A. *et al.* Influence of climatic variables, forest type, and condition on activity patterns of geoffroyi's spider monkeys throughout Mesoamerica. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 73, n. 12, p. 1189-1198, 2011.

GRAHAM, T. L.; MATTHEWS, H. D.; TURNER, S. E. A global-scale evaluation of primate exposure and vulnerability to climate change. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 37, n. 2, p. 158-174, 2016.

HILÁRIO, R. R. Processo de habituação de um grupo de *Callithrix flaviceps* (Thomas, 1903) na Reserva Biológica Augusto Ruschi, Santa Teresa, Espírito Santo. In: Miranda J. M. D.; Hirano Z. M. B. **A Primatologia no Brasil**. 12 ed. Curitiba: Sociedade Brasileira de Primatologia, 2011, Bibliografia: Bibliografia: p 2–14.

IHAKA, R.; GENTLEMAN, R. R: a language for data analysis and graphics. **Journal of Computational and Graphical Statistics**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 299-314, 1996.

IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, IPCC, 2021.

KARIYAWASAM, C. S.; KUMAR, L.; RATNAYAKE, S. S. Invasive plants distribution modeling: A tool for tropical biodiversity conservation with special reference to Sri Lanka. **Tropical Conservation Science**, [S. l.], v. 12, p. 1-12, 2019.

KOSHELEFF, V. P.; ANDERSON, C. N. K. Temperature's influence on the activity budget, terrestriality, and sun exposure of chimpanzees in the Budongo Forest, Uganda. **American Journal of Physical Anthropology**, [S. l.], v. 139, n. 2, p. 172-181, 2009.

KORSTJENS, A. H.; HILLYER, A. P. Primates and climate change: A review of current knowledge. In: Wich S. A.; Marshall A. J. **An introduction to primate conservation**. 1 ed. Oxford: Oxford University Press, 2016, Bibliography: Bibliography: p. 175–192. ISBN 978-0198703396.

KORSTJENS, A. H.; LEHMANN, J.; DUNBAR, R. I. M. Resting time as an ecological constraint on primate biogeography. **Animal Behaviour**, [S. l.], v. 79, n. 2, p. 361-374, 2010.

LAURIA, V. *et al.* Predictive habitat suitability models to aid conservation of elasmobranch diversity in the central Mediterranean Sea. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 1-16, 2015.

LECLERC, C.; COURCHAMP, F.; BELLARD, C. Future climate change vulnerability of endemic island mammals. **Nature Communications**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 1-9, 2020.

LOPES, K. G. D.; BICCA-MARQUES, J. C. Ambient temperature and humidity modulate the behavioural thermoregulation of a small arboreal mammal (*Callicebus bernhardi*). **Journal of Thermal Biology**, [S. l.], v. 69, p. 104-109, 2017.

MENDES, S. L. Estudo ecológico de *Alouatta fusca* (Primates: Cebidae) na Estação Biológica de Caratinga, MG. **Revista Nordestina de Biologia**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 71-104, 1989.

MEYER, A. L. S. Climate change and primate conservation. In: WILEY, J.; SONS I. **The International Encyclopedia of Biological Anthropology**, 1 ed. New Mexico: Wiley-Blackwell, 2018, Bibliography: p. 1-3. ISBN 978-1118584422.

MORAES, B. *et al.* Habitat suitability for primate conservation in north-east Brazil. **Oryx**, [S. l.], v. 54, n. 6, p. 803-813, 2020.

O'BRIEN, T. G.; KINNAIRD, M. F. Behavior, diet, and movements of the Sulawesi crested black macaque (*Macaca nigra*). **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 321-351, 1997.

PBMC. **Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo do GT1**. Rio de Janeiro: Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, PBMC, 2013.

PRATES, H. M.; BICCA-MARQUES, J. C. Age-sex analysis of activity budget, diet, and positional behavior in *Alouatta caraya* in an orchard forest. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 29, n. 3, p. 703-715, 2008.

ROSSEEL, Y. lavaan: An R package for structural equation modeling. **Journal of Statistical Software**, [S. l.], v. 48, p. 1-36, 2012.

SETZ, E. Z. F. Métodos de quantificação de comportamento de primatas em estudos de campo. In: Rylands, A. B.; Bernardes, A. T. **A Primatologia no Brasil**. 3 ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 1991, Bibliografia: p. 411-435. 459 p.

STEWART, B. M.; TURNER, S. E.; MATTHEWS, H. Damon. Climate change impacts on potential future ranges of non-human primate species. **Climatic Change**, [S. l.], v. 162, n. 4, p. 2301-2318, 2020.

TALEBI, M. G.; LEE, P. C. Activity patterns of *Brachyteles arachnoides* in the largest remaining fragment of Brazilian Atlantic Forest. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 31, n. 4, p. 571-583, 2010.

TERRIEN, J.; PERRET, M.; AUJARD, F. Behavioral thermoregulation in mammals: a review. **Frontiers in Bioscience-Landmark**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 1428-1444, 2011.

ZELLMER, A. J. *et al.* Predicting optimal sites for ecosystem restoration using stacked-species distribution modeling. **Frontiers in Marine Science**, [S. l.], v. 6, p. 3, 2019.

WRIGHT, P. Considering climate change effects in lemur ecology and conservation. In: GOULD L.; SAUTHER M. **Lemurs, ecology and adaptation**. 1 ed. New York: Springer, 2007, Bibliography: p 385-401. ISBN 978-0387345857.

5 ARTIGO 3 - POTENCIAIS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DO MACACO-PREGO-GALEGO (*SAPAJUS FLAVIUS*) E DA GUARIBA-DA-CAATINGA (*ALOUATTA ULULATA*)

5.1 INTRODUÇÃO

Atualmente, existem cerca de 504 espécies de primatas agrupadas em 79 gêneros distribuídos em todo o globo. Aproximadamente 60% das espécies estão ameaçadas de extinção e cerca de 75% sofrem com declínio populacional (ESTRADA *et al.*, 2017). Esta situação é resultado da pressão antrópica sobre os primatas não-humanos e seus habitats (ESTRADA *et al.*, 2017; GRAHAM; MATTHEWS; TURNER, 2016; STEWART; TURNER; MATTHEWS, 2020; ZHAO *et al.*, 2019). A perda ou degradação de habitat devido a expansão da agricultura industrial, pecuária em larga escala, extração de madeira, perfuração de petróleo e gás, mineração, construção de barragens e construção de novas redes rodoviárias são os principais exemplos da pressão antrópica sobre os ambientes habitados pelas espécies de primatas não-humano (ESTRADA *et al.*, 2017; GRAHAM; MATTHEWS; TURNER, 2016; KAMILAR; BEAUDROT, 2018; STEWART; TURNER; MATTHEWS, 2020; ZHAO *et al.*, 2019).

Nas últimas duas décadas, vem ocorrendo de forma muito marcante uma relação negativa muito forte entre expansão da agricultura e diminuição da cobertura florestal (ESTRADA *et al.*, 2017; KAMILAR; BEAUDROT, 2018; STEWART; TURNER; MATTHEWS, 2020; ZHAO *et al.*, 2019). Outros fatores importantes são o aumento da caça de animais silvestres e o comércio ilegal de primatas como animais de estimação e partes do corpo, juntamente com antroponoses (ESTRADA *et al.*, 2017; GRAHAM; MATTHEWS; TURNER, 2016; ZHAO *et al.*, 2019). Majoritariamente, essas pressões atuam em sinergia, exacerbando o declínio populacional de primatas. CHAPMAN; PERES (2021) chamam atenção para o aumento dos impactos negativos causados pela destruição do habitat e pela caça sobre as espécies de primatas não-humanos no mundo nos últimos 20 anos. Além disso, alertam sobre os impactos das mudanças climáticas sobre estes animais (CHAPMAN; PERES, 2021).

As mudanças climáticas são uma ameaça emergente e muito preocupante para a conservação da biodiversidade global (BONEBRAKE *et al.*, 2018; PECL *et al.*, 2017). Muitos estudos alertam para os potenciais impactos das mudanças climáticas sobre diferentes grupos de animais e em diferentes regiões do mundo (FULLER *et al.*, 2021; MCCALLUM; MCCALLUM; TRAUTH, 2009; MEDINA *et al.*, 2020; NARINS; MEENDERINK, 2014;

ŞEKERCIOĞLU *et al.*, 2012). Entre os primatas, tais potenciais impactos das mudanças climáticas podem influenciar diretamente aspectos ecológicos e comportamentais (KAMILAR; BEAUDROT, 2018; KORSTJENS; HILLYER, 2016) e a distribuição das espécies (SALES *et al.*, 2020; STEWART; TURNER; MATTHEWS, 2020; CARVALHO *et al.*, 2019). Estas mudanças climáticas podem afetar as taxas de natalidade e mortalidade, tamanho corporal, orçamento comportamental, uso de habitat (FULLER *et al.*, 2021; KORSTJENS; HILLYER, 2016; STEWART; TURNER; MATTHEWS, 2020). Contudo, quando se trata de uma espécie ameaçada de extinção essas mudanças podem gerar impactos ainda mais devastadores (ISAAC, 2009).

Os modelos preditivos do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (*Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC) projetam um aumento da temperatura entre 1°C à 5°C para a América do Sul e um aumento na duração da seca (diminuição da precipitação) no nordeste do Brasil até final de 2100 (IPCC, 2021; PBMC, 2013). Contudo, tais estimativas podem ser agravadas e/ou aceleradas consoante as atividades antrópicas (IPCC, 2021; PBMC, 2013), acentuando as consequências das mudanças climáticas sobre as espécies de primatas não-humanos (ESTRADA *et al.*, 2017; KORSTJENS; HILLYER, 2016; SALES *et al.*, 2020). Dessa forma, entender como as mudanças climáticas impactarão áreas já traçadas como prioritárias e/ou importantes para a conservação desses animais, se torna um forte instrumento para fomentar a tomada de decisões.

Duas espécies de primatas do Nordeste do Brasil que são alvos de planos de Ação Nacional para conservação de fauna são os alvos deste estudo, o macaco-prego-galego (*Sapajus flavius*) e a guariba-da-caatinga (*Alouatta ululata*). Ambas são endêmicas do Nordeste brasileiro, uma ocorrendo em área de Mata Atlântica e Caatinga (o macaco-galego) (FERREIRA *et al.*, 2009; GARCIA *et al.*, 2020; MEDEIROS *et al.*, 2019; MORAES *et al.*, 2020; VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2021), e a outra na Caatinga e no Cerrado (a guariba-da-caatinga) (FIALHO *et al.*, 2021; FREIRE FILHO; PINTO; BEZERRA, 2018; FREIRE FILHO; PALMEIRIM, 2020; FREIRE FILHO *et al.*, 2021). Para essas espécies, existem áreas traçadas como importantes, adequadas ou prioritárias para conservação – áreas estas estabelecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros (CPB-ICMBio) (CPB, 2014) e pesquisadores (*e.g.*, FREIRE FILHO; PALMEIRIM, 2020; MORAES *et al.* 2020).

Aqui nós objetivamos entender, quais regiões e/ou populações conhecidas para *Sapajus flavius* e *Alouatta ululatta*, dentro das áreas estabelecidas como prioritárias, adequadas ou

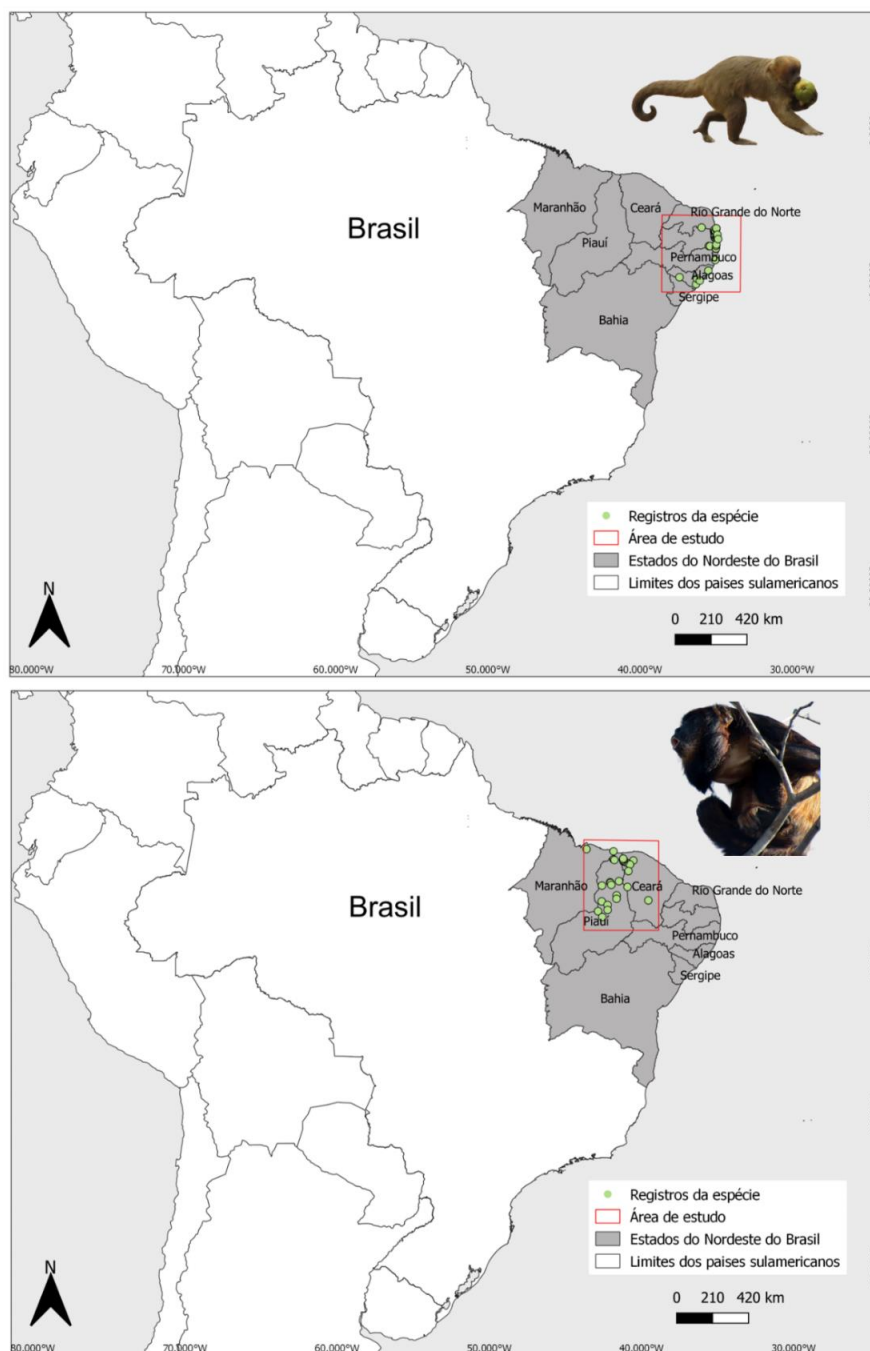
importantes para a conservação, estão mais expostas as mudanças climáticas futuras ou aos potenciais efeitos dessas mudanças no nicho climático de cada espécie.

5.2 METODOLOGIA

5.2.1 Área de estudo

Nesta pesquisa, utilizamos toda a área de distribuição das espécies-alvo como áreas de estudo (Figura 1). Para tal, usamos os pontos de registros de *S. flavius* e *A. ululata* como referência, mas também inserimos áreas próximas com intuito de identificar regiões com adequabilidade ambiental próximas da área de distribuição conhecida para cada espécie. A área de estudo inclui a distribuição disponibilizada pela *The International Union for Conservation of Nature* (IUCN) (FIALHO *et al.*, 2021; VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2021) e pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (CPB/ ICMBio) (FERREIRA *et al.*, 2016; VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2015).

Figura 1 - Localização da área de estudo e os registros conhecidos de presença para *Sapajus flavius* e *Alouatta ululata*.



Fonte: Autor (2021).

Assim, a área de estudo para *S. flavius* abrange todo o Centro de Endemismo Pernambuco (CEP) (fragmentos litorâneos de Mata Atlântica entre os estados de Alagoas e Rio Grande do Norte) e áreas adjacentes de caatinga com populações existentes (Figura 1). Os fragmentos litorâneos dessa região são compostos por manguezais, restingas aberta, restingas arbórea e floresta estacional decídua (CUNHA *et al.*, 2003; PEREIRA; DA NÓBREGA

ALVES, 2006; SOS MATA ATLÂNTICA, 2018). Para o interior, são encontrados fragmentos de caatinga arbustiva e arbórea, com afloramentos rochosos (QUEIROZ *et al.*, 2017). Os fragmentos litorâneos de Mata Atlântica estão inseridos em uma região do tipo *As* com base na classificação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013), com precipitação média anual de 1,745 mm e temperatura média anual de 25,5°C (CUNHA *et al.*, 2003).

A área de estudo para *A. ululata* é composta pelo noroeste e sul do estado do Ceará, norte e centro-norte do estado do Piauí e nordeste do estado do Maranhão (Figura 1). Grande parte da área de estudo se encontra no bioma Caatinga e uma parte menor no Cerrado. Assim, a maior parte da região é caracterizada por períodos secos e chuvosos bem marcantes (CEPRO, 1992). O período seco dura cerca de seis meses, tipicamente entre junho e novembro, e o período chuvoso também tem seis meses, entre os meses de dezembro e maio (CEPRO, 1992). Considerando a classificação de Köppen o clima da região é classificado como *Aw*. Durante a estação seca, a temperatura média é de 26 °C, e 25,53 °C na estação chuvosa (CLIMATE-DATA, 2020). A precipitação média no período seco é de 9 mm, e 123 mm na estação chuvosa (CLIMATE-DATA, 2020).

5.2.2 Construção do nicho ecológico climático

Com o intuito de diminuir as possíveis incertezas causadas pelo uso de apenas um algoritmo e/ou método, nós decidimos construir um consenso de modelos (*ensemble*) para a construção do nicho climático da espécie (GRENOUILLET *et al.*, 2011). Este método consiste na produção de um modelo potencial médio com base em diferentes algoritmos (GRENOUILLET *et al.*, 2011). Essa é uma recomendação crescente e recente para a construção de modelos (*ensemble modelling*, ARAÚJO; NEW, 2007).

Para a construção do *ensemble*, nós compilamos os pontos de registro de *S. flavius* e *A. ululata*. Inicialmente, utilizamos as informações sobre pontos de ocorrência de *S. flavius* disponibilizados por FIALHO *et al.* (2014) e MORAES *et al.* (2020). Também inserimos coordenadas de populações existentes na Caatinga (FERREIRA *et al.*, 2009; GARCIA *et al.*, 2020). Usamos os dados de ocorrência de *A. ululata* provenientes do CPB/ ICMBio (dados coletados entre 2004 e 2010) e registros realizados por membros do Projeto Guariba (entre 2016 e 2020). Os dados fornecidos pelo ICMBio/CPB também foram revalidados em campo por membros do Projeto Guariba. Com todos os pontos de registros das espécies-alvo, nós filtramos

pontos que estavam a menos de 5 km de distância para evitar superamostragem de uma determinada região (Tabela 1).

Tabela 1 - Pontos de registro de *Sapajus flavius* e *Alouatta ululata* utilizados para a construção dos modelos.

<i>SAPAJUS FLAVIUS</i>			<i>ALOUATTA ULULATA</i>		
PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE	PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE
S1	-10.11300°	-36.3080°	A1	-2.654358°	-43.608416°
S2	-6.38833°	-35.9425°	A2	-2.794976°	-41.835955°
S3	-6.43722°	-34.9794°	A3	-3.320239°	-41.838266°
S4	-6.49553°	-34.9830°	A4	-3.365787°	-41.776278°
S5	-6.57014°	-35.1315°	A5	-3.396358°	-40.529401°
S6	-6.61053°	-35.1331°	A6	-3.553808°	-40.957119°
S7	-6.63767°	-35.0615°	A7	-3.659314°	-40.750702°
S8	-6.75844°	-35.1083°	A8	-4.096393°	-40.856512°
S9	-6.86000°	-34.9100°	A9	-4.759928°	-41.475284°
S10	-6.96225°	-35.1028°	A10	-4.832269°	-42.066778°
S11	-6.93069°	-35.0791°	A11	-4.880529°	-42.031832°
S12	-6.99000°	-34.9200°	A12	-5.001994°	-41.979259°
S13	-7.01511°	-35.0910°	A13	-5.141817°	-40.917414°
S14	-7.03000°	-34.9600°	A14	-5.698426°	-41.631224°
S15	-7.05825°	-35.0888°	A15	-5.916559°	-41.635935°
S16	-7.07786°	-35.0119°	A16	-6.022002°	-39.545279°
S17	-7.51000°	-34.9800°	A17	-6.089319°	-42.60679°
S18	-7.60086°	-34.9924°	A18	-6.326177°	-42.227507°
S19	-7.60808°	-35.4683°	A19	-6.649037°	-42.222684°
S20	-7.60917°	-35.3919°	A20	-6.734013°	-42.852057°
S21	-7.77761°	-35.0130°	A21	-7.119147°	-42.572626°
S22	-8.52578°	-35.0526°	A22	-5.051366°	-42.595013°
S23	-9.22742°	-35.5007°	A23	-3.461078°	-41.182541°
S24	-9.65779°	-37.9920°	A24	-3.441028°	-41.132912°
S25	-9.75742°	-36.2354°	A25	-3.356495°	-41.15612°
S26	-9.88197°	-36.064°	A26	-3.344981°	-41.222575°
-	-	-	A27	-3.278433°	-41.194896°

Fonte: Autor (2021).

Em seguida, nós acessamos um conjunto de variáveis climáticas fornecidas pelo Worldclim 2.1 (www.worldclim.org). Tais variáveis foram construídas com base em uma interpolação de dados de trinta anos, entre 1970 e 2000 (Hijmans *et al.*, 2005). Nós definimos

um conjunto de nove variáveis para a construção dos modelos no cenário atual e projetado para o futuro: Temperatura média anual (BIO1), Isotermalidade (BIO3) (uma relação entre: a Média de variação de temperatura diurna (BIO2) e a Variação da temperatura anual (BIO7)), Sazonalidade da temperatura (BIO4), Variação da temperatura anual (BIO7), Temperatura média na quadra mais seca (BIO9), Precipitação anual (BIO12), Sazonalidade da precipitação (BIO15), Precipitação da quadra mais quente (BIO18) e Altitude. Todas as variáveis foram amostradas para uma resolução espacial de 2,5 arco-minuto (cerca de 4,5 km² no Equador).

Este conjunto de variáveis foi selecionado considerando aspectos biológicos das espécies-alvo e características ambientais de áreas onde as espécies foram registradas. Após a pré-seleção desse conjunto de variáveis, nós realizamos uma Análise de Componentes Principais (ACP ou PCA em inglês) e construímos uma matriz de correlação para compreender quais dessas variáveis apresentavam uma correlação muito alta ($|r| < 0,70$; Rainho e Palmeirim, 2013; Freire Filho e Palmeirim, 2020). Evitamos utilizar variáveis com índices de correlação elevados, pois prejudica o desempenho dos modelos (Rainho e Palmeirim, 2013; Freire Filho e Palmeirim, 2020). Assim, para a construção do *ensemble* nós levamos em consideração a correlação existente entre as variáveis.

Utilizamos o pacote *biomod2* do software R (THUILLER *et al.*, 2009) para a construção do nicho ecológico climático atual. Para tal, utilizamos cinco algoritmos distintos: *Artificial Neural Networks* – ANN (HOPFIELD, 1982; LEK; GUÉGAN, 1999), *Classification tree analysis* – CTA (BREIMAN, 1984), *Generalized Boosted Regression Modeling* – GBM (FRIEDMAN, 2001), *Maximum entropy* – Maxent (Phillips *et al.*, 2006, 2017) e *Random Forest* – RF (BREIMAN, 2001). Nós escolhemos esses algoritmos porque os dados usados para criar os modelos de nicho climático são apenas presenças e/ou presença e pseudo-ausência (ANDRADE; VELAZCO; JÚNIOR, 2020; ELITH *et al.*, 2006; HALLGREN *et al.*, 2019).

Inicialmente, nós construímos o consenso dos modelos (*ensemble*) para o presente para cada espécie-alvo. Para tal, nós utilizamos as configurações padrão para todos os algoritmos. Além disso, para a construção do *ensemble* foram gerados randomicamente 10 conjuntos de pseudo-ausências, com 40 pontos de pseudo-ausências cada. Estes foram distribuídos em toda a área de estudo para cada espécie. Nós utilizamos um método de *bootstrap* para calibrar e testar os modelos, onde 70% dos registros de presença da espécie foram selecionados aleatoriamente em cada repetição para ajustar os modelos, e 30% dos registros foram usados para testar os modelos. Este processo foi repetido duas vezes para cada combinação de algoritmo e conjunto de pseudo-ausências. Assim, nós construímos um total de 100 modelos (cinco algoritmos x 10

conjuntos de pseudo-ausência x duas réplicas) para estimar o nicho ecológico climático potencial de *S. flavius* e *A. ululata*.

Para avaliar a eficiência dos modelos, nós utilizamos o teste *True Skill Statistic* (TSS) (ALLOUCHE; TSOAR; KADMON, 2006; SHABANI; KUMAR; AHMADI, 2018). TSS é uma forma de mensurar o desempenho das previsões dos modelos de distribuição potencial em uma escala entre -1 e +1, com valores $>0,6$ sendo considerado bons, entre 0,2 – 0,6 desempenho de regular à moderado e $<0,2$ considerado baixo desempenho (SHABANI; KUMAR; AHMADI, 2018). Valores abaixo de zero indicam previsões aleatórias (ALLOUCHE; TSOAR; KADMON, 2006). Nós também utilizamos o teste de *Area Under the Curve* (AUC) para avaliar as previsões dos modelos. O AUC varia entre 0 e 1, valores próximos de 1 indicam que há uma boa distinção entre os registros de presença e pseudo-ausência. Enquanto valores abaixo de 0,5 indicam que o modelo não teve um desempenho melhor do que o esperado para o acaso (FIELDING; BELL, 1997). Nós informamos ao *software* que para construir o *ensemble* deveriam ser utilizados modelos com $AUC \geq 0,7$ e $TSS \geq 0,4$ (ZHANG *et al.*, 2015).

Para a construção do consenso dos modelos (*ensemble*) para o futuro, nós realizamos os mesmos passos citados anteriormente para a construção do *ensemble* para o presente. Contudo, nós utilizamos as variáveis climáticas projetadas para o período entre 2041-2060 disponibilizadas na plataforma do *Worldclim*. Nós usamos, aproximadamente, três gerações para determinar as projeções para o futuro. O tempo geracional para o gênero *Sapajus* é de 16 anos (VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2021) e para *Alouatta* é 12 anos (FIALHO *et al.*, 2021).

Nós decidimos utilizar as variáveis climáticas projetadas para o futuro de cinco modelos climáticos globais distintos: CanESM5, CNRM-CM6-1, HadGEM3-GC31-LL, IPSL-CM6A-LR e UKESM1-0-LL. Estes são *Working Group of Coupled Modelling* (WGCMs) disponibilizados na plataforma do *Worldclim* (<https://www.worldclim.org/data/cmip6/cmip6climate.html>) e utilizam métricas distintas para construir projeções climáticas futuras. Os modelos utilizados apresentam uma sensibilidade climática de equilíbrio (*Equilibrium Climate Sensitivity* - ECS) moderada, mas acima da média (<https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained>).

Para cada modelo climático global, nós usamos as informações para as projeções de dois Caminhos socioeconômicos compartilhados (ou *Shared Socio-economic Pathways* - SSPs). O primeiro são as projeções mais otimistas (ssp126) e o segundo são as projeções mais pessimistas (ssp585). Assim, nós construímos um *ensemble* para cada cenário, considerando as duas

projeções. Ao final e com todos os *ensembles* construídos para cada modelo climático global, nós produzimos um mapa médio dos cinco cenários para cada projeção. Considerando que para a construção de um *ensemble* de um dos modelos climáticos globais são produzidos 100 modelos, nós produzimos 500 modelos para chegar em um mapa médio de nicho ecológico climático potencial futuro para *S. flavius* e *A. ululata* em cada projeção.

Para o *ensemble* do presente, nós definimos um limiar (ou *threshold*) para os mapas resultantes. Acima desse limiar, nós consideramos áreas com adequabilidade climática para cada espécie-alvo e o contrário para as áreas abaixo do limiar (ou *threshold*). Como o mapa resultante do *ensemble* é produzido em uma escala de 0 até 1. Nós utilizamos o valor onde mais de 80% dos registros estavam presentes (FREIRE FILHO; PALMEIRIM, 2020; RAINHO; PALMEIRIM, 2013) para determinar quais áreas apresentam adequabilidade climática para cada espécie-alvo. Este limiar foi utilizado como parâmetro para os *ensembles* do futuro. Nós usamos o *software* QGIS 3.10.7 (QGIS Development Team, 2016) para realizar tais ajustes e/ou análises dos *rasters*.

5.2.3 Áreas importantes ou prioritárias para a conservação das espécies-alvo

O Centro de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros do Instituto Chico Mendes de Biodiversidade identificou e definiu as áreas importantes para a conservação de *S. flavius* no Centro de Endemismo Pernambuco (CPB, 2014). Assim, nós utilizamos estas informações para avaliar o nicho climático no presente e no futuro nestas áreas para *Sapajus flavius*.

As áreas importantes para a conservação de *A. ululata* ainda não foram elaboradas e/ou definidas pelo CPB. Diante disso, nós realizamos uma análise para definir as áreas prioritárias para a conservação de *A. ululata*. Assim, utilizamos um método similar à FREIRE FILHO; PALMEIRIM (2020), todavia, fizemos diversos ajustes para a construção do modelo de nicho climático da espécie. Para os dados de *A. ululata*, após construir o consenso dos modelos (*ensemble*) para o presente, nós definimos as áreas com adequabilidade climática para a espécie com base no limiar (ou *threshold*) definido. Em seguida, nós usamos o *software* Zonation (MOILANEN *et al.*, 2005; MOILANEN; LEATHWICK; QUINN, 2011) para identificar as áreas prioritárias para a conservação de *A. ululata*. Para realizar as análises no Zonation, nós realizamos uma classificação binária do mapa de adequabilidade climática para a espécie no presente (valores de 1 foram dados para áreas acima do limiar definido e valores de 0 para áreas abaixo do limiar). Utilizamos o *software* QGIS 3.10.7 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016)

para construir o mapa binário. No *Zonation*, inserimos o mapa de adequabilidade climática ajustado e uma camada de custo (ou *cost layer*). Essa camada de custo foi construída com base no produto do Brazilian Annual Land Use and Land Cover Mapping Project (MapBiomass) 2020 (SOUZA *et al.*, 2020). Nós redimensionamos o tamanho do pixel do mapa de adequabilidade ambiental e da camada de custo para 30 arco-segundo ($\sim 1\text{km}^2$), para obter uma informação mais precisa das áreas. Este ajuste foi feito no *software* QGIS 3.10.7 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016). Assim, construímos um mapa com uma classificação binária, onde classes relacionadas a áreas urbanas, plantações, corpos d'água e pastagens tiveram valores de 0 e o restante (áreas com vegetação naturais) valores de 1. Isso resultou em um mapa com as principais áreas antrópicas anuladas construído no QGIS 3.10.7 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016). Nós definimos o método de agregação *Distribution Smoothing*, que visa identificar as áreas mais importantes para a conservação da espécie, considerando a fragmentação como fator negativo para a determinação dessas áreas no *Zonation* (MOILANEN; WINTLE, 2006). Nós também definimos o valor de 6 km como o tamanho do núcleo de suavização usado, com base nas distâncias de deslocamento de várias espécies de *Alouatta* (CROCKETT, 1998; GLANDER, 1992). As análises no *Zonation* permitiram definir áreas de alta prioridade e áreas relevantes para a conservação de *A. ululata*.

5.2.4 Mudanças climáticas e as áreas prioritárias para a conservação da espécie

Após definir e obter as áreas importantes para a conservação de *S. flavius* e definir as áreas prioritárias para a conservação de *A. ululata* com base em variáveis climáticas, nós quantificamos a perda, o ganho e a manutenção de nicho climático nas projeções para o futuro. Para realizar essas estimativas, nós usamos *rasters* com dados binários e realizamos cálculos por meio da ferramenta *Raster calculator* do *software* QGIS 3.10.7 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016).

Além disso, nós identificamos onde ocorrerão essas possíveis perdas e/ou ganhos de nicho climático e caracterizamos as fitofisionomias que podem ser alteradas por meio da classificação do MapBiomass 2020 para cada espécie. Para tal, classificamos o *raster* com os dados de perda de adequabilidade climática no cenário mais otimista e no cenário mais pessimista, para os *pixels* com perda demos o valor de 1 e para todo o restante o valor de 0. Em seguida, nós multiplicamos este *raster* com o mapa resultante dos dados do MapBiomass 2020. Assim, nós conseguimos caracterizar as áreas com perda de adequabilidade climáticas nos dois

cenários. Nós utilizamos o *software QGIS* 3.10.7 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016) para obter essas informações.

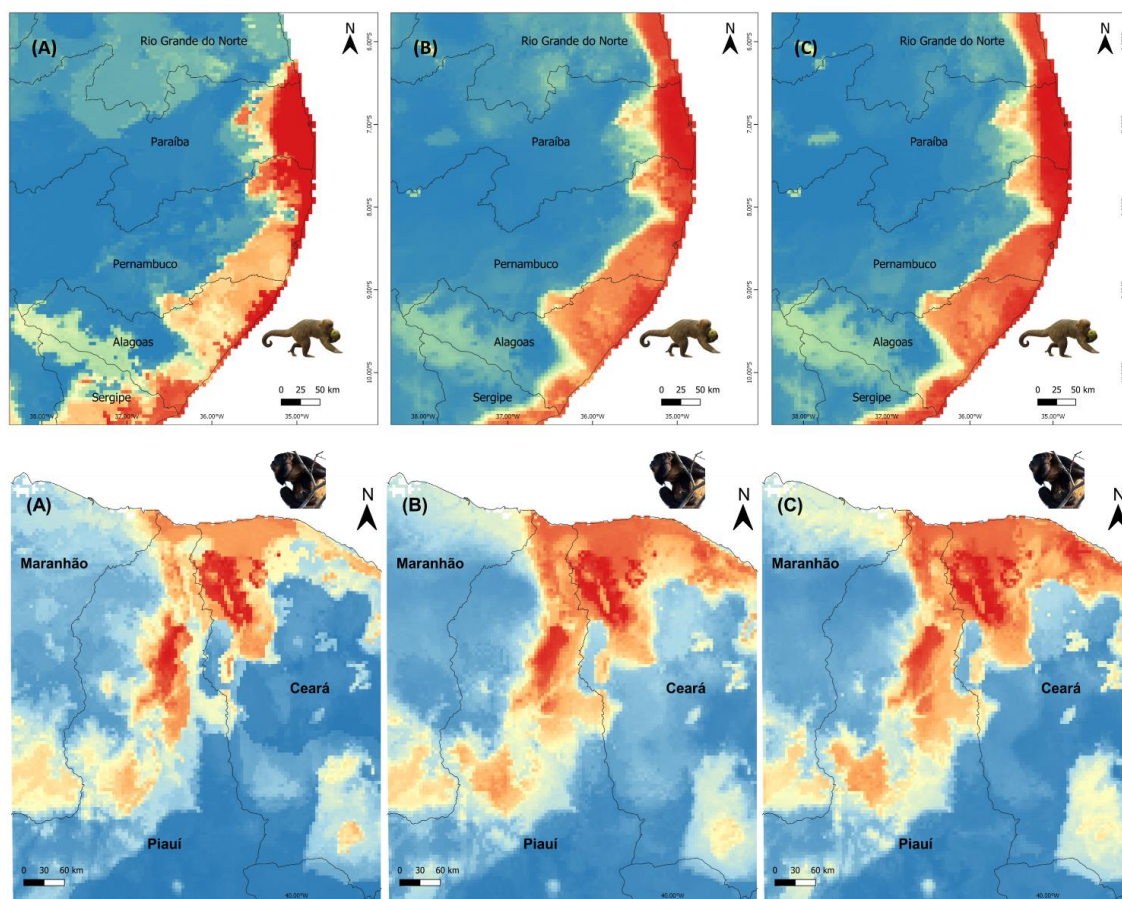
5.3 RESULTADOS

5.3.1 Nicho ecológico climático

Considerando as análises para *S. flavius*, o modelo consenso (*ensemble*) para o presente que apresentou um melhor desempenho e reflete bem o que é observado para a espécie atualmente. O modelo foi construído com cinco variáveis climáticas: Temperatura média anual (BIO1), Isotermalidade (BIO3) (uma relação entre: a Média de variação de temperatura diurna (BIO2) e a Variação da temperatura anual (BIO7)), Variação de temperatura anual (BIO7) (Temperatura máxima do mês mais quente (BIO5) - Temperatura mínima do mês mais frio (BIO6)), Precipitação anual (BIO12), Sazonalidade da precipitação (BIO15). Este *ensemble* para o presente com as variáveis climáticas apresentou valores elevados de TSS (0,776) e AUC (0,957) (Figura 2), indicando que o *ensemble* construído apresenta um bom desempenho, gerando uma boa previsão do cenário analisado.

Para *A. ululata*, o *ensemble* para o presente (que mostrou melhor desempenho e que reflete características ambientais observadas para o habita da espécie atualmente) também foi construído com cinco variáveis climáticas: Temperatura média anual (BIO1), Isotermalidade (BIO3) (uma relação entre: a Média de variação de temperatura diurna (BIO2) e a Variação da temperatura anual (BIO7)), Precipitação anual (BIO12), Sazonalidade da precipitação (BIO15) e Precipitação da quadra mais quente (BIO18). O *ensemble* construído para o presente com as variáveis climáticas citadas acima apresentou valores elevados de TSS (0,757) e AUC (0,928) (Figura 2). Este resultado indica que o *ensemble* gerado apresenta uma boa previsão do cenário analisado.

Figura 2 - Mapa do ensemble para nicho climático potencial de *Sapajus flavius* e *Alouatta ululata* em três diferentes cenários: presente (A), futuro no cenário mais otimista (ssp126) (B) e futuro no cenário mais pessimista (ssp585) (C). As cores mais quentes (vermelho mais escuro) representam áreas com adequabilidade climática muito alta e as cores mais frias (azul mais escuro) indicam área com adequabilidade climática mais baixa.

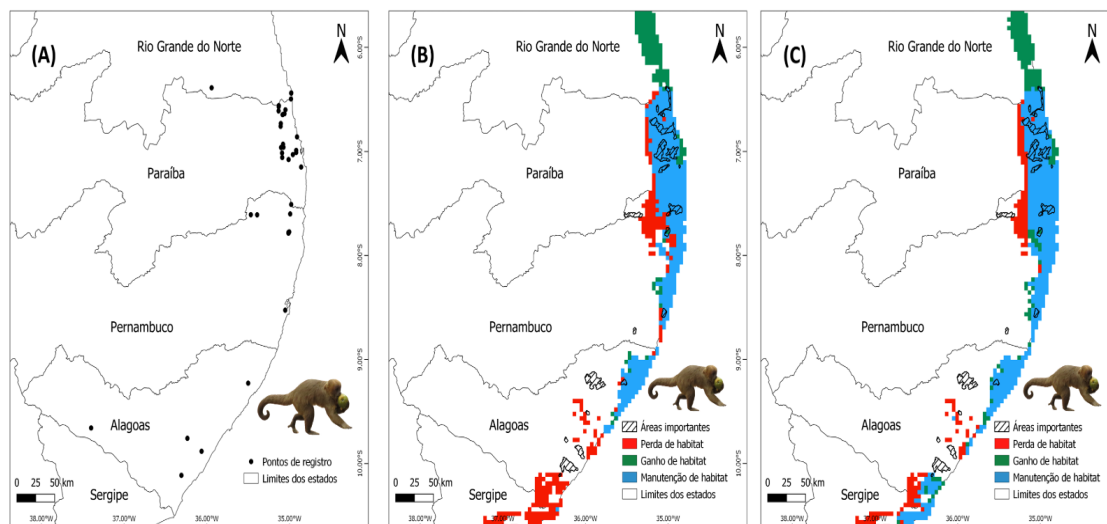


Fonte: Autor (2022).

5.3.2 Áreas importantes e/ou prioritárias e mudanças climáticas

Para direcionar políticas públicas locais, nós identificamos e quantificamos as regiões que tiveram perda ou ganho consoante os cenários de mudanças climáticas futuras no mapa com maior adequabilidade ambiental para *S. flavius* (Figura 3). Com base nessas informações, no cenário mais otimista (ssp126) haverá uma perda de nicho climático de cerca de 30% (5.950 km²), mas um ganho de aproximadamente 16% (3.175 km²) (Tabela 1). Grande parte dessa expansão da adequabilidade climática está ao norte da distribuição da espécie, principalmente no estado de Rio Grande do Norte (Figura 3). Em contra partido, o estado de Alagoas mantém grande parte das áreas com perda de adequabilidade climática no cenário mais otimista de mudanças climáticas (Figura 3).

Figura 3 - Perda, ganho e manutenção de adequabilidade climática para *Sapajus flavius* e a localização das áreas importantes para a conservação da espécie. Distribuição dos pontos de ocorrência da espécie (A); Áreas com perda, ganho e manutenção de adequabilidade climática no cenário futuro mais otimista (ssp126) (B), Áreas com perda, ganho e manutenção de adequabilidade climática no cenário futuro mais pessimista (ssp585) (C).



Fonte: Autor (2022).

Considerando o cenário mais pessimista (ssp585), observamos que ocorrerá uma perda de aproximadamente 19% (4.000 km²) e um ganho de 18% (3.825 km²) de nicho climático (Tabela 1). Assim como no cenário mais otimista, grande parte da área de nicho climático perdida se concentra do estado de Alagoas, mas regiões da Paraíba e Pernambuco mais próximas da Caatinga também serão alteradas (Figura 3).

A diferença entre perda e ganho no cenário mais otimista e no cenário mais pessimista corresponde à 14% (2.775 km²) e 0,8% (175 km²), respectivamente. Tanto para o cenário mais otimista como para o cenário mais pessimista serão mantidos aproximadamente 53% e 61%, respectivamente, de nicho climático adequado para *S. flavius* (Tabela 2). Em ambos os cenários, as áreas que serão mantidas com adequabilidade climática no futuro para a espécie estão distribuídas ao longa da região litorânea entre Alagoas e Paraíba (Figura 3).

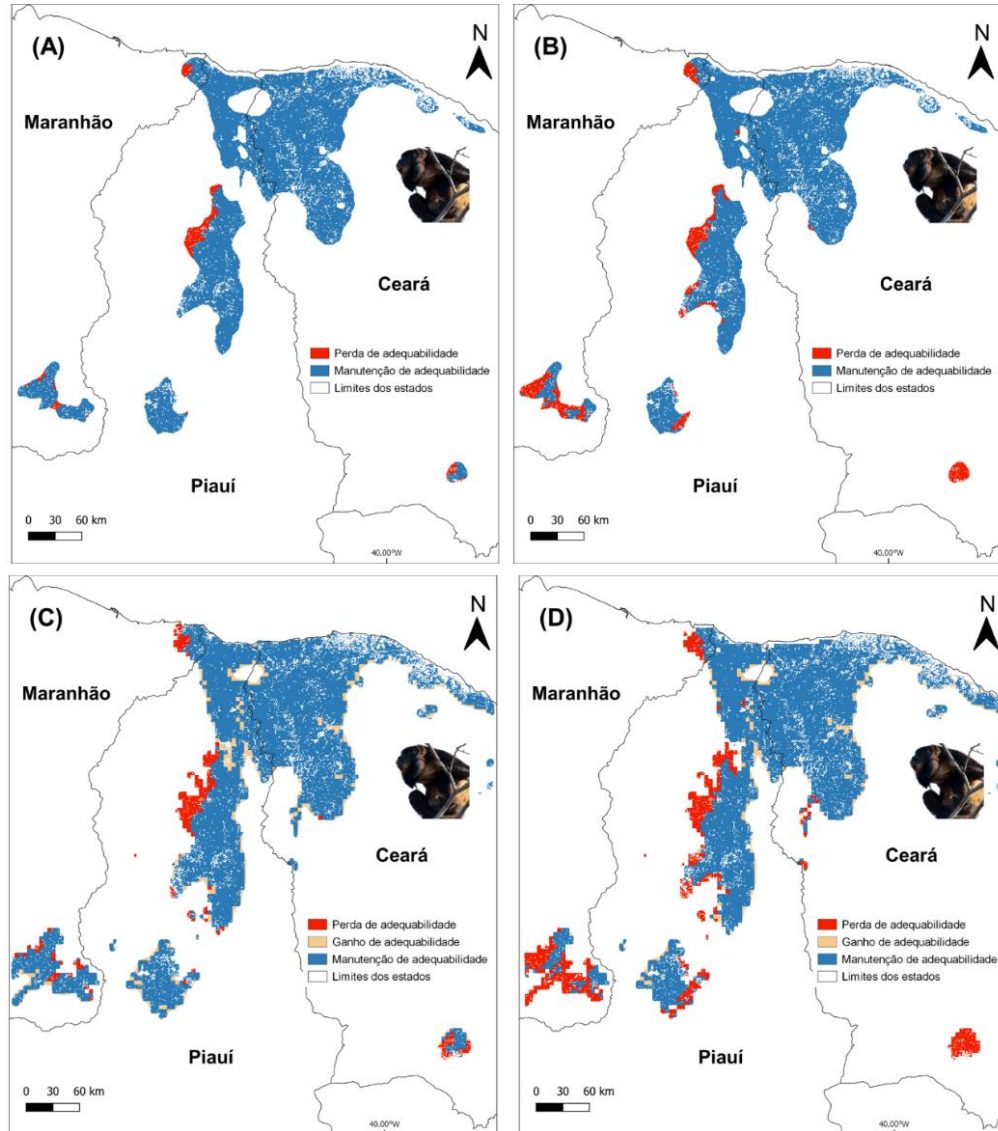
Grande parte das áreas importantes para a conservação de *S. flavius* no Centro de Endemismo Pernambuco estão em regiões onde não haverá modificações na adequabilidade climática futura, considerando tanto o cenário mais otimista como o mais pessimista (Tabela 2). Contudo, parte das áreas que estão no estado de Pernambuco e Alagoas, estão fora da região com adequabilidade climática para a espécie ou próximas de áreas que perderão adequabilidade ambiental no futuro (Figura 3).

No caso de *A. ululata*, a título de classificação e para melhorar o direcionamento de políticas públicas, nós dividimos as áreas prioritárias para a conservação da espécie em: Áreas

de alta prioridade (áreas que apresentam uma maior importância para a conservação da espécie, considerando a possibilidade de conexão entre fragmentos existentes) e Áreas relevantes (categoria que inclui as Áreas de alta prioridade e regiões que margeiam essas áreas).

Considerando as Áreas de alta prioridade e as Áreas relevantes, observamos resultados distintos para perda, ganho e manutenção de adequabilidade climática para a espécie em cada categoria (Figura 4) (Tabela 2). As porcentagens de perda, ganho e manutenção de adequabilidade climática para a espécie variam consoante o cenário de mudança climática (Tabela 1). A relação entre perda e ganho de adequabilidade climática nas Áreas de alta prioridade para *A. ululata* no cenário mais otimista (ssp126) e no mais pessimista (ssp585) de mudanças climáticas representam 4,14% e 4,62%, respectivamente. Isso corresponde a cerca de 1.510 km² e 1.379 km² (Tabela 1) para os respectivos cenários. A capital do estado do Ceará, Fortaleza, tem 312,53 km² (<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/panorama>). Portanto, essa relação entre perda e ganho de adequabilidade climática representa cerca de 4,83 vezes o tamanho do território de Fortaleza no cenário mais otimista e 4,41 vezes no cenário mais pessimista.

Figura 4 - Perda, ganho e manutenção de adequabilidade climática para *Alouatta ululata* em: Áreas de alta prioridade e cenário futuro mais otimista (ssp126) (A), Áreas de alta prioridade e cenário futuro mais pessimista (ssp585) (B), Áreas relevantes e cenário futuro mais otimista (ssp126) (C) e Áreas relevantes e cenário futuro mais pessimista (ssp585) (D).



Fonte: Autor (2022).

Tabela 2 - Perda, ganho e manutenção de adequabilidade climática para *Sapajus flavius* e *Alouatta ululata*, considerando as duas classes de Áreas prioritárias e os dois Cenários de mudanças climáticas.

ESPÉCIE	CENÁRIOS	ÁREAS PRIORITÁRIAS	MANUTENÇÃO (%)	PERDA (%)	GANHO (%)	DIFERENÇA ENTRE PERDA E GANHO (%)	MANUTENÇÃO (KM²)	PERDA (KM²)	GANHO (KM²)	DIFERENÇA ENTRE PERDA E GANHO (KM²)
SAPAJUS FLAVIUS	Cenário mais otimista (ssp126)	NA	53,32	30,43	16,24	14,19	10.425	5.950	3.175	2.775
		NA	61,26	19,80	18,93	0,86	12.375	4.000	3.825	175
ALOUATTA ULULATA	Cenário mais otimista (ssp126)	Áreas de alta prioridade	95,79	4,17	0,03	4,14	34.921	1.521	11	1.510
		Áreas relevantes	85,61	7,33	7,04	0,28	45.220	3.873	3.722	151
	Cenário mais pessimista (ssp585)	Áreas de alta prioridade	95,31	4,65	0,03	4,62	34.692	1.694	11	1.683
		Áreas relevantes	84,45	9,10	6,43	2,66	43.713	4.711	3.332	1.379

Fonte: Autor (2022).

Observando a Figura 4, nas Áreas relevantes para a conservação de *A. ululata* grande parte das áreas com adequabilidade climática que serão perdidas se concentrarão principalmente na região centro-norte do estado do Piauí e as áreas com um ganho em adequabilidade climática estarão mais presentes na região noroeste do estado do Ceará. Considerando as Áreas de alta prioridade para a espécie, a perda de adequabilidade climática se intensifica e se concentra, principalmente, na região centro-norte do Piauí e nordeste do Maranhão.

Com base na caracterização ambiental das regiões com adequabilidade climática perdidas nos dois cenários projetados para o futuro, evidenciamos que para *S. flavius* no cenário mais otimistas cerca de 13,5% (ou 505 km²) das áreas perdidas pertencem atualmente a formações de vegetações naturais (Formação florestal, Formação savânica, Manguezal, Campo alagado e áreas pantanosas, Formações campestres, Outras formações não florestais e Apicum) (Tabela 3). Contudo, a grande maioria das regiões que terão perda de adequabilidade climática para *S. flavius* estão inseridas em áreas de agricultura e pastagem (Cana, Pastagem e Mosaico de agricultura e pastagem), cerca de 81% (ou 3.040 km²) (Tabela 3). Os resultados para o cenário mais pessimista são similares ao anterior. Quando consideramos os resultados para *A. ululata*, observamos que tanto no cenário futuro mais otimista (ssp126) como no mais pessimista (ssp585), as áreas com perda de adequabilidade climática são compostas principalmente por Formações florestais e/ou Formações savânicas (Tabela 3).

Tabela 3 - Caracterização ambiental das regiões com adequabilidade climática perdidas dentro do mapa de nicho climático de *Sapajus flavius* e dentro das Áreas de alta prioridade para a conservação de *Alouatta ululata*.

	<i>SAPAJUS FLAVIUS</i>				<i>ALOUATTA ULULATA</i>			
	Cenário futuro mais otimista (ssp126)		Cenário futuro mais pessimista (ssp585)		Cenário futuro mais otimista (ssp126)		Cenário futuro mais pessimista (ssp585)	
FITOFISIONOMIA	Área perdida (km ²)	Área perdida (%)	Área perdida (km ²)	Área perdida (%)	Área perdida (km ²)	Área perdida (%)	Área perdida (km ²)	Área perdida (%)
FORMAÇÃO	570	10,19	391	9,87	704	46,28	682	40,25
FORMAÇÃO	128	2,28	200	5,05	709	46,61	884	52,18
MANGUEZAL	52	0,93	11	0,27	22	1,44	9	0,53
CAMPOS ALAGADOS	91	1,62	28	0,70	3	0,19	3	0,17
E ÁREAS FORMAÇÕES	13	0,23	22	0,55	9	0,59	15	0,88
OUTRAS	8	0,18	-	-	-	-	-	-
FORMAÇÕES NÃO RESTINGA	28	0,50	17	0,42	-	-	-	-
PASTAGENS	1.581	28,27	1.234	31,16	33	2,16	45	2,65
CANA	1.084	19,38	638	16,11	-	-	-	-
OUTRAS LAVOURAS	2	0,03	1	0,025	-	-	-	-
TEMPORÁRIAS								
MOSAICO DE	1.644	29,40	1.190	30,05	28	1,84	36	2,12
AGRICULTURA E								
AQUICULTURA	2	0,03	-	-	-	-	-	-
APICUM	3	0,05	-	-	-	-	-	-
OUTRAS ÁREAS	384	6,86	228	5,75	13	0,85	20	1,18
NÃO VEGETADAS								

Fonte: Autor (2022).

5.4 DISCUSSÃO

Com base nos nossos resultados, observamos que para as duas espécies-alvo e nos dois cenários de mudanças climáticas, os *ensembles* resultantes projetam uma maior perda do que um ganho de adequabilidade de nicho climático. Contudo, essas diferenças variam entre espécies e considerando Áreas importantes e/ou Áreas prioritárias para a conservação dessas espécies. Além disso, e como era de se esperar, diferentes tipos de fitofisionomias são afetados com as mudanças climáticas projetadas para o futuro, dependendo da região que a espécie habita. Assim, nossos resultados permitem direcionar políticas públicas para a conservação dessas duas espécies de primatas ameaçadas de extinção.

Grande parte das áreas que terão perda de adequabilidade climática para a *S. flavius* estão inseridas em fitofisionomias mais antropizadas (e.g., Pastagens, Cana, Mosaico de agricultura e pastagem), mas cerca de 13,5% (cerca de 750 km²) fazem parte de formações de vegetações naturais. Dentro das Áreas de alta prioridade para a conservação de *A. ululata*, nós observamos uma perda potencial de 4,62% (cerca de 1.683 km²) de adequabilidade climática no cenário futuro mais pessimista de mudanças climáticas. Cerca de 52,18% dessa área perdida é composta por formações savânicas e 40,25% por formações florestais. Moraes *et al.* (2020) avaliaram a adequabilidade de habitat para três espécies de primatas do Nordeste do Brasil e uma dessas espécies foi *S. flavius*. Os autores chamam atenção para a perda estimada em mais de 98% de adequabilidade de habitat para o futuro. Neste estudo, os autores utilizaram toda a extensão da Mata Atlântica e usaram apenas um algoritmo para a construção dos modelos *Maxent*. Nós concentramos as projeções a área de ocorrência da espécie, inserindo as populações que existem na Caatinga e utilizamos um modelo potencial médio com base em diferentes algoritmos. Tais diferenças metodológicas podem ser responsáveis pelos diferentes resultados. Nós observamos que haverá perda e ganho de adequabilidade climática consoante as mudanças climáticas. E a proporção de perda e ganho de adequabilidade climática dependerá do cenário projetado, mais otimista ou mais pessimista. Contudo, em ambos os cenários podemos constatar que as áreas com adequabilidade climática no presente inseridas no estado de Alagoas, Paraíba e Pernambuco estarão mais susceptíveis a perda de adequabilidade climática no futuro. Em contrapartida, o estado do Rio Grande do Norte tenderá a ter um aumento no número de as áreas com adequabilidade climática para a espécie.

Isso nos possibilita afirmar que as populações que habitam as áreas de Alagoas, principalmente, estarão mais expostas as mudanças climáticas. Potencialmente, isso faz com que esses animais fiquem mais expostos ao estresse climático e tenham que realizar ajustes mais rígidos no orçamento comportamento e em aspectos ecológicos para sobreviver. FREIRE FILHO (2018) chama atenção para os efeitos potenciais de mudanças climáticas no padrão de atividades de *S. flavius*. A variação da temperatura ao longo do dia influencia o orçamento comportamental e o uso dos estratos florestais (FREIRE FILHO, 2018). Quando as temperaturas aumentam, os animais tendem a socializar e usar os estratos mais baixos da floresta na perspectiva de diminuir o gasto energético e se proteger dos raios solares (FREIRE FILHO, 2018). LEHMANN; KORSTJENS; DUNBAR (2010) estudaram a influência das mudanças climáticas no comportamento e na distribuição dos grandes símios africanos. Eles concluíram que apresentam uma flexibilidade comportamental e uma dieta mais flexível têm mais chances de se adaptarem a novas condições climáticas. *Vervet monkeys (Chlorocebus pygerythrus)* fora da estação de acasalamento também dedicam grande parte do tempo ao descanso nas horas mais quentes do dia (MCFARLAND *et al.*, 2014).

Em relação a *A. ululata*, FREIRE FILHO; PALMEIRIM (2020) construíram o mapa de distribuição potencial e definiram as áreas prioritárias para a conservação da espécie, utilizando variáveis climáticas, ambientais e de relevo. Em termos comparativos, os nossos resultados são similares aos de FREIRE FILHO; PALMEIRIM (2020). As áreas prioritárias para a conservação da espécie e o mapa de distribuição potencial se equivalem. Contudo, nós utilizamos o consenso de modelos (*ensemble*) para construir o nicho ecológico climático e identificar áreas prioritárias com base em informações climáticas, o uso dessa técnica é uma recomendação crescente e recente (*ensemble modelling*, ARAÚJO; NEW, 2007). Além disso, nós conseguimos identificar regiões dentro das áreas prioritárias para a conservação da espécie que estão mais expostas a potenciais efeitos das mudanças climáticas, estimando a perda de adequabilidade climática para a espécie em cenários futuros de mudanças climáticas. Grande parte das áreas com perda de adequabilidade climática futura estão inseridas nos biomas Caatinga e Cerrado ou são áreas de ecótono entre os dois biomas. No Brasil, a Amazônia e a região Nordeste parecem ser grandes *hotspots* de mudanças climáticas (TORRES *et al.*, 2017). As projeções de mudanças climáticas futuras mostram uma savanização de partes da Amazônia e desertificação da região da Caatinga, com potenciais impactos adversos sobre a biodiversidade (TORRES *et al.*, 2017). Nas regiões mais secas e quentes do

planeta, as mudanças climáticas exigirão um grande esforço adaptativo das espécies de mamíferos, podendo afetar o tamanho corporal, capacidade de suportar calor, dieta e consumo de água (FULLER *et al.*, 2021).

Os resultados mostram que as populações de *A. ululata* na região centro-norte do Piauí e noroeste do Maranhão sofrerão uma maior influência das mudanças climáticas, por exemplo. Parte das áreas com adequabilidade climática hoje serão perdidas no futuro. Além disso, também é de se esperar que regiões próximas as áreas com adequabilidade climática perdidas no futuro ocorram mudanças importantes nas suas características climáticas. Dados obtidos por meio do monitoramento de dois grupos de *A. ululata* na região centro-norte do Piauí mostram que a espécie realiza grandes ajustes no seu orçamento comportamental e ecológico consoante a variação diária de temperatura e a oscilação da pluviosidade ao longo do ano (FREIRE FILHO *et al.*, dados ainda não publicados). Considerando que no futuro ainda existam fragmentos florestais no Rio Grande do Norte, é plausível afirmar e/ou esperar que as populações de *S. flavius* existentes no estado sofrerão menos com as mudanças climáticas, permanecendo e/ou expandindo seus territórios. Além disso, poderíamos especular que possa ocorrer uma tendência de migração de animais no Centro de Endemismo Pernambuco, sentido de sul (Alagoas) para norte (Rio Grande do Norte). Estas informações são importantes ferramentas para a conservação macaco-prego-galego, permitindo e embasando tomadas de decisões no presente para possibilitar a conservação da espécie no futuro. Os nossos resultados fornecem informações que possibilitam o desenvolvimento de estratégias de conservação integradas às mudanças climáticas (HANNAH; MIDGLEY; MILLAR, 2002). Cinco elementos são essenciais para estratégias de conservação integradas às mudanças climáticas: modelagem regional; expansão de áreas protegidas; gestão da matriz; coordenação regional; e transferência de recursos (HANNAH; MIDGLEY; MILLAR, 2002). Atualmente, conseguimos direcionar melhor essas ações dentro da distribuição de *S. flavius* e nas áreas prioritárias para a conservação de *A. ululata*, indicando quais regiões são mais importantes para a conservação das espécies-alvo e quais estão mais propensas a sofrerem com as mudanças climáticas potenciais, por exemplo.

Aproximadamente 10% das áreas com adequabilidade climática para *S. flavius* hoje e que serão afetadas, potencialmente, pelas mudanças climáticas projetadas para o futuro pertencem a formações florestais. Na área de estudo, os fragmentos florestais fazem parte da Mata Atlântica e estão inseridos no Centro de Endemismo Pernambuco. Este, originalmente, tinha uma extensão de

aproximadamente 56.400 km², entre os estados de Alagoas e Rio Grande do Norte (TABARELLI; RODA, 2005). Atualmente, o Centro de Endemismo Pernambuco é representado por fragmentos pequenos imersos em uma matriz composta por áreas urbanas e agrícolas (DA SILVA; TABARELLI, 2000). Contudo, abriga mais de dois terços de todas as espécies e subespécies de aves e 8% das espécies de plantas vasculares da Mata Atlântica (TABARELLI; RODA, 2005), sendo um dos mais importantes e ameaçados *hotspot* de biodiversidade da Mata Atlântica (TABARELLI; RODA, 2005). Tais fragmentos florestais são fundamentais para a conservação de *S. flavius*, que apesar de existir na Caatinga tem no Centro de Endemismo Pernambuco o maior número de população. Estas estão em constante ameaça pela perda e fragmentação de habitat. No momento, as populações existentes no Centro de Endemismo Pernambuco estão totalmente ou parcialmente desconectadas. Isso afeta fortemente o fluxo gênico entre as populações, diminuindo a variabilidade genética e causando um efeito *bottleneck* (CHARLESWORTH; WILLIS, 2009; HEDRICK; GARCIA-DORADO, 2016).

Nossos resultados para *A. ululata* chamam atenção para a conservação das formações florestais e formações savânica. Grande parte das áreas que terão perda de adequabilidade climática estão inseridas nesses dois tipos de formações. No bioma Cerrado e na Caatinga, a formação savânica são compostas por tipos de vegetação com predomínio de espécies de dossel semi-contínuo, Savana-estépica arborizada, Savana arborizada e estratos arbóreos (LAPIG, 2021). Portanto, esses dois tipos de formações fornecem habitat essenciais para a sobrevivência da espécie, pois *A. ululata* é uma espécie de primata essencialmente arborícola (FREIRE FILHO; PINTO; BEZERRA, 2018; FREIRE FILHO; PALMEIRIM, 2020). STEWART; TURNER; MATTHEWS (2020) chamam atenção para os prováveis efeitos negativos das mudanças climáticas no habitat de diversas espécies de primatas não-humanos. Além disso, os autores alertam para um cenário de aumento global em 2°C na temperatura resultar na perda total ou parcial de habitat dos primatas não-humanos em uma escala global, resultante do surgimento de condições climáticas que estão fora do escopo da experiência histórica de muitas espécies. Esse estresse ambiental pode afetar diretamente o orçamento comportamental das populações de primatas devido a demandas fisiológicas de termorregulação ou por meio de influências indiretas na vegetação da qual os primatas dependem para se alimentar (KAMILAR; BEAUDROT, 2018). O estresse ambiental também pode impactar a distribuição e a evolução dos primatas não-humanos (KAMILAR; BEAUDROT, 2018). Tais impactos chamam atenção para a necessidade de se desenvolver medidas

para a conservação das espécies de primatas não-humanos (*e.g.*, criação de área protegidas) (KAMILAR; BEAUDROT, 2018).

ZHANG *et al.* (2019) demonstram que muitas espécies de primatas em todo o globo estarão vulneráveis a eventos climáticos extremos (*e.g.*, ciclones e secas) causados pelas mudanças climáticas. Primatas que habitam a península da Malásia, norte de Bornéu, Sumatra e florestas tropicais úmidas da África Ocidental estão mais vulneráveis a secas (ZHANG *et al.*, 2019). As projeções do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (*Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC) mostram um aumento da temperatura entre 1°C a 5°C para a América do Sul e um aumento na duração da seca (diminuição da precipitação) no nordeste do Brasil até final de 2100 (IPCC, 2021; PBMC, 2013). Na Amazonia, as espécies de primatas enfrentarão uma grande quantidade de efeitos das mudanças climáticas em suas áreas de distribuição (SALES *et al.*, 2020). Os primatas amazônicos serão expostos a novos climas e podem não conseguir identificar seus ambientes preferidos (SALES *et al.*, 2020). Além disso, as populações remanescentes podem se tornar fragmentadas e ocuparem condições sub-ótimas na periferia de suas áreas de distribuição futuras (SALES *et al.*, 2020). BERNARD; MARSHALL (2020) discutem o conhecimento atual sobre as influências potenciais das mudanças climáticas nas espécies de primatas e alertam para a necessidade de ampliação desse conhecimento.

Tanto *A. ululata* como *S. flavius* fazem parte do Plano de Ação Nacional de Proteção dos Primatas do Nordeste (PANPriNE) (Portaria nº 242, de 26 de março de 2018). Este visa garantir pelo menos cinco populações viáveis para cada espécie-alvo. Diante disso, estratégias para a conservação de *S. flavius* e *A. ululata* considerando os efeitos das mudanças climáticas são extremamente necessárias e devem ser direcionadas, principalmente, para as regiões que, potencialmente, estarão mais expostas a estas mudanças. Tais estratégias envolvem manutenção de áreas florestadas em propriedades privadas, criação de áreas protegidas (seja de iniciativa pública ou privada), estimular o plantio de árvores nativas frutíferas, estimular a criação de corredores ecológicos, conscientização ambiental, diminuir a presença de gado nas áreas de ocorrência das espécies-alvo, promover a retirada de animais domésticos (*e.g.*, cães e gatos) de áreas onde as espécies existam, investir em educação e conscientização das comunidades locais sobre o impacto da caça e/ou apanha sobre os seres vivos, incentivar a criação e/ou manutenção de pesquisas de longo prazo com estas espécies. A existência de habitat bem estruturado, com árvores grandes e adensadas, é uma condição fundamental para mitigar os possíveis impactos causados pelas

mudanças climáticas no orçamento comportamental e ecológico de *S. flavius* e *A. ululata*. Áreas com grandes árvores adensadas fornecem alimento (ZUBERBÜHLER; JANMAAT, 2010) e abrigo contra os raios solares (RAHMAN *et al.*, 2017), facilitando a termorregulação corpórea e amenizando os impactos no orçamento comportamental e ecológico das espécies-alvo (FREIRE FILHO *et al.*, dados ainda não publicados).

Apesar dessa pesquisa conseguir contribuir para identificar quais regiões das áreas prioritárias e/ou populações de *S. flavius* e *A. ululata* estarão mais expostas as mudanças climáticas, nós compreendemos que estudos que busquem avaliar como as mudanças climáticas podem afetar a disponibilidade recursos alimentares das espécies-alvo e aspectos geracionais (*e.g.* taxa de natalidade e mortalidade) são extremamente necessários para entender como as espécies de primatas poderão ajustar suas estratégias ecológicas e comportamentais no futuro. Obter esse tipo de informação é bem desafiador, mas é de extrema importância para as tomadas de decisão também. Os efeitos das mudanças climáticas já estão sendo evidenciados em várias regiões do mundo e as medidas para mitigar os impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade devem ser tomadas o quanto antes. Assim, precisamos agir agora.

5.5 REFERÊNCIAS

- ALLOUCHE, O.; TSOAR, A.; KADMON, R. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). **Journal of Applied Ecology**, [S. l.], v. 43, n. 6, p. 1223-1232, 2006.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [S. l.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE, A. F. A.; VELAZCO, S. J. E.; JÚNIOR, P. D. M. ENMTML: An R package for a straightforward construction of complex ecological niche models. **Environmental Modelling & Software**, [S. l.], v. 125, p. 104615, 2020.
- ARAÚJO, M. B.; NEW, M. Ensemble forecasting of species distributions. **Trends in ecology & evolution**, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 42-47, 2007.
- BERNARD, A. B.; MARSHALL, A. J. Assessing the state of knowledge of contemporary climate change and primates. **Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews**, [S. l.], v. 29, n. 6, p. 317-331, 2020.
- BONEBRAKE, T. C. *et al.* Managing consequences of climate-driven species redistribution requires integration of ecology, conservation and social science. **Biological Reviews**, [S. l.], v. 93, n. 1, p. 284-305, 2018.
- BREIMAN, L. *et al.* **Classification and Regression Trees. The Wadsworth Statistics Probability Series**. 1 ed. Chapman & Hall/CRC, New York, 1984. ISBN-13 978-0412048418.
- BREIMAN, L. Random forests. **Machine Learning**, [S. l.], v. 45, n. 1, p. 5-32, 2001.
- CARVALHO, J. S. *et al.* A global risk assessment of primates under climate and land use/cover scenarios. **Global Change Biology**, [S. l.], v. 25, n. 9, p. 3163-3178, 2019.
- CEPRO. **Perfil dos municípios**. Teresina, Fundação CEPRO, 1992.
- CHAPMAN, C. A.; PERES, C. A. Primate conservation: Lessons learned in the last 20 years can guide future efforts. **Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews**, [S. l.], v. 30, n. 5, p. 345-361, 2021.
- CHARLESWORTH, D.; WILLIS, J. H. The genetics of inbreeding depression. **Nature Reviews Genetics**, [S. l.], v. 10, n. 11, p. 783-796, 2009.
- CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE PRIMATAS BRASILEIROS. **Áreas Importantes para a Conservação de Primatas do Centro de Endemismo Pernambuco**. João Pessoa: ICMBio, 2014. 1 p.

CROCKETT, C. M. Conservation biology of the genus *Alouatta*. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 549-578, 1998.

CUNHA, L. O. *et al.* Análise multivariada da vegetação como ferramenta para avaliar a reabilitação de dunas litorâneas mineradas em Mataraca, Paraíba, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, [S. l.], v. 27, n. 4, p. 503-515, 2003.

CLIMATE-DATA. **São Miguel do Tapuio**. 2020. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/piaui/saomiguel-do-tapuio-42462/>. Acessado em 16 de agosto de 2022.

DA SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. **Nature**, [S. l.], v. 404, n. 6773, p. 72-74, 2000.

ELITH, J. H. *et al.* Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. **Ecography**, [S. l.], v. 29, n. 2, p. 129-51, 2006.

ESTRADA, A. *et al.* Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. **Science Advances**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. e1600946, 2017.

FERREIRA, R. G. *et al.* On the occurrence of *Cebus flavius* (Schreber 1774) in the Caatinga, and the use of semi-arid environments by *Cebus* species in the Brazilian state of Rio Grande do Norte. **Primates**, Japan, v. 50, n. 4, p. 357-362, 2009.

FERREIRA, J. G. *et al.* **Avaliação do risco de extinção de *Alouatta ululata* Elliot, 1912 no Brasil**. 2016. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/estadodeconservacao/7188mamiferosalouattaululataguariba>. Acessado em 05 de abril de 2022.

FIALHO, M. *et al.* Ocorrência de *Sapajus flavius* e *Alouatta belzebul* no Centro de Endemismo Pernambuco. **Neotropical Primates**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 214-218, 2014.

FIALHO, M. S. *et al.* ***Alouatta ululata***. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T918A190435652. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T918A190435652.en>. Acessado em 05 de abril de 2022.

FIELDING, A. H.; BELL, J. F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. **Environmental Conservation**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 38-49, 1997.

FREIRE FILHO, A. R. G. **Efeitos potenciais de mudanças climáticas no padrão de atividades do macaco-prego-galego, *Sapajus flavius* (Mammalia: Cebidae)**. 2018. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

FREIRE FILHO, R.; PALMEIRIM, J. M. Potential distribution of and priority conservation areas for the Endangered Caatinga howler monkey *Alouatta ululata* in north-eastern Brazil. **Oryx**, [S. l.], v. 54, n. 6, p. 794-802, 2020.

FREIRE FILHO, R.; PINTO, T.; BEZERRA, B. M. Using local ecological knowledge to access the distribution of the Endangered Caatinga howler monkey (*Alouatta ululata*). **Ethnobiology Conservation**, [S. l.], v. 7, n. 10, p. 1-22, 2018.

FREIRE FILHO, R. *et al.* Uses of nonhuman primates by humans in northeastern Brazil. **Primates**, Japan, v. 62, p. 777-788, 2021.

FRIEDMAN, J. H. Greedy function approximation: a gradient boosting machine. **Annals of statistics**, [S. l.], v. 29, n. 5, p. 1189-1232, 2001.

FULLER, A. *et al.* How dryland mammals will respond to climate change: the effects of body size, heat load and a lack of food and water. **Journal of Experimental Biology**, [S. l.], v. 224, n. Suppl_1, p. jeb238113, 2021.

GARCIA, F. *et al.* First steps towards conservation of the Endangered blonde capuchin monkey *Sapajus flavius* in the Caatinga dry forest, Brazil. **Oryx**, [S. l.], v. 54, n. 6, p. 762-762, 2020.

GLANDER, K. E. Dispersal patterns in Costa Rican mantled howling monkeys. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 415-436, 1992.

GRAHAM, T. L.; MATTHEWS, H. D.; TURNER, S. E. A global-scale evaluation of primate exposure and vulnerability to climate change. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 37, n. 2, p. 158-174, 2016.

GRENOUILLET, G. *et al.* Ensemble modelling of species distribution: the effects of geographical and environmental ranges. **Ecography**, [S. l.], v. 34, n. 1, p. 9-17, 2011.

HALLGREN, W. *et al.* Species distribution models can be highly sensitive to algorithm configuration. **Ecological Modelling**, [S. l.], v. 408, p. 108719, 2019.

HANNAH, L.; MIDGLEY, G. F.; MILLAR, D. Climate change-integrated conservation strategies. **Global Ecology and Biogeography**, [S. l.], v. 11, n. 6, p. 485-495, 2002.

HEDRICK, P. W.; GARCIA-DORADO, A. Understanding inbreeding depression, purging, and genetic rescue. **Trends in ecology & evolution**, [S. l.], v. 31, n. 12, p. 940-952, 2016.

HIJMANS, R. J. *et al.* Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, [S. l.], v. 25, n. 15, p. 1965-1978, 2005.

HOPFIELD, J. J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. **Proceedings of the national academy of sciences**, United States of América, v. 79, n. 8, p. 2554-2558, 1982.

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Cambridge: Cambridge University Press, IPCC, 2021.

ISAAC, J. L. Effects of climate change on life history: implications for extinction risk in mammals. **Endangered Species Research**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 115-123, 2009.

KAMILAR, J. M.; BEAUDROT, L. Effects of environmental stress on primate populations. **Annual Review of Anthropology**, [S. l.], v. 47, p. 417-434, 2018.

KORSTJENS, A. H.; HILLYER, A. P. Primates and climate change: A review of current knowledge. In: Wich S. A.; Marshall A. J. **An introduction to primate conservation**. Oxford: Oxford University Press, 2016, Bibliography: p. 175–192.

LAPIG. **Chave de Interpretação**. 2021. Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. Disponível em: <https://chave.lapig.iesa.ufg.br/pt//>. Acessado em 20 de junho de 2022.

LEHMANN, J.; KORSTJENS, A. H.; DUNBAR, R. I. M. Apes in a changing world—the effects of global warming on the behaviour and distribution of African apes. **Journal of Biogeography**, [S. l.], v. 37, n. 12, p. 2217-2231, 2010.

LEK, S.; GUÉGAN, J. Artificial neural networks as a tool in ecological modelling, na introduction. **Ecological modelling**, [S. l.], v. 120, n. 2-3, p. 65-73, 1999.

MCCALLUM, M.; MCCALLUM, J.; TRAUTH, S. Predicted climate change may spark box turtle declines. **Amphibia-Reptilia**, Leiden, v. 30, n. 2, p. 259-264, 2009.

MCFARLAND, R. et al. Behavioral flexibility of vervet monkeys in response to climatic and social variability. **American Journal of Physical Anthropology**, [S. l.], v. 154, n. 3, p. 357-364, 2014.

MEDEIROS, K. *et al.* Behavior, diet, and habitat use by blonde capuchin monkeys (*Sapajus flavius*) in a coastal area prone to flooding: direct observations and camera trapping. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 40, n. 4, p. 511-531, 2019.

MEDINA, *et al.* Potential effects of climate change on a Neotropical frog genus: changes in the spatial diversity patterns of *Leptodactylus* (Anura, Leptodactylidae) and implications for their conservation. **Climatic Change**, [S. l.], v. 161, n. 4, p. 535-553, 2020.

MOILANEN, A. *et al.* Prioritizing multiple-use landscapes for conservation: methods for large multi-species planning problems. **Proceedings of the Royal Society B**, [S. l.], v. 272, n. 1575, p. 1885-1891, 2005.

MOILANEN, A.; LEATHWICK, J. R.; QUINN, J. M. Spatial prioritization of conservation management. **Conservation letters**, [S. l.], v. 4, n. 5, p. 383-393, 2011.

MOILANEN, A.; WINTLE, B. A. Uncertainty analysis favours selection of spatially aggregated reserve networks. **Biological Conservation**, [S. l.], v. 129, n. 3, p. 427-434, 2006.

MORAES, B. *et al.* Habitat suitability for primate conservation in north-east Brazil. **Oryx**, [S. l.], v. 54, n. 6, p. 803-813, 2020.

NARINS, P. M.; MEENDERINK, S. W. F. Climate change and frog calls: long-term correlations along a tropical altitudinal gradient. **Proceedings of the Royal Society B**, [S. l.], v. 281, n. 1783, p. 20140401, 2014.

PBMC. **Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo do GT1.** Rio de Janeiro: Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2013. 28 p.

PECL, G. T. *et al.* Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. **Science**, [S. l.], v. 355, n. 6332, p. eaai9214, 2017.

PEREIRA, M. D. S.; DA NÓBREGA ALVES, R. R. Composição florística de um remanescente e Mata atlântica na Área de Proteção Ambiental Barra do Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, [S. l.], v. 6, p. 357-366, 2006.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. **Ecological modelling**, [S. l.], v. 190, n. 3-4, p. 231-259, 2006.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; DUBIK, M.; SCHAPIRE, R. E.; BLAIR, M. E. Opening the black box: An open-source release of Maxent. **Ecography**, [S. l.], v. 40, n. 7, p. 887-893, 2017.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS: A Free and Open Source Geographic Information System.** 2016. Open Source Geospatial Foundation. Disponível em: <http://www.qgis.org>. Acessado em 05 de maio de 2022.

QUEIROZ, L. P.; CARDOSO, D.; FERNANDES, M. F.; MORO, M. F. Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga domain. *In*: da Silva J. M. C.; Leal I. R.; Tabarelli M. **Caatinga: the Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. 1 ed. Switzerland: Springer, 2017, Bibliography: p. 23-63.

RAHMAN, M. A.; MOSER, A.; ROTZER, T.; PAULEIT, S. Within canopy temperature differences and cooling ability of Tilia cordata trees grown in urban conditions. **Building and Environment**, [S. l.], v. 114, p. 118-128, 2017.

RAINHO, A.; PALMEIRIM, J. M. Prioritizing conservation areas around multispecies bat colonies using spatial modeling. **Animal Conservation**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 438-448, 2013.

SALES, L.; RIBEIRO, B. R.; CHAPMAN, C. A.; LOYOLA, R. Multiple dimensions of climate change on the distribution of Amazon primates. **Perspectives in Ecology and Conservation**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 83-90, 2020.

ŞEKERCIOĞLU, Ç. H.; PRIMACK, R. B.; WORMWORTH, J. The effects of climate change on tropical birds. **Biological conservation**, [S. l.], v. 148, n. 1, p. 1-18, 2012.

SHABANI, F; KUMAR, L; AHMADI, M. Assessing accuracy methods of species distribution models: AUC, specificity, sensitivity and the true skill statistic. **Global Journal of Human Social Science**, New England, v. 18, n. 1, p. 6-18, 2018.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2015-2016**. 2018. Disponível em: <http://mapas.sosma.org.br/dados/>. Acessado em 16 de agosto de 2022.

SOUZA, C. M. *et al.* Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. **Remote Sensing**, [S. l.], v. 12, n. 17, p. 2735, 2020.

STEWART, B. M.; TURNER, S. E.; MATTHEWS, H. D. Climate change impacts on potential future ranges of non-human primate species. **Climatic Change**, [S. l.], v. 162, n. 4, p. 2301-2318, 2020.

TABARELLI, M.; RODA, S. A. Uma oportunidade para o Centro de Endemismo Pernambuco. **Natureza & Conservação**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 22-28, 2005.

THUILLER, W.; LAFOURCADE, B.; ENGLER, R.; ARAÚJO, M. B. BIOMOD—a platform for ensemble forecasting of species distributions. **Ecography**, [S. l.], v. 32, n. 3, p. 369-373, 2009.

TORRES, R.R.; LAPOLA, D. M.; GAMARRA, N. L. R. Future climate change in the Caatinga. In: da Silva J. M. C.; Leal I. R.; Tabarelli M. **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. 1 ed. Switzerland: Springer, 2017, Bibliography: p. 383 – 410. ISBN 978-3-319-68339-3.

VALENÇA-MONTENEGRO, M. M. *et al.* **Sapajus flavius**. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T136253A192592928. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T136253A192592928.en>. Acessado em 05 de abril de 2022.

ZHANG, L. *et al.* Consensus forecasting of species distributions: The effects of niche model performance and niche properties. **PloS one**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. e0120056, 2015.

ZHANG, L. *et al.* Global assessment of primate vulnerability to extreme climatic events. **Nature Climate Change**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. 554-561, 2019.

ZHAO, X. *et al.* Climate change, grazing, and collecting accelerate habitat contraction in an endangered primate. **Biological Conservation**, [S. l.], v. 231, p. 88-97, 2019.

ZUBERBÜHLER, K.; JANMAAT, K. R. L. Foraging cognition in non-human primates. *In*: Platt M. L.; Ghazanfar A. A. **Primate Neuroethology**. 2 ed. Oxford: Oxford University Press, 2010, Bibliography: p. 64-83.

6 CONCLUSÕES GERAIS

- Esta tese fornece dados científicos inéditos e importantes para o conhecimento sobre a guariba-da-caatinga (*Alouatta ululata*) e o macaco-prego-galego (*Sapajus flavius*). Nos artigos são fornecidas informações relevantes sobre estratégias utilizadas para ajustar aspectos comportamentais e ecológicos; interações e/ou uso das comunidades locais e os possíveis impactos dessas relações; os efeitos potenciais das mudanças climáticas sobre *A. ululata* e como a espécie terá que ajustar seu orçamento de atividades para sobreviver; o nicho climático atual e as possíveis alterações futuras resultantes das mudanças climáticas.
- Tanto *S. flavius* como *A. ululata* ajustam seus orçamentos comportamentais e aspectos ecológicos consoante a variações climáticas ao longo do dia e/ou do ano. Contudo, as estratégias adaptativas são bem distintas e podem refletir as características ambientais e climáticas das regiões que estes animais habitam.
- Apesar de não existirem relações conflitantes entre os seres humanos e *A. ululata*, estes animais são utilizados como fonte de alimento (são caçados) e o seu osso hioide é usado como tratamento de doenças pulmonares. Tais atividades podem representar uma grande ameaça a existência da espécie.
- *Sapajus flavius* também não apresenta interações conflitantes com os seres humanos, a presença nas plantações de cana-de-açúcar não é um problema, por exemplo. Contudo, são utilizados como fonte de alimento (são caçados). Por existirem poucas populações na natureza, a caça pode representar uma grande ameaça.
- Apesar de *A. ululata* conseguir se adaptar bem as condições climáticas caracterizadas pelo clima semiárido da região que habita, os efeitos das mudanças climáticas projetados para o futuro exigirão fortes ajustes comportamentais e ecológicos dos animais. Áreas com árvores grandes e robustas serão extremamente importantes para a sobrevivência da espécie no futuro, pois fornecem micro-habitats essenciais para a termorregulação, por exemplo, dos animais.
- Os efeitos potenciais das mudanças climáticas afetarão a distribuição geográfica do nicho climático de *S. flavius*, resultando em áreas com maior adequabilidade climática na porção mais ao norte da sua distribuição. Além disso, populações que habitam a

região mais ao sul da distribuição (grande parte do estado de Alagoas, Brasil) estarão mais expostas as mudanças climáticas.

- O nicho climático projetado para o futuro dentro das áreas importantes para a conservação de *A. ululata* sofrerá uma diminuição espacial devido as mudanças climáticas. Assim, populações que habitam as áreas de caatinga arbórea, cerrado e cerradão na região norte do Piauí enfrentarão de forma mais intensa os efeitos das mudanças climáticas.

Incentivar, fomentar e investir em projetos de pesquisa de longo prazo que envolvam populações do macaco-prego-galego (*Sapajus flavius*) e da guariba-da-caatinga (*Alouatta ululata*). O desenvolvimento de pesquisas de longo prazo possibilita descobertas muito relevantes sobre as espécies-alvo e o ambiente que estes animais vivem, possibilitando tomadas de decisão mais eficientes (e.g., taxa de natalidade e mortalidade, tempo geracional, registro de doenças, diminuição e/ou aumento de fontes de alimentos e resposta a fenômenos catastróficos). Além disso, o estudo contínuo aumenta a possibilidade de registros comportamentais e/ou ecológicos anedóticos e raros.

Promover ações concretas e duradoras de educação e conscientização ambiental. Tais ações devem envolver as comunidades locais, o poder público local e pesquisadores(as). Assim, é possível combater a caça e a manutenção em cativeiro (como *pet*) de macacos-prego-galego e de guaribas-da-caatinga.

Estimular a criação de unidades conservação em áreas de ocorrências e/ou prioritárias para a conservação das espécies-alvo, considerando o nicho climático projetado para o futuro. Para tal, por exemplo, é importante localizar proprietários(as) de terras que queiram criar nas suas propriedades Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), por exemplo. Também é relevante estimular a criação de unidades conservação municipais, estaduais ou federais que promovam a conservação das espécies-alvo de forma efetiva.

Fornecer alternativas de utilização da terra. Para tal, é necessário promover o envolvimento das comunidades locais, proprietários de terra, poder público, iniciativas privadas e cientistas para encontrar alternativas locais mais equilibradas entre a agricultura ou agropecuária e a conservação ambiental. Assim, seria importante qualificar as pessoas em atividades menos impactantes para o meio ambiente. Por exemplo, sistema agroflorestais (SAFs), apicultura e turismo de contemplação.

Retirar animais domésticos (principalmente, cães e gatos) de áreas de ocorrências das espécies-alvo. A presença desses animais domésticos impossibilita o uso do chão e/ou estratos mais baixos da floresta por parte dos macacos-prego-galego e das guaribas-da-caatinga. Isso dificulta a termorregulação desses animais nas horas mais quentes do dia, por exemplo.

Manter os remanescentes florestais existentes com árvores bem desenvolvidas. Esta estrutura florestal permite existência de uma maior variedade de micro-habitats ao longo dos estratos florestais. Isso facilita a termorregulação das espécies-alvo, por exemplo. Estratégia necessária para os cenários futuros de mudanças climáticas.

Plantação e/ou manutenção de árvores fonte de alimento para as espécies-alvo. Para a guariba-da-caatinga plantas como a miridiba (*Buchenavia tomentosa*), a faveira (*Parkia platycephala*) e o marfim (*Agonandra brasiliensis*) são importantes fontes de alimento para esses animais. No caso do macaco-prego-galego, a cupiúba (*Tapirira guianensis*) é uma fonte alimento muito relevantes para esta espécie.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. *et al.* Feeding ecology and behavioral adjustments: flexibility of a small neotropical primate (*Callithrix jacchus*) to survive in a semiarid environment. **Mammal Research**, [S. l.], v. 61, n. 3, p. 221-229, 2016.
- AGORAMOORTHY, G.; HSU, M. J. Use of nonhuman primates in entertainment in Southeast Asia. **Journal of Applied Animal Welfare Science**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 141-149, 2005.
- ALFARO, J. W. L.; SILVA JR, J. D. S.; RYLANDS, A. B. How different are robust and gracile capuchin monkeys? An argument for the use of *Sapajus* and *Cebus*. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 74, n. 4, p. 273-286, 2012.
- ALLABY, M. **ANIMALS: From mythology to zoology**. 1 ed. New York: Facts On File, 2010. 209 p. ISBN 978-0816061013.
- ALONSO-CASTRO, Á. J. Use of medicinal fauna in Mexican traditional medicine. **Journal of Ethnopharmacology**, [S. l.], v. 152, n. 1, p. 53-70, 2014.
- ALVES, R. R. N. Fauna used in popular medicine in Northeast Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 1-11, 2009.
- ALVES, R. R. N. Relationships between fauna and people and the role of ethnozoology in animal conservation. **Ethnobiology and conservation**, [S. l.], v. 1, p. 1-69, 2012.
- ALVES, R. R. N.; MOTA, E. L. S.; DIAS, T. L. P. Use and commercialization of animals as decoration. *In*: ALVES, R. R. N.; ALBUQUERQUE, U. P. **Ethnozoology: Animals in Our Lives**. 1 ed. London: Academic Press – Elsevier, 2018, Bibliography: p. 261-275.
- ALVES, R. R. N.; OLIVEIRA, T. P. R.; MEDEIROS, M. F. T. Trends in medicinal uses of edible wild vertebrates in Brazil. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, [S. l.], v. 2017, p. 1-22, 2017.
- ALVES, R. R. N.; ROSA, I. M. L. Biodiversity, traditional medicine and public health: where do they meet?. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 1-9, 2007.
- ALVES, R. R. N.; SOUTO, W. M. S.; BARBOZA, R. R. D. Primates in traditional folk medicine: a world overview. **Mammal Review**, [S. l.], v. 40, n. 2, p. 155-180, 2010.
- ALVES R. R. N.; SOUTO W. M. S.; BARBOZA R. R. D. The role of nonhuman primates in religious and folk medicine beliefs. *In*: Waller M. T. **Ethnoprimatology: primate conservation in the 21st century**. 1 ed. Switzerland: Springer, 2016, Bibliography: p 117–135.
- AMATO, K. R.; ESTRADA, A. Seed dispersal patterns in two closely related howler monkey species (*Alouatta palliata* and *A. pigra*): a preliminary report of differences in fruit consumption,

traveling behavior, and associated dung beetle assemblages. **Neotropical Primates**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 59-66, 2010.

ANDERSSON, L. Domestic animals as models for biomedical research. **Upsala Journal of Medical Sciences**, [S. l.], v. 121, n. 1, p. 1-11, 2016.

ANDRADE, B. M. T.; FREIRE-FILHO, R.; BEZERRA, B. The behaviours of a female blonde capuchin (*Sapajus flavius*) towards her dead infant. **Behaviour**, [S. l.], v. 157, n. 14-15, p. 1231-1238, 2020.

BASTOS, M. *et al.* Vocal repertoire of wild blonde capuchins (*Sapajus flavius*) and contextual use of calls. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 77, n. 6, p. 605-617, 2015.

BASTOS, M. *et al.* Small but wise: Common marmosets (*Callithrix jacchus*) use acoustic signals as cues to avoid interactions with blonde capuchin monkeys (*Sapajus flavius*). **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 80, n. 3, p. e22744, 2018.

BERGIN, D.; ATOUSSI, S.; WATERS, S. Online trade of Barbary macaques *Macaca sylvanus* in Algeria and Morocco. **Biodiversity and Conservation**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 531-534, 2018.

BEZERRA, B. M. *et al.* Camera trap observations of nonhabituated critically endangered wild blonde capuchins, *Sapajus flavius* (formerly *Cebus flavius*). **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 35, n. 5, p. 895-907, 2014.

BICCA-MARQUES, J. C.; CALEGARO-MARQUES, C. Exotic plant species can serve as staple food sources for wild howler populations. **Folia Primatologica**, [S. l.], v. 63, n. 4, p. 209-211, 1994.

BICCA-MARQUES, J. C.; SILVA, V. M.; GOMES, D. F. Ordem Primates. In: Cheida C. C.; Nakano-Oliveira E.; Fusco-Costa R.; Rocha-Mendes F.; Quadros J. **Mamíferos do Brasil**. 1 ed. Londrina: Sociedade Brasileira de Zoologia, 2006, Bibliografia: p. 101 – 148.

BONVICINO, C. R. Ecologia e comportamento de *Alouatta belzebul* (Primates: Cebidae) na Mata Atlântica. **Revista Nordestina de Biologia**, [S. l.], v. 6, p. 149-179, 1989.

BUSTAMANTE-MANRIQUE, S. *et al.* Activity budget, home range and diet of the Colombian night monkey (*Aotus lemurinus*) in peri-urban forest fragments. **Primates**, [S. l.], v. 62, n. 3, p. 529-536, 2021.

BUTT, N. *et al.* Cascading effects of climate extremes on vertebrate fauna through changes to low-latitude tree flowering and fruiting phenology. **Global Change Biology**, [S. l.], v. 21, n. 9, p. 3267-3277, 2015.

CAMPOS, F. A. *et al.* Does climate variability influence the demography of wild primates? Evidence from long-term life-history data in seven species. **Global change biology**, [S. l.], v. 23, n. 11, p. 4907-4921, 2017.

CARVALHO, J. S. *et al.* A global risk assessment of primates under climate and land use/cover scenarios. **Global Change Biology**, [S. l.], v. 25, n. 9, p. 3163-3178, 2019.

CORRÊA, F. M. *et al.* Surviving in the urban–rural interface: Feeding and ranging behavior of brown howlers (*Alouatta guariba clamitans*) in an urban fragment in southern Brazil. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 80, n. 6, p. e22865, 2018.

CORMIER, L. A. Monkey as food, monkey as child: Guajá symbolic cannibalism. *In*: Fuentes, A.; Wolfe, L. D. **Primates face to face**. 1 ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2002, Bibliography: p 63-84. ISBN 9780521791090.

CHARLES-DOMINIQUE, P. Feeding strategy and activity budget of the frugivorous bat *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae) in French Guiana. **Journal of Tropical Ecology**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 243-256, 1991.

CROCKETT, C. M. Conservation biology of the genus *Alouatta*. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 549-578, 1998.

DANIELSEN, F. *et al.* Environmental monitoring: the scale and speed of implementation varies according to the degree of people involvement. **Journal of Applied Ecology**, [S. l.], v. 47, n. 6, p. 1166-1168, 2010.

DE OLIVEIRA, S. G.; LYNCH ALFARO, J. W.; VEIGA, Liza M. Activity budget, diet, and habitat use in the critically endangered Ka'apor capuchin monkey (*Cebus kaapori*) in Pará State, Brazil: A preliminary comparison to other capuchin monkeys. **American journal of primatology**, [S. l.], v. 76, n. 10, p. 919-931, 2014.

DIETZ, T.; SHWOM, R. L.; WHITLEY, C. T. Climate change and society. **Annual Review of Sociology**, [S. l.], v. 46, n. 1, p. 135-58, 2020.

DU PLESSIS, J. A.; SCHLOMS, B. An investigation into the evidence of seasonal rainfall pattern shifts in the Western Cape, South Africa. **Journal of the South African Institution of Civil Engineering**, [S. l.], v. 59, n. 4, p. 47-55, 2017.

DUNCAN, R. P.; BLACKBURN, T. M.; WORTHY, T. H. Prehistoric bird extinctions and human hunting. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B**, [S. l.], v. 269, n. 1490, p. 517-521, 2002.

EAMES, J. C.; ROBSON, C. R. Threatened primates in southern Vietnam. **Oryx**, [S. l.], v. 27, n. 3, p. 146-154, 1993.

EL ALAMI, A. *et al.* Differences in activity budgets and diet between semiprovisioned and wild-feeding groups of the endangered Barbary Macaque (*Macaca sylvanus*) in the Central High Atlas Mountains, Morocco. **American journal of primatology**, [S. l.], v. 74, n. 3, p. 210-216, 2012.

ESTRADA, A.; GARBER, P.A. Principal Drivers and Conservation Solutions to the Impending Primate Extinction Crisis: Introduction to the Special Issue. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 43, n. 1, p. 1–14, 2022.

ESTRADA, A.; GARBER, P. A.; CHAUDHARY, A. Expanding global commodities trade and consumption place the world's primates at risk of extinction. **PeerJ**, [S. l.], v. 7, n. 8, p. e7068, 2019.

ESTRADA, A. *et al.* Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. **Science advances**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. e1600946, 2017.

FA, J. E.; BROWN, D. Impacts of hunting on mammals in African tropical moist forests: a review and synthesis. **Mammal Review**, [S. l.], v. 39, n. 4, p. 231-264, 2009.

FASHING, P. J. Activity and ranging patterns of guerezas in the Kakamega Forest: intergroup variation and implications for intragroup feeding competition. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 22, n. 4, p. 549-577, 2001.

FERNÁNDEZ, J. *et al.* Comparative Stress Response of Black and Gold Howler Monkey (*Alouatta caraya*) in Urban and Rural Environments of Northern Argentina. **Folia Primatologica**, [S. l.], v. 92, n. 4, p. 227-234, 2021.

FERREIRA, R. G. *et al.* On the occurrence of *Cebus flavius* (Schreber 1774) in the Caatinga, and the use of semi-arid environments by *Cebus* species in the Brazilian state of Rio Grande do Norte. **Primates**, [S. l.], v. 50, n. 4, p. 357-362, 2009.

FIALHO, M.; LUDWIG, G.; VALENÇA-MONTENEGRO, M. M. Legal international trade in live neotropical primates originating from South America. **Primate Conservation**, [S. l.], v. 30, p. 1-6, 2016.

FIALHO, M. *et al.* Ocorrência de *Sapajus flavius* e *Alouatta belzebul* no Centro de Endemismo Pernambuco. **Neotropical Primates**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 214-218, 2014.

FIALHO, M. S. *et al.* *Alouatta ululata*. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T918A190435652. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T918A190435652.en>. Acessado em 05 de abril de 2022.

FREIRE FILHO, A. R. G. **Efeitos potenciais de mudanças climáticas no padrão de atividades do macaco-prego-galego, *Sapajus flavius* (Mammalia: Cebidae)**. 2018. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

FREIRE FILHO, R. *et al.* Uses of nonhuman primates by humans in northeastern Brazil. **Primates**, [S. l.], v. 62, p. 777–788, 2021a.

FREIRE FILHO, R.; PALMEIRIM, J. M. Potential distribution of and priority conservation areas for the Endangered Caatinga howler monkey *Alouatta ululata* in north-eastern Brazil. **Oryx**, [S. l.], v. 54, n. 6, p. 794-802, 2019.

FREIRE FILHO, R.; PINTO, T.; BEZERRA, B. M. Using local ecological knowledge to access the distribution of the Endangered Caatinga howler monkey (*Alouatta ululata*). **Ethnobiology and Conservation**, [S. l.], v. 7, n. 10, p. 1-22, 2018.

FREIRE FILHO, R.; ANDRADE, B. M. T.; BEZERRA, B. Trash, tasty and healthy: the red-back agouti (*Dasyprocta iacki*) feed on leftovers from blonde capuchins (*Sapajus flavius*). **Tropical Ecology**, [S. l.], v. 62, n. 1, p. 149-152, 2021b.

FRIEDMAN, H. *et al.* The critical role of nonhuman primates in medical research. **Pathogens & Immunity**, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 352, 2017.

FULLER, A. *et al.* How dryland mammals will respond to climate change: the effects of body size, heat load and a lack of food and water. **Journal of Experimental Biology**, [S. l.], v. 224, p. jeb238113, 2021.

FUENTES, A. Human-nonhuman primate interconnections and their relevance to anthropology. **Ecological and Environmental Anthropology**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 1–11, 2006.

FUENTES, A.; HOCKINGS, K. J. The ethnoprimateological approach in primatology. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 72, n. 10, p. 841-847, 2010.

FUENTES, A.; WOLFE, L. D. **Primates face to face: Conservation implications of humannonhuman primate interconnections**. 1 ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

GABRIEL, D. N. Habitat use and activity patterns as an indication of fragment quality in a strepsirrhine primate. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 34, n. 2, p. 388-406, 2013.

GALÁN-ACEDO, C. *et al.* Ecological traits of the world's primates. **Scientific Data**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 1-5, 2019.

GARBARINI, N. Primates as a model for research. **Disease Models & Mechanisms**, [S. l.], v. 3, n. 1-2, p. 15-19, 2010.

GARBER, P. A. Advocacy and activism as essential tools in primate conservation. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 43, n. 1, p. 168-184, 2022.

GARCIA, F. *et al.* First steps towards conservation of the Endangered blonde capuchin monkey *Sapajus flavius* in the Caatinga dry forest, Brazil. **Oryx**, [S. l.], v. 54, n. 6, p. 762-762, 2020.

GIRALDO, P. *et al.* Resource use and seed dispersal by red howler monkeys (*Alouatta seniculus*) in a Colombian Andean forest. **Neotropical Primates**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 55-64, 2007.

GOGARTEN, J. F. *et al.* Increasing group size alters behavior of a folivorous primate. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 35, n. 2, p. 590-608, 2014.

GOUVEIA, S. F. *et al.* Climate and land use changes will degrade the configuration of the landscape for titi monkeys in eastern Brazil. **Global Change Biology**, [S. l.], v. 22, n. 6, p. 2003-2012, 2016.

GRAHAM, T. L.; MATTHEWS, H. D.; TURNER, S. E. A global-scale evaluation of primate exposure and vulnerability to climate change. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 37, n. 2, p. 158-174, 2016

GREGORIN, R. Taxonomia e variação geográfica das espécies do gênero *Alouatta* Lacépède (Primates, Atelidae) no Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, [S. l.], v. 23, p. 64-144, 2006.

GROVES, C. P. **Primate Taxonomy**. 1 ed. Washington: Smithsonian Institution Press, 2001. ISBN 978-1560988724.

GROVES, C. P. Family Atelidae. *In*: WILSON, D. E.; REEDER, D. M. **Mammal Species of the World. A taxonomic and geographic reference**. 1 ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2005, Bibliography: p. 148 – 151. ISBN 0-8018-8221-4.

GUO, S.; LI, B.; WATANABE, K. Diet and activity budget of *Rhinopithecus roxellana* in the Qinling Mountains, China. **Primates**, [S. l.], v. 48, n. 4, p. 268-276, 2007.

GUZMÁN, A. *et al.* Agroecosystems and primate conservation: Shade coffee as potential habitat for the conservation of Andean night monkeys in the northern Andes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S. l.], v. 215, p. 57-67, 2016.

HAMERNIK, D. L. Farm animals are important biomedical models. **Animal Frontiers**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 3-5, 2019.

HANNA, E. *et al.* Greenland surface air temperature changes from 1981 to 2019 and implications for ice-sheet melt and mass-balance change. **International Journal of Climatology**, [S. l.], v. 41, p. E1336-E1352, 2021.

HANNAH, L. *et al.* Conservation of biodiversity in a changing climate. **Conservation Biology**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 264-268, 2002.

HAUSTEIN, K. *et al.* A real-time global warming index. **Scientific reports**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 1-6, 2017.

HANYA, G. Seasonal variations in the activity budget of Japanese macaques in the coniferous forest of Yakushima: effects of food and temperature. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 63, n. 3, p. 165-177, 2004.

HEESEN, M. *et al.* Food abundance affects energy intake and reproduction in frugivorous female Assamese macaques. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, [S. l.], v. 67, n. 7, p. 1053-1066, 2013.

IPBES. **Global Assessment of Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services**. Bonn, IPBES, 2019.

IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, IPCC, 2021.

ISAAC, J. L. Effects of climate change on life history: implications for extinction risk in mammals. **Endangered Species Research**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 115-123, 2009.

ISBELL, L. A.; YOUNG, T. P. Social and ecological influences on activity budgets of vervet monkeys, and their implications for group living. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, [S. l.], v. 32, n. 6, p. 377-385, 1993.

ITIS. **Integrated Taxonomic Information System, Order Primates**. 2021. Disponível em https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=180089#null. Acessado em 03 jan. 2023.

IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**. 2021. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/search/list?taxonomies=100091&searchType=species>. Acessado em 03 jan. 2023.

JENTSCH, A. *et al.* Beyond gradual warming: extreme weather events alter flower phenology of European grassland and heath species. **Global Change Biology**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 837-849, 2009.

KAMILAR, J. M.; BEAUDROT, L. Effects of environmental stress on primate populations. **Annual Review of Anthropology**, [S. l.], v. 47, p. 417-434, 2018.

KAMILAR, J. M.; COOPER, N. Phylogenetic signal in primate behaviour, ecology and life history. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, [S. l.], v. 368, n. 1618, p. 1-10, 2013.

KEMMERER, L. **Animals and world religions**. 1 ed. Oxford: Oxford University Press, 2011. 362 p. ISBN 978-0199790685.

KORSTJENS, A. H.; HILLYER, A. P. Primates and climate change: A review of current knowledge. In: Wich S. A.; Marshall A. J. **An introduction to primate conservation**. 1 ed. Oxford: Oxford University Press, 2016, Bibliography: p. 175–192.

KOWALEWSKI, M. M. *et al.* Black and gold howler monkeys (*Alouatta caraya*) as sentinels of ecosystem health: patterns of zoonotic protozoa infection relative to degree of human–primate contact. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 73, n. 1, p. 75-83, 2011.

LE ROUX, M. C.; WRIGHT, S. The relationship between pet attachment, life satisfaction, and perceived stress: Results from a South African online survey. **Anthrozoös**, [S. l.], v. 33, n. 3, p. 371-385, 2020.

LEICHENKO, R.; O'BRIEN, K. Teaching climate change in the Anthropocene: An integrative approach. **Anthropocene**, [S. l.], v. 30, p. 100241, 2020.

LEIGHTY, K. A. *et al.* Impact of visual context on public perceptions of non-human primate performers. **PloS one**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. e0118487, 2015.

LOUSA, T. C.; DE GRANDE, T. O.; MENDES, F. D. C. Time budget and foraging strategies of two provisioned groups of tufted capuchin monkeys, *Sapajus libidinosus*, in a small, seasonal urban forest fragment. **Primates**, [S. l.], v. 63, n. 4, p. 1387-395, 2022.

MAJOLO, B. *et al.* The effect of climatic factors on the activity budgets of Barbary macaques (*Macaca sylvanus*). **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 34, n. 3, p. 500-514, 2013.

MALHI, Y. *et al.* Climate change and ecosystems: Threats, opportunities and solutions. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, [S. l.], v. 375, n. 1794, p. 20190104, 2020.

MARCGRAVE, G. *Historiae de quadrupedibus et serpentibus, Libri VI.* In: PISONIS G.; MARCGRAVE G. **Historiae rerum naturalium brasiliae**. 1 ed1 Leiden: Ioanes de Laet, Elsevier, 1648, Bibliography: p. 221-244.

MARTINS, W. P. *et al.* Diet, activity patterns, and home range use in forest and cultivated areas for one wild group of endangered crested capuchin monkeys (*Sapajus robustus*) in Reserva Natural Vale, Espírito Santo, Brazil. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 84, n. 8, p. 1-16, 2022.

MASSETI, M.; VERACINI, C. The first record of Marcgrave's capuchin in Europe: South American monkeys in Italy during the early sixteenth century. **Archives of Natural History**, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 91-101, 2010.

MATSUDA, I.; TUUGA, A.; HIGASHI, S. The feeding ecology and activity budget of proboscis monkeys. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 71, n. 6, p. 478-492, 2009.

MCLENNAN, M. R.; SPAGNOLETTI, N.; HOCKINGS, K. J. The implications of primate behavioral flexibility for sustainable human–primate coexistence in anthropogenic habitats. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 38, n. 2, p. 105-121, 2017.

MEDEIROS, K. **Ecologia comportamental do macaco-prego-galego (*Sapajus flavius*) em um mosaico de Floresta Atlântica no Nordeste brasileiro: manguezal, várzea e terra firme**. 2017. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

MEDEIROS, K. *et al.* Behavior, diet, and habitat use by blonde capuchin monkeys (*Sapajus flavius*) in a coastal area prone to flooding: direct observations and camera trapping. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 40, n. 4, p. 511-531, 2019.

MEDINA, R. G. *et al.* Potential effects of climate change on a Neotropical frog genus: changes in the spatial diversity patterns of *Leptodactylus* (Anura, Leptodactylidae) and implications for their conservation. **Climatic Change**, [S. l.], v. 161, n. 4, p. 535-553, 2020.

MENDES PONTES, A. R.; MALTA, A.; ASFORA, P. H. A new species of capuchin monkey, genus *Cebus* Erxleben (Cebidae, Primates): found at the very brink of extinction in the Pernambuco Endemism Centre. **Zootaxa**, [S. l.], v. 1200, n. 1, p. 1–12-1–12, 2006.

MEYER, A. L. S.; PIE, M. R.; PASSOS, F. C. Assessing the exposure of lion tamarins (*Leontopithecus* spp.) to future climate change. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 76, n. 6, p. 551-562, 2014.

MITTERMEIER R. A. *et al.* **The World's 25 Most Endangered Primates 2010–2012**. Arlington: IUCN/Primate Specialist Group (PSG), International Primatological Society, and Conservation International, 2012. 40 p.

MORAES, B. *et al.* Habitat suitability for primate conservation in north-east Brazil. **Oryx**, [S. l.], v. 54, n. 6, p. 803-813, 2020.

MORI, E. *et al.* Worldwide distribution of non–native Amazon parrots and temporal trends of their global trade. **Animal Biodiversity and Conservation**, [S. l.], v. 40, n. 1, p. 49-62, 2017.

MORROW, K. S.; JAMESON, K. A.; TRINIDAD, J. S. Primates in film. **The International Encyclopedia of Primatology**, [S. l.], p. 1-12, 2017.

NAHALLAGE, C. A. D. *et al.* Diurnal primates in Sri Lanka and people's perception of them. **Primate Conservation**, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 81-87, 2008.

NARINS, P. M.; MEENDERINK, S. W. F. Climate change and frog calls: long-term correlations along a tropical altitudinal gradient. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, [S. l.], v. 281, n. 1783, p. 20140401, 2014.

NECO, E. C. **Interações sociais em um grupo de macaco-prego-galego *Sapajus flavius* (Schreber, 1774) sob competição induzida por alimento, em área de Floresta Atlântica na Paraíba.** 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

NEKARIS, K. A. I. Activity budget and positional behavior of the Mysore slender loris (*Loris tardigradus lydekkerianus*): implications for slow climbing locomotion. **Folia Primatologica**, [S. l.], v. 72, n. 4, p. 228-241, 2001.

NIJMAN, V. *et al.* Primate conservation: measuring and mitigating trade in primates. **Endangered Species Research**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 159-161, 2011.

NORCONK, M. A. *et al.* Reducing the primate pet trade: Actions for primatologists. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 82, n. 1, p. e23079, 2020.

OLIVEIRA, M. M. *et al.* Mapeamento das áreas de ocorrência de *Alouatta ululata*-Etapa Ceará. In: Bicca-Marques J. C. **A primatologia do Brasil**. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Primatologia, 2007, Bibliografia: p. 151 -161.

OLIVEIRA, M.; LANGGUTH, A. Rediscovery of Marcgrave's capuchin monkey and designation of a neotype for *Simia flavia* Schreber, 1774 (Primates, Cebidae). **Boletim do Museu Nacional**, [S. l.], v. 523, p. 1-16, 2006.

PARMESAN, C. Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. **Global Change Biology**, [S. l.], v. 13, n. 9, p. 1860-1872, 2007.

PARMESAN, C.; YOHE, G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. **Nature**, [S. l.], v. 421, n. 6918, p. 37-42, 2003.

PAVÉ, R. *et al.* Nectar feeding on an exotic tree (*Grevillea robusta*) by *Alouatta caraya* and its possible role in flower pollination. **Neotropical Primates**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 61-64, 2009.

PBMC. **Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo do GT1.** Rio de Janeiro: Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, PBMC, 2013.

PEREIRA, R. C.; COSTA-LOTUFO, L. V. Bioprospecting for bioactives from seaweeds: potential, obstacles and alternatives. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [S. l.], v. 22, p. 894-905, 2012.

PHILLIPS, K. A. *et al.* Why primate models matter. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 76, n. 9, p. 801-827, 2014.

PINHEIRO, T.; FERRARI, S. F.; LOPES, M. A. Activity budget, diet, and use of space by two groups of squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) in eastern Amazonia. **Primates**, [S. l.], v. 54, n. 3, p. 301-308, 2013.

PINTO, T.; ROBERTO, I. J. **Conservation of the Caatinga Howler Monkey, Brazil: Final Report.** Conservation Leadership Programme. 2011. 26 p.

POVILL, C. *et al.* Phylogenetic relationships, population demography, and species delimitation of the *Alouatta belzebul* species complex (Atelidae: Alouattinae). **Primates**, [S. l.], v. 63, p- 65–78, 2022.

PRATES, H. M.; BICCA-MARQUES, J. C. Age-sex analysis of activity budget, diet, and positional behavior in *Alouatta caraya* in an orchard forest. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 29, n. 3, p. 703-715, 2008.

PRINTES, R. C. *et al.* The Urban Monkeys Program: a survey of *Alouatta clamitans* in the south of Porto Alegre and its influence on land use policy between 1997 and 2007. **Primate Conservation**, [S. l.], v. 2010, n. 25, p. 11-19, 2010.

RAVOSA, M. J.; ROSS, C. F. Craniodental allometry and heterochrony in two howler monkeys: *Alouatta seniculus* and *A. palliata*. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 33, n. 4, p. 277-299, 1994.

RIPPLE, W. J. *et al.* Bushmeat hunting and extinction risk to the world's mammals. **Royal Society Open Science**, [S. l.], v. 3, n. 10, p. 160498, 2016.

ROSENZWEIG, C. *et al.* Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. **Nature**, [S. l.], v. 453, n. 7193, p. 353-357, 2008.

RUPPERT, N. *et al.* Activity budgets and habitat use of wild southern pig-tailed macaques (*Macaca nemestrina*) in oil palm plantation and forest. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 39, n. 2, p. 237-251, 2018.

SALES, L. *et al.* Multiple dimensions of climate change on the distribution of Amazon primates. **Perspectives in Ecology and Conservation**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 83-90, 2020.

SCHREIER, A. L. *et al.* Mantled howler monkeys (*Alouatta palliata*) in a Costa Rican forest fragment do not modify activity budgets or spatial cohesion in response to anthropogenic edges. **Folia Primatologica**, [S. l.], v. 92, n. 1, p. 49-57, 2021.

SOJA, A. J. *et al.* Climate-induced boreal forest change: predictions versus current observations. **Global and Planetary Change**, [S. l.], v. 56, n. 3-4, p. 274-296, 2007.

SOLGA, M. J.; HARMON, J. P.; GANGULI, A. C. Timing is everything: an overview of phenological changes to plants and their pollinators. **Natural Areas Journal**, [S. l.], v. 34, n. 2, p. 227-234, 2014.

SOUTO, A. *et al.* Critically endangered blonde capuchins fish for termites and use new techniques to accomplish the task. **Biology Letters**, [S. l.], v. 7, n. 4, p. 532-535, 2011.

STEFFEN, W. *et al.* Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [S. l.], v. 115, n. 33, p. 8252-8259, 2018.

STEWART, B. M.; TURNER, S. E.; MATTHEWS, H. D. Climate change impacts on potential future ranges of non-human primate species. **Climatic Change**, [S. l.], v. 162, n. 4, p. 2301-2318, 2020.

STRIER, K. B. Atelinae adaptations: behavioral strategies and ecological constraints. **American Journal of Physical Anthropology**, [S. l.], v. 88, n. 4, p. 515-524, 1992.

STRUM, S. C. The development of primate raiding: implications for management and conservation. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 133-156, 2010.

TABARELLI, M. *et al.* Fragmentação e perda de habitats na Mata Atlântica ao norte do Rio São Francisco. In: SIQUEIRA FILHO, J. A.; LEME, E. M. C. **Fragmentos de Mata Atlântica do Nordeste: Biodiversidade, Conservação e suas Bromélias**. 1 ed. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio, 2006, Bibliografia: p. 81-99.

TABARELLI, M. *et al.* Effects of pioneer tree species hyperabundance on forest fragments in northeastern Brazil. **Conservation Biology**, [S. l.], v. 24, n. 6, p. 1654-1663, 2010.

TEICHROEB, J. A. *et al.* Effect of group size on activity budgets of *Colobus vellerosus* in Ghana. **International Journal of Primatology**, [S. l.], v. 24, n. 4, p. 743-758, 2003.

TORRES, L. B. *et al.* The use of new world primates for biomedical research: an overview of the last four decades. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 72, n. 12, p. 1055-1061, 2010.

TROWELL, S. Drugs from bugs: the promise of pharmaceutical entomology. **The Futurist**, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 17, 2003.

VALENÇA-MONTENEGRO, M. **Ecologia de *Cebus flavius* (Schreber, 1774) em remanescentes de Mata Atlântica no estado da Paraíba**. 2011. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

VALENÇA-MONTENEGRO, M. M. *et al.* **Avaliação do Risco de Extinção de *Sapajus flavius* (Schreber, 1774) no Brasil**. 2015. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/estado-de-conservacao/7272-mamiferos-sapajus-flavius-macaco-prego-galego>. Acessado em 05 de abril de 2022.

VALENÇA-MONTENEGRO, M. M. *et al.* ***Sapajus flavius***. 2021a. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T136253A192592928. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T136253A192592928.en>. Acessado em 05 de abril de 2022.

VALENÇA-MONTENEGRO, M. M. et al. *Alouatta belzebul*. 2021b. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T39957A190412426. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T39957A190412426.en>. Acessado em 05 de abril de 2022.

VIANA, M. C. et al. Understanding the relationship between *Alouatta ululata* and *Alouatta belzebul* (Primates: Atelidae) based on cytogenetics and molecular phylogeny. **Oecologia Australis**, [S. l.], v. 19, p. 173-182, 2015.

WASSMANN, P. et al. Footprints of climate change in the Arctic marine ecosystem. **Global change biology**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 1235-1249, 2011.

WICH, S. A.; MARSHALL, A. J. **An introduction to primate conservation**. 1 ed. Oxford: Oxford University Press, 2016. 302 p. ISBN 978-0198703396.

WIEDERHOLT, R.; POST, E. Tropical warming and the dynamics of endangered primates. **Biology Letters**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 257-260, 2010.

ZÁRATE, D. A. et al. Black howler monkey (*Alouatta pigra*) activity, foraging and seed dispersal patterns in shaded cocoa plantations versus rainforest in southern Mexico. **American Journal of Primatology**, [S. l.], v. 76, n. 9, p. 890-899, 2014.

ZEEBE, R. E.; RIDGWELL, A.; ZACHOS, J. C. Anthropogenic carbon release rate unprecedented during the past 66 million years. **Nature Geoscience**, [S. l.], v. 9, n. 4, p. 325-329, 2016.

ZHANG, L. et al. Global assessment of primate vulnerability to extreme climatic events. **Nature Climate Change**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. 554-561, 2019.

APÊNDICE A - USES OF NONHUMAN PRIMATES BY HUMANS IN NORTHEASTERN BRAZIL

Observação: Esse artigo é fruto de uma colaboração com outros pesquisadores no decorrer do doutorado e já foi publicado no formato de artigo na revista *Primates* no dia 29 de maio de 2021. A referência completa da publicação é: Freire Filho, R., de Castro, C.S.S., Casanova, C. Bezerra, B. M. Uses of nonhuman primates by humans in northeastern Brazil. *Primates* 62, 777–788 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10329-021-00919-5>. O texto do artigo reflete o artigo publicado, sendo apenas suprimidas algumas partes e ajustadas outras para seguir a formatação da tese (por exemplo, o abstract, agradecimentos, detalhamento de financiamento e aspectos éticos foram todos suprimidos do artigo). Apesar do artigo já ter sido publicado, este contém os ajustes pertinentes sugeridos pela banca de doutorado.

INTRODUCTION

There is a vast accumulation of knowledge on primate behavioural ecology resulting from a long history of interactions between humans and other primates. These interactions also threatened many species' survival (ALVES; SOUTO, 2011; CHI *et al.*, 2014; FERNANDES-FERREIRA; ALVES, 2017; RAMOS; PEZZUTI; VIEIRA, 2016). Overhunting to obtain animals and their parts has led to a severe decline of several animal populations (CONSTANTINO, 2019; RIPPLE *et al.*, 2016). The body size of a species plays an essential role in the choices considered by the hunters. Hunters prefer to capture large animals (CULLEN; BODMER; PÁDU, 2001). Such prey may be easier to detect and provide a more substantial meat reward (DA SILVA NETO *et al.*, 2017; PERES, 1990). This targeted selection can lead to local extinctions of various medium and large species, including primates, directly affecting ecological services such as dispersal of large seeds (ALVES *et al.*, 2016; BARBOZA, 2013; CONSTANTINO, 2019; PERES, 1990).

Scientists have used traditional and local ecological knowledge to understand humans' interactions with their environments (GRAY *et al.*, 2017). Traditional ecological knowledge (TEK) can be defined as information, practice, and belief, culturally transmitted from generation to generation (BERKES, 1993; BERKES; FOLKE; GADGIL, 1995). Although Local Ecological Knowledge (LEK) can become Traditional Ecological Knowledge, it can include recently created knowledge shared among the local resource users (Charnley; Fischer; Jones, 2007). TEK and LEK have been used to guide management and conservation strategies for several species, including common eider (*Somateria mollissima sedentaria*), harlequin ducks (*Histrionicus histrionicus*), hammerhead sharks (*Sphyrna* spp.), and golden langurs (*Trachypithecus geei*) (ALVES 2012; GILCHRIST; MALLORY; MERKEL, 2005; RASALATO; MAGINNITY; BRUNNSCHWEILER, 2010; THINLEY, *et al.* 2020).

TEK and LEK have also been useful for obtaining new information on the distribution and abundance of species including, caatinga howler monkey (*Alouatta ululata*), snub-nosed monkey (*Rhinopithecus strykeri*), forest elephant (*Loxodonta cyclotis*), and the terrestrial tortoise (*Testudo graeca*) (ANADÓN; GIMÉNEZ; BALLESTAR, 2010; BRITTAIN *et al.*, 2020; CHI *et al.*, 2014; FREIRE FILHO; PINTO; BEZERRA, 2018; RASALATO; MAGINNITY; BRUNNSCHWEILER, 2010). Nutrition, clothing, tools, medicine, magical and religious rituals are contexts where humans use primate parts (ALVES, 2012; ALVES; CASANOVA; SOUSA;

COSTA, 2014; PERES, 1990; ROSA, 2012). For example, in popular medicine, humans have used howler monkey parts in Northeast Brazil to treat whooping cough, sore throat, and asthma - to cure such illnesses, a person may drink water using the hyoid bone as a cup in a religious ritual (ALVES; SANTANA; ROSA, 2013). In Amazonian upland forest sites, large-bodied primates (*i.e.*, *Alouatta*, *Ateles* and *Lagothrix*) are an important source of meat to the local communities (PERES, 1990). In some tribes of Ghana (Africa), both *Colobus vellerosus* and *Cercopithecus campbelli lowei* are considered children of the gods that protect the villages (ALVES, SOUTO, BARBOZA, 2016; APPIAH-OPOKU, 2007). In Guinea-Bissau, chimpanzees (*Pan troglodytes verus*) are considered distant family members and also blacksmiths that God punished because they did not rest on Sundays, and thus, were condemned to live in the forest (CASANOVA, 2008; CASANOVA; SOUSA; COSTA, 2014).

The precarious socioeconomic conditions of northeastern Brazil, expressed by the Municipal Human Development Index (IPEA, 2016), are in part responsible for local humans to regularly use wildlife, including primates (*e.g.*, DE MELO *et al.*, 2014; DA SILVA SANTOS *et al.*, 2019). Understanding how these humans use primates in Northeast Brazil will help us to achieve one of the five aims of the Brazilian National Action Plan for the Conservation of the Primates of the Northeast - PANPriNE (federal decree nº 242 of March 26, 2018). The aim focus on characterising hunting and harvesting on the primates targeted by the Action Plan. Three of six targeted primates by the PANPriNE occur in our study areas: The Caatinga howler monkey (*Alouatta ululata*), the blonde capuchins (*Sapajus flavius*) and the red-handed howler monkeys (*Alouatta belzebul*). Other two species, not targeted by the action plan, also occur in the study sites: bearded capuchins (*Sapajus libidinosus*) and common marmosets (*Callithrix jacchus*). The International Union for Conservation of Nature (IUCN) categorises caatinga howler monkeys and blonde capuchin as "Endangered" (FIALHO *et al.*, 2021; VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2021a, respectively). In addition, the IUCN classifies red-handed howlers as Vulnerable (VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2021c), bearded capuchins as Near Threatened (Martins *et al.* 2021) and common marmosets as "Least concern" (VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2021b).

Here, we aimed to investigate the extent of primate uses by humans in northeastern Brazil. We sought to understand whether primates were hunted, consumed and/or used as pets in the region. Also, we evaluated whether the region's socioeconomic profile influenced the use of primates by humans. We predicted that medium-sized primate species are hunted for bushmeat,

whereas small-sized primates are kept as pets in the studied sites. We also predicted that people living in more urbanised regions with better socioeconomic backgrounds use primates in more contexts than people who live in poorer and less urbanised regions.

METHODS

Studied sites

We carried out our study in three regions (Figure 1), comprising three biomes (Caatinga, Cerrado, and Atlantic Forest) in northeastern Brazil.

Region 1 (Caatinga): the northwestern area of the State of Ceará, between the municipalities of Santana do Acaraú (3°27'S, 40°12'W) and the Ibiapaba mountain (4°17'S, 41°5'W) range, totalising eleven municipalities visited. Region 1 comprises flat areas (shrub caatinga) and humid enclaves (humid forest enclaves). The humid enclaves are characterised by high altitudes (750 – 900 m), steep slopes, high rainfall (the annual mean above 1,100 mm), low temperatures (24 - 26°C), and excellent conditions for agriculture (BRAGAGNOLO *et al.*, 2017). Agriculture is the main activity in these regions: horticulture, coffee, rice, and sugarcane plantations (BRAGAGNOLO *et al.*, 2017). Livestock farming is present in the region on a smaller scale and is restricted to the flatter regions (BRAGAGNOLO *et al.*, 2017). *Alouatta ululata* (caatinga howler monkey), *Callithrix jacchus* (common marmoset), and *Sapajus libidinosus* (bearded capuchin) occur in Region 1.

Region 2 (Caatinga and Cerrado): the north-central area of the state of Piauí, between the municipalities of Castelo do Piauí (5°19'S, 41°33'W), and Valença do Piauí (6°24'S, 41°44'W). We sampled eight municipalities. The semiarid climate is typical of these regions (da Silva *et al.* 2017), where we encounter areas with semideciduous trees and dry forest areas (arboreal caatinga), and some parts have typical Cerrado forest features (Freire-Filho *pers. obs.*). This region has high annual mean temperatures (28-30°C), low humidity (60-65%), high evapotranspiration (1400-1550 mm), high evaporation (2000-2500 mm), and low and irregular precipitation (annual mean 800-1000 mm) (Gomes *et al.* 2005). Although agriculture is also conducted in the region, livestock raising (goat and cattle) is the main activity. Caatinga howler monkeys, common marmosets, and bearded capuchins occur in Region 2.

Region 3 (Atlantic Forest): the northern coast of Paraíba, between municipalities of Santa Rita (7°8'S, 34°57'W) and Mamanguape (6°50'S, 35°8'W). Region 3 covers remnants of the Atlantic Forest, 'restinga' forest, and mangroves. The climate is tropical and rainy with a short dry season. The average annual temperature is 25.5°C (23.7°C in July and 26.8°C in February). The

average annual rainfall is 1,725 mm, 86.2% of the total concentrated between February and August, with December being the driest month (32 mm) and two peaks in May (289 mm) and July (255 mm) (CUNHA *et al.*, 2003). Sugar and alcohol agribusinesses, mineral extraction, fishing, agriculture, and livestock are the main economic activities developed in the region (PTDRS, 2010). *Alouatta belzebul* (red-handed howler monkey), *Sapajus flavius* (blonde capuchin), and common marmoset occur in Region 3.

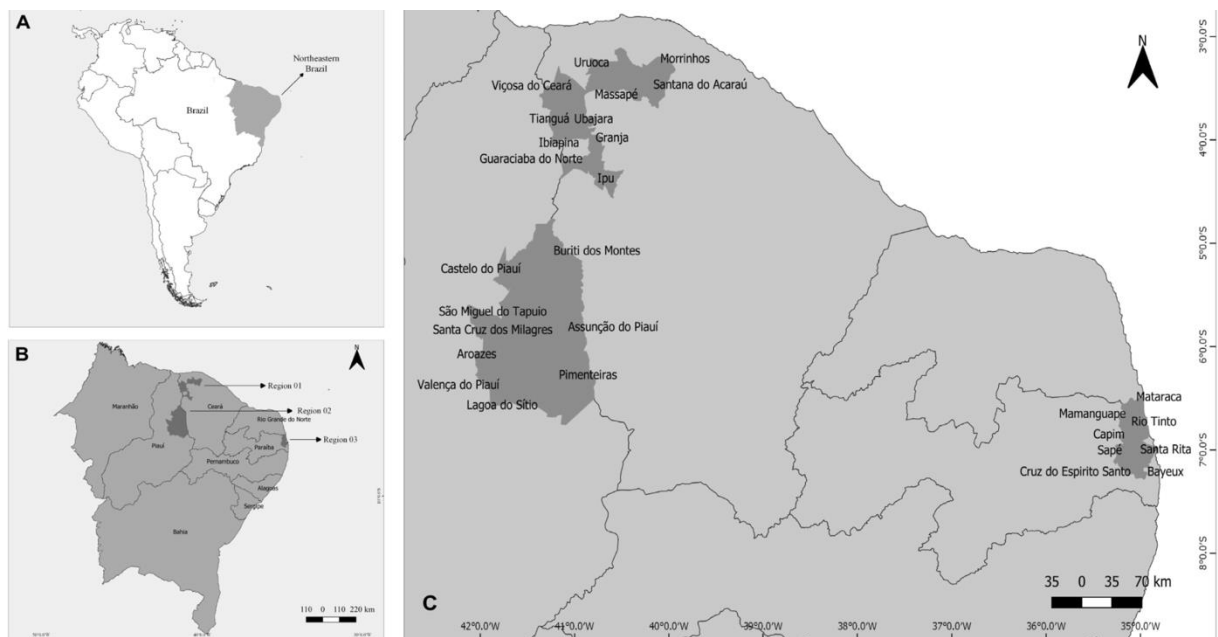


Figure 1 - Study areas. A) Map showing the Northeast region of Brazil. B) Location of the study areas inside northeast of Brazil: Region 1 in the northwestern area of Ceará state in the Caatinga biome; Region 2 is located in the north-central area of Piauí state in Caatinga and Cerrado biomes; and Region 3 is located on the northern coast of Paraíba state in the Atlantic Forest biome. C) The municipalities that make up each region studied.

Survey methods

We conducted semi-structured interviews (HUNTINGTON, 2000) in all three study sites because such method promotes flexibility in the conversation between the interviewer and the interviewee (ALVES; LUCENA; ALENCAR, 2014). This approach has been used in several ethnoprimate studies investigating the attitudes and perceptions of humans towards primates (*e.g.*, CASANOVA; SOUSA; COSTA, 2014; NEKARIS; BOULTON; NIJMAN, 2013; ROCHA;

FORTES 2015; TORRES JUNIOR; VALENÇA-MONTENEGRO; CASTRO, 2016; WATERS *et al.*, 2019). We asked if subjects wanted to participate in the present study, and confidentiality was guaranteed. Researchers only conducted interviews if the respondent verbally agreed and was comfortable in participating in the study. Interviews started after we read a Free Consent Term.

The semi-structured interviews initially took the shape of an informal conversation about the local fauna, and then, we started focusing on primates. Questions focused on aspects related to the primates in the study sites (*i.e.*, *Sapajus flavius*, *Alouatta belzebul*, *Alouatta ululata*, *Sapajus libidinosus* and *Callithrix jacchus*). Despite the shape of an informal conversation, we were guided by a list of questions detailed in Table 1. For instance, we first asked if the respondent knew of hunting practices in the area (*e.g.*, Do people poach or kill monkeys here?/Were or are monkeys hunted here?), and in case of positive answers, we then asked for the reasons hunting occurred (*e.g.*, What were or are monkeys hunted for?) and if primates were within the hunted animals (*e.g.*, Which monkeys are poached or killed?). And then we would ask if people ate monkeys in the region. We recorded interviewees' answers and comments in field diaries. After we transferred the information to spreadsheets to compute the frequency and percentages of responses, considering the number of respondents in each question. In the Northeast of Brazil, hunting is restricted to men (SOUZA; ALVES, 2014). Also, in Brazil, after turning 18, a man is considered an adult and tends to perform outdoor activities (*e.g.*, taking care of cattle and crops) (SOUZA; ALVES, 2014). This made us choose men over 18 years old for interviews in regions 1, 2 and 3.

Table 1 - Primate uses in three regions in Northeast Brazil. NA = non-applicable for the study region (*e.g.*, when we made a question specifically in one region but not in the other). NO = No occurrence in the study region (*e.g.*, when a species does not occur in the region).

Questions	Responses	Percentages of responses:		
		Region 1 (Caatinga)	Region 2 (Caatinga/Cerrado)	Region 3 (Atlantic forest)
Responses about hunting				
Do people poach or kill monkeys here? / Were or are monkeys hunted here? (Number of respondents: Region 1 = 50; Region 2 = 62; Region 3 = 44)	Yes	48% (n=24)	42% (n=26)	90.9% (n=40)
	No	52% (n=26)	58% (n=36)	6.8% (n=3)
	I don't know	0% (n=0)	0% (n=0)	2.3% (n=1)
What were or are monkeys hunted for? (Region 3: 40 respondents) * respondents said more than one use.	Eat	NA	NA	92.5% (n=37)
	Sell	NA	NA	0% (n=0)
	Pet	NA	NA	37.5% (n=15)
	Other	NA	NA	0% (n=0)
Which monkeys are poached, killed or caught? (Number of respondents: Region 1 = 50; Region 2: = 62; Region 3 = 40)	Bearded capuchin	100% (n=50)	100% (n=62)	NA
	Caatinga howler	34% (n=17)	45% (n=28)	NA
	Common marmoset	0% (n=0)	0% (n=0)	7.5 (n=3)
	Red-handed howler	NO	NO	22.5% (n=9)
	Blonde capuchin	NO	NO	30% (n=12)
	I don't know	0% (n=0)	0% (n=0)	40% (N=16)
Responses about using primates as food sources				
Do people eat monkeys? (Number of respondents: Region 1= 50; Region 2 = 62; Region 3 = 37)	Yes	16% (n=8)	16% (n=10)	13.5% (n=5)
	No	84% (n= 42)	76% (n=47)	86.5% (n=32)
	I don't know	0% (n=0)	8% (n=5)	0% (n=0)
Have you eaten monkey meat? (Number of respondents: Region 1= 50; Region 2 = 62)	Yes	0% (n=0)	10% (n=6)	NA
	No	100% (n=50)	90% (n=54)	NA

Which monkeys were or are eaten by people in this region? (Number of respondents: Region 1= 50; Region 2 = 62; Region 3 = 37)	Bearded capuchin	80% (n=40)	76% (n=47)	NO
	Caatinga howler	75% (n= 37)	60% (n= 37)	NO
	Common marmoset	0% (n=0)	0% (n= 0)	0% (n= 0)
	Blonde capuchin	NO	NO	24.3% (n=9)
	Red-handed howler	NO	NO	13.5% (n=5)
	I don't know	0% (n=0)	0% (n=0)	62.2% (n=23)
Which monkeys have you already eaten? (Number of respondents: Region 1 = 0 respondents; Region 2: = 6 respondents)	Bearded capuchin	None	0% (n=0)	NA
	Caatinga howler	None	100% (n=6)	NA
	Common marmoset	None	0% (n=0)	NA
Responses about using primates as pets				
Do people keep monkeys as pets at home? (Number of respondents: Region 1 = 50; Region 2 = 62; Region 3 = 40)	Yes	52% (n=26)	63% (n=39)	37.5% (n=15)
	No	18% (n=9)	10% (n=6)	62.5% (n=25)
	I don't know	30% (n=15)	27% (n=17)	0% (n=0)
Do you have or have you ever had a monkey pet? (Number of respondents: Region 1 = 50; Region 2 = 62)	Yes	6% (n=3)	3% (n=2)	NA
	No	94% (n=47)	97% (n=60)	NA
Which monkeys are kept as pets? (Number of respondents: Region 1 = 50; Region 2 = 62; Region 3 = 15)	Bearded capuchin	100% (n=50)	100% (n=62)	NO
	Caatinga howler	0% (n=0)	3% (n=2)	NO
	Common marmoset	100% (n=50)	100% (n=62)	53.4% (n=8)
	Red-handed howler	NO	NO	0% (n=0)
	Blonde capuchin	NO	NO	0% (n=0)
	I don't know	0% (n=0)	0% (n=0)	46.6% (n=7)
Respondents perceptions of primate threats and extinction				
Are monkeys facing extinction? (Number of respondents: Region 1 = 50; Region 2 = 62)	Yes	80% (n=40)	92% (n=57)	NA
	No	0% (n=0)	0% (n=0)	NA
	I don't know	20% (n=10)	8% (n=5)	NA

Which monkeys are disappearing/facing extinction? (Number of respondents: Region 1 = 50; Region 2 = 62)	Bearded capuchin	0% (n=0)	0% (n=0)	NO
	Caatinga howler	100% (n=50)	100% (n=50)	NO
	Common marmoset	0% (n=0)	0% (n=0)	0% (n=0)
	Red-handed howler	NA	NA	16% (n=7)
	Blonde capuchin	NA	NA	25% (n=11)
Has the number of monkeys (for each species) decreased? (Region 3 = 44 respondents)	I don't know	NA	NA	59% (n=26)
Do you think hunting is a threat to the monkeys? (Number of respondents: Region 1 = 50; Region 2 = 62)	Yes	80% (n=40)	92% (n=57)	NA
	No	0% (n=0)	0% (n=0)	NA
	I don't know	20% (n=10)	8% (n=5)	NA
What are the reasons for the decrease? (Region 3 = 44 respondents)	Deforestation	NA	NA	61.4% (n=27)
	Hunting	NA	NA	38.6% (n=17)
Has the number of monkeys (for each species) increased? (Region 3 = 44 respondents)	Blonde capuchin	NA	NA	0% (n=0)
	Common marmoset	NA	NA	54.5% (n=24)
	Red-handed howler	NA	NA	31.9% (n=14)
	I don't know	NA	NA	13.6% (n=6)
What are the reasons for the increase? (Region 3 = 44 respondents)	Marmosets high reproductive rate	NA	NA	36.4% (n=16)
	Red-handed howler:			
	Guaribas Reserve creation	NA	NA	13.6% (n=6)
	Gargaú Reserve creation	NA	NA	9% (n=4)
	Hunting surveillance	NA	NA	20.5% (n=9)
	Other	NA	NA	9% (n=4)
	I don't know	NA	NA	11.5% (n=5)
Respondent perception of humans-primates interactions				
Do people have a pacific or a conflicting interaction with the monkey? (We considered "pacific" when the human contemplates the animal or	Bearded capuchins:			
	Pacific	6% (n=3)	4% (n=2)	NO
	Conflicting	94% (n=47)	96% (n=60)	NO
	Caatinga howler:			
	Pacific	100% (n=50)	100% (n=62)	NO

enjoys its vocalization in the wild or keeps the animal as a pet. We considered "conflicting" when the human hunt, chase and kill the animal). (Number of respondents: Region 1 = 50; Region 2 = 62; Region 3 = 44)	Conflicting	0% (n=0)	0% (n=0)	NO
	Common marmosets:			
	Pacific	100% (n=50)	100% (n=62)	100% (n=44)
	Conflicting	0% (n=0)	0% (n=0)	0% (n=0)
	Blonde capuchin:			
	Pacific	NO	NO	100% (n=44)
	Conflicting	NO	NO	0% (n=0)
Respondents perceptions of where to find the monkeys				
Where do you see monkeys? (Region 3 = 44 respondents)	Guaribas Reserve	NA	NA	59.1% (n=26)
(Respondents could say more than one place).	Gargaú Private Reserve	NA	NA	100% (n=44)
	Sugarcane plantation	NA	NA	59.1% (n=26)
	Orchards	NA	NA	0% (n=0)
	Backyards	NA	NA	50% (n=22)
	Roads	NA	NA	6.8% (n=3)
Where do you see caatinga howler monkeys? (Number of respondents: Region 1 = 50; Region 2 = 62)	Forest	100% (n=50)	100% (n=62)	NO
	Plantations	36% (n=18)	65% (n=40)	NO
	Urban areas (e.g., roads, backyards)	0% (n=0)	0% (n=0)	NO
	Captive (e.g., houses)	0% (n=0)	5% (n=3)	NO
Where do you see bearded capuchins? (Number of respondents: Region 1 = 50; Region 2 = 62)	Forest	100% (n=50)	100% (n=62)	NO
	Plantations	100% (n=50)	100% (n=62)	NO
	Urban areas (e.g., roads, backyards)	0% (n=0)	0% (n=0)	NO
	Captive (e.g., houses)	20% (n=10)	0% (n=0)	NO
Where do you see common marmosets? (Number of respondents: Region 1 = 50; Region 2 = 62; Region 3 = 44)	Forest	100% (n=50)	100% (n=62)	9.1% (n=4)
(Respondents could say more than one place).	Sugarcane Plantations	0% (n=0)	0% (n=0)	0% (n=0)
	Urban areas (e.g., roads, backyards)	76% (n=38)	70% (n=43)	6.8% (n=3)
	Captive (e.g., houses)	20% (n=10)	32% (n=20)	50% (n=22)
	I don't know	0% (n=0)	0% (n=0)	34.1% (n=15)
Where do you see red-handed howler monkeys? (Region 3 = 44 respondents)	Forest	NO	NO	68.2% (N=30)
	Plantations	NO	NO	0% (n=0)
	Urban areas (e.g., roads, backyards)	NO	NO	0% (n=0)
	Captive (e.g., houses)	NO	NO	0% (n=0)
	I don't know	NO	NO	31.8% (n=14)

Where do you see blonde capuchin? (Region 3 = 44 respondents) (Respondents could say more than one place).	Forest	NO	NO	100% (n=44)
	Sugarcane Plantations	NO	NO	59.1% (n=26)
	Urban areas (e.g., roads, backyards)	NO	NO	0% (n=0)
	Captive (e.g., houses)	NO	NO	0% (n=0)
	I don't know	NO	NO	0% (n=0)

In both Regions 1 and 2, the researcher RFF and a local field assistant conducted semi-structured interviews in Portuguese, and each interview lasted on average 20 minutes. We targeted men aged 18 years old and over (ranging from 18 up to 80 years old) who lived near areas with natural vegetation and were more likely to be found on the road. Thus, the researcher approached people on roads near areas with natural vegetation. The researcher RFF and a local field assistant drove approximately 650 km in Region 1 in August 2016 and 700 km in Region 2 in January 2017. Each field expedition lasted ten days, resulting in 50 interviews conducted in Region 1 and 62 interviews conducted in Region 2. Interviews initially also took the shape of an informal conversation about the local fauna so that we could perceive the overall interviewee's knowledge of the animals found in the region. For instance, we asked questions about specific species of mammals that we know to occur in the region, and then we asked about the primate species living in the area.

In region 3, we interviewed two rural communities between April to July 2015. One community was located at a village adjacent to the 'Guaribas' Biological Reserve, and the other was adjacent to 'Engenho Gargaú' Private Reserve of Natural Heritage. The researcher CSSC conducted all 44 semi-structured interviews in Portuguese in region 3, and each interview lasted on average 50 minutes. CSSC conducted the interviews at the respondent's home. We also targeted men aged between 18 to 80 years old (farmers, ranchers, fisherman, and hunters).

We understand that it is challenging to access locals' impressions of hunting, mainly when they are often aware that there are penalties for killing wildlife in Brazil. Since researchers were going to ask questions regarding hunting wildlife, the interview took the shape of an informal conversation so that the respondents did not feel intimidated or provided flawed information. Also, the researchers who interviewed the locals are native to the geographical areas where we conducted the interviews. Furthermore, they never used any official government uniforms that could indicate they were conducting monitorisation and inspections of the areas. The researchers' appearance and local accents potentially helped the interviewees to feel more relaxed about giving us the requested information. Even though data must be treated with caution, the features mentioned above minimised potential biases in the responses to the interviews.

Analysis

We used descriptive statistics to show the information obtained from the interviews (Table 1). To evaluate whether the socioeconomic profiles of regions 1, 2 and 3 influenced the use of primates by humans in the areas, we compared the Gross Domestic Product of the regions (GDP) using averaged data from the years 2010 and 2015, years immediately preceding the data collection in all studied sites. We also compared the urbanisation of public roads (%), the essential sanitation services (%), the Municipal Human Development Index (MHDI), the human population density, and the human population size of the municipalities to profile Regions 1, 2, and 3 for the year 2010. We obtained these data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (<https://cidades.ibge.gov.br/>), and we have detailed them in Table 2. To compare the three regions, we conducted Kruskal-Wallis tests followed by Dunn's posthoc comparisons. Significance was attained when $p < 0.05$.

Table 2 - Socioeconomic aspects of the municipalities in the three studied regions.

Regions	Municipality	Urbanization of public roads (%)	The essential sanitation services (%)	The Municipal Human Development Index (MHDI) (\$)	Human population density (habitant/Km ²)	Human population size
Region 1	Morinhos	0	21.4	1010.242	49.81	20,700
	Santana do Acaraú	5.6	33.3	1059.41	30.89	29,946
	Massapê	1.2	37.7	987.819	62.11	35,191
	Uruoca	5.1	23.1	1203.029	18.49	12,883
	Viçosa do Ceará	4.1	9	1090.189	41.90	54,955
	Tianguá	4.2	39.4	2048.89	75.80	68,892
	Ubajara	10.2	7.2	1713.652	75.50	12,883
	Ibiapina	2	17.4	1350.603	57.38	23,808
	Graça	0.7	5.8	969.9914	53.39	15,049
	Guaraciaba do Norte	5.5	7.6	1548.513	61.78	37,775
	Ipú	5.5	7.2	1362.923	64.03	40,296
Region 2	Castelo do Piauí	0.6	17	1302.878	9.01	18,336
	São Miguel do Tapuio	0.7	19.3	1012.264	3.48	18,134
	Pimenteiras	0	5.5	1016.736	2.57	11,733

	Valença do Piauí	1.9	5.3	1551.502	15.23	20,326
	Aroazes	0	1.4	1200.785	7.03	5,779
	Buriti dos Montes	0	42.7	982.521	3.01	7,974
	Santa Cruz dos Milagres	0.3	3.4	1271.371	3.87	3,794
	Lagoa do Sítio	0	8.2	1092.997	6.03	4,850
Region 3	Rio Tinto	14.5	26.6	42057.65	49.42	22,976
	Mamanguape	3.9	8.3	93526.67	124.23	42,303
	Satnta Rita	3.6	21.1	391013.7	165.52	120,310
	Bayeux	16.9	45.9	211641.7	3,118.76	99,716
	Lucena	5.8	29.7	29892.29	131.88	11,703
	Marcação	0	23.2	12452.44	61.91	7,609
	Baia da Traição	5.7	11.6	12637.95	78.27	8,012
	Mataraca	0	4.1	36925.14	40.19	7,407

RESULTS

Primate Use

We obtained reports from the locals about the occurrence of primate hunting in all three studied regions (Region 1: 47%; Region 2: 43%; and Region 3: 90.9%) where primates are either used as pets (Region 1: 52%; Region 2: 63%; and Region 3: 37.5%), or for meat consumption (Region 1: 16%; region 2: 16%; Region 3: 13.5%) (Table 1). During the informal conversation, the respondents also mentioned medicine use in Region 2, where three respondents said that people drink water using the Caatinga howler's hyoid bone as a cup to cure respiratory diseases. In Region 3, answers related to hunting (90.9%) were referred to the past (32 respondents) and the present (08 respondents). Thirty-two respondents said monkeys were eaten in the past, and five respondents said they are eaten nowadays (92.5% of the answers – Table 1). Twelve respondents reported that hunting is less frequent today than in the past. Thirteen respondents stated that hunting was performed for subsistence in the past, whereas 22 respondents said that nowadays, hunting is performed for leisure purposes so that the primate meat is consumed as a snack.

The interviewees said bearded capuchins, caatinga howler monkeys, and common marmosets are used as pets. In Region 1 and 2, 100% of interviewees stated that bearded capuchin and common marmoset are kept as pets (Table 1). In Regions 1 and 2, 100% of respondents indicated that common marmosets and bearded capuchin are used as pets (Table 1) because they are funny and small (the latter related to marmosets only), gracious animals that behave like humans, and are seen as "family members". In Region 3, 53.4% of respondents said common marmosets are kept as pets, and 50% said that they see marmoset in captive, e. g., local's houses (Table 1). Nine respondents said that common marmosets are kept at home as pets because they have a small body size and would not be worth consuming due to the tiny amount of flesh.

In Regions 1 and 2, all respondents mentioned that caatinga howlers were disappearing from the forests (Table 1). In Region 1 and 2, 80% and 92% of interviewees said hunting is a threat to the monkeys, respectively (Table 1). In Region 3, people mentioned that the numbers of red-handed howler (16% of interviewees) and blonde capuchin (25% of interviewees) decreased. They point out deforestation (61.4% of interviewees) and hunting (38.6% of interviewees) as reasons for the decrease. On the other hand, some interviewees indicate an increase in the number of red-

handed howlers (31.9% of interviewees) and point out the creation of the Guaribas Reserve (13.6% of interviewees) and Gargaú Private Reserve (9% of interviewees), as well as hunting surveillance (20.5% of interviewees) as reasons for the increase (Table 1).

In both Regions 1 and 2, bearded capuchins were also victims of retaliation by local communities. For example, we found that 94% of respondents in regions 1 and 96% in region 2, respectively, stated that bearded capuchins are chased away or killed when they approached crop fields (*i.e.*, "conflicting interaction"). Furthermore, interviewees reported that bearded capuchins damage crops and waste the crop fruits when they arrive in large groups. In addition, 100% of respondents in Region 1 and 2 indicated pacific interactions with caatinga howler monkeys and common marmosets (Table 1).

Primate species were seen by respondents in several places in Region 3, including people's backyards, sugar cane plantations, roads and the protected areas (also locally known as Reserves). We found that 100% of the respondents reported having pacific interactions with blond capuchins and common marmosets (Table 1). Furthermore, we found that 59.1% of the respondents stated that blonde capuchin monkey visits sugar cane plantations. In addition, 6.8% of the respondents reported the presence of common marmosets in backyards, but they did not mention any damage caused by the marmosets in these places (Table 1).

Socioeconomic profiles of the three study regions

Human population density differs between the three regions (Kruskal-Wallis test: $H = 13.64$, $p < 0.05$). Based on post-hoc tests, Region 1 presents a higher human population density than Region 2 (Dunn's post-hoc test: $z = 3.12$, $p < 0.05$). Region 3 also had a higher human population density than Region 2 (Dunn's post-hoc test: $z = 3.33$, $p < 0.05$). We found no differences in the human population density between Regions 3 and 1 (Dunn's post-hoc test: $z = 0.46$, $p > 0.05$).

Resident population size differs between the 3 regions (Kruskal-Wallis test: $H = 7.79$, $p < 0.05$). Region 1 has higher resident population values than Region 2 (Dunn's post-hoc test: $z = 2.76$, $p < 0.05$). There are no differences between Regions 2 and 3 (Dunn's post-hoc test: $z = 1.77$, $p > 0.05$) or between Regions 1 and 3 (Dunn's post-hoc test: $z = 0.85$, $p > 0.05$).

Gross domestic product (GDP) varied between the three studied regions (Kruskal-Wallis test: $H = 16.40$, $p < 0.05$). Based on post-hoc tests, the GDP of the Region 3 differ from Region 1

(Dunn's post-hoc test: $z = 3.51$, $p < 0.05$) and 2 (Dunn's post-hoc test: $z = 3.59$, $p < 0.05$), but Region 1 and 2 did not differ (Dunn's post-hoc test: $z = 0.35$, $p > 0.05$).

We found differences between the urbanization of public roads between the studied regions (Kruskal-Wallis test: $H = 8.73$, $p < 0.05$). According to post-hoc tests, both Region 1 (Dunn's post-hoc test: $z = 2.58$, $p < 0.05$) and Region 3 (Dunn's post-hoc test: $z = 2.59$, $p < 0.05$) have a greater urbanization of public roads (%) values than Region 2. There is no difference between Regions 1 and 3 (Dunn's post-hoc test: $z = 0.21$, $p > 0.05$).

We found no significant differences between basic sanitation services (Kruskal-Wallis test: $H = 3.46$, $p = 0.1770$) and the Municipal Human Development Index - MHDI (Kruskal-Wallis test: $H = 3.38$, $p = 0.1842$) amongst the three study regions.

DISCUSSION

Humans used primates in all three study sites in Northeast Brazil for several purposes, including food source (subsistence e/or recreational snacks), medicine and pets. As we predicted, the medium-sized *Sapajus libidinosus*, *Sapajus flavius*, *Alouatta belzebul*, and *Alouatta ululata* were targeted for meat by hunters in all three regions, potentially due to their larger body mass, which may represent a higher energy reward per hunted specimen (CULLEN; BODMER; PÁDU, 2001; DA SILVA NETO *et al.*, 2017; PERES, 1990; ROSIN; SWAMY, 2013). In addition, the small-bodied common marmosets were targeted as pets in all three regions. Our second prediction, however, was refuted because we did not observe substantial differences in primate uses between the studied regions despite presenting distinct socioeconomic profiles.

The behaviours of capuchin and howler monkeys in the wild may facilitate detectability by hunters. The bearded and the blonde capuchins live in large groups ranging from 6 to 35 individuals (BICCA-MARQUES; SILVA; GOMES, 2006) and from 30 to over 160 individuals (VALENÇA-MONTENEGRO, 2011; ANDRADE; FREIRE-FILHO; BEZERRA, 2020), respectively. PERES (1990) reported that large-sized primates who live in large groups could have a high percentage of the total group members eliminated in a single encounter with hunters. On the other hand, the caatinga howler monkeys and the red-handed howler monkeys live in groups ranging from 7 to 10 individuals (PINTO; ROBERTO, 2011) and from 6 to 16 individuals (BONVICINO, 1989), respectively, but they produce very loud vocalisations that can be detected miles away. Such a powerful vocal feature could facilitate the localisation of howler monkey groups by hunters.

At the three study regions, local men reported that hunting of the four medium-sized primates occurring in the areas. ALVES *et al.* (2016) draw attention to population declines and local extinctions of many medium and large-sized mammal species in northeastern Brazil due to hunting and habitat loss. In Brazil, since the colonial period, humans hunt blonde capuchins as registered in paints dating from 1520 (MASSETI; VERACINI, 2010). Thus, several populations may have already disappeared. Hunting also seems to be the main factor contributing to the local historical extinction of the caatinga howler monkeys in many areas of Ceará (FREIRE FILHO; PINTO; BEZERRA, 2018) and the red-handed howler monkey population at Paraíba (MMA/IBAMA, 2003). When the Guaribas Biological Reserve was created in 1990 in region 3, the red-handed howler monkey population was locally extinct due to extensive habitat loss and

hunting (MMA/IBAMA, 2003). Four individuals were initially translocated to the Reserve in 2000 (Porfirio 2005). In the 18 years of research and management actions carried out by the National Center for Primate Research and Conservation (CPB/ICMBio), 28 individuals (18 females and 10 males) had been introduced to the reserve, and the estimated population was between 40 and 50 individuals (VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2018).

In Regions 1 and 2, the common marmoset and the bearded capuchin were reported as pets, whereas in Region 3, only the common marmoset was reported as a pet. We suspect that smaller and diet generalist species are easier to keep in captivity in comparison to larger primates with a more restricted diet. Common marmosets were not hunted for feeding purposes in the studied sites as we predicted. Interviewees reported that they are small animals, and thus the food reward for people is low. Nevertheless, in an Atlantic Forest patch, about 60 km from region 3, SOUZA; ALVES (2014) registered the use of common marmosets as a food source and pets. Common marmosets are frequently seen as pets in houses and markets in regions 1 and 2 (20% and 32% of 50 and 62 respondents, respectively) and kept at home as pets in Region 3 (50% of 44 respondents). Marmosets have been illegally trafficked in large numbers in the 1980s and 1990s, potentially due to their small size and charisma (ZANON, 2020). Marmosets were also legally traded between 2006 – 2012, with several being exported to other countries between 1977 and 2013 (FIALHO *et al.*, 2016; OLIVEIRA, 2019). Marmosets are also often found in great numbers in government rescue centres in Northeast Brazil due to the illegal pet trade (NASCIMENTO; SCHIAVETTI; MONTAÑO, 2013). Even though the IUCN categorise common marmosets as "Least Concern" (VALENÇA-MONTENEGRO *et al.*, 2021a), the historical use of the species as pets and in biomedical studies requires our attention to the need of preserving populations in natural occurrence areas. Common marmosets were once endemic to Northeast Brazil but were introduced in other areas of the country, such as Rio de Janeiro, negatively affecting local primates (RUIZ-MIRANDA *et al.*, 2006).

Respondents reported no conflict with blonde capuchins in Region 3, but they reported bearded capuchins as pests in Regions 1 and 2. Even though such difference could be related to the different survey approaches (i.e., residence vs road interviews) and the presence of protected areas in Region 3 but not in region 1 and 2, we believe the different types of crops surrounding the three regions may playing a major role in determining the conflicting interactions. The extent of primate crop-raiding is influenced by the primate species, type of plantation, planting patterns, and farming

tradition (HILL, 2018). Also, crop damage by primates depends on whether it happens on subsistence plantations or commercial plantations. Damages were perceived as economically higher and more conflicting in commercial plantations than in subsistence plantations in another area in Northeast Brazil (SPAGNOLETTI *et al.*, 2016). In Regions 1 and 2, crops were usually small (a few hectares) and belonging to local farmers, whereas in Region 3, the sugar cane plantations are large and belonging to big companies. Bearded capuchins arrive at the crop fields in large groups, wasting most of the collected fruits and destroying the plantation. On the other hand, interviewees reported that the damage caused by blonde capuchins in the sugar cane plantations was minimal. This feeling seems to be shared by landowners, which also reported a minimal impact caused by the blonde capuchins in their plantations (Castro, personal communication). Blonde capuchins use the border of the plantations to collect only a few sugar cane stalks and not extensively (da Silva 2019). Thus, the manner that blonde capuchins feed on sugar cane doesn't damage the plantations or cause any significant economic impact.

The use of the caatinga howler's hyoid bone to treat respiratory diseases was the only record for the use of primates as traditional medicine. Similar records have already been made for other species of howler monkeys in a different part of Northeast Brazil (PINTO; ROBERTO, 2011; ALVES; SANTANA; ROSA, 2013; ALVES *et al.*, 2016). However, ALVES *et al.* (2016) reported the hyoid bone of the howler monkeys is used in magic rituals to heal whooping cough. It sounds like a similar use of the hyoid bone (i.e., traditional medicine), but the reports we obtained related to curing respiratory diseases without an apparent connection with magic rituals.

Despite legal restrictions imposed by the Brazilian government to prevent hunting, we learned from our interviews that locals hunt primates for recreational snacks and subsistence consumptions, medicine, pets and to avoid crop-raiding in the Northeast. Violation of the hunting restrictions results in fines ranging from R\$ 500 (US\$ 78) to R\$ 5000 (US\$ 780) (Article 29 of Federal Law 9605 / 98 - Law of Environmental Crimes). Communities located around protected areas are often aware of the law but do not recognise the role of such areas in biodiversity protection and maintenance (Castro and Casanova 2018). We suggest that future environmental education actions in the studied areas should focus on: i) raising awareness on local people on the ecological importance of primates, ii) providing alternatives to hunting whenever possible and iii) minimising conflicts. The involvement of locals may help to implement effective conservation programs (DANIELSEN *et al.*, 2010). A good example is the Jane Goodall's successful program, which

supports environmental awareness education campaigns connected to the local people so that these people can benefit from preserving wildlife and maintaining a harmonious relationship with the ecosystem. The Brazilian National Center for Primate Research and Conservation (CPB/ICMBio), CSSC (Projeto Primatas do Litoral Norte) and BMB (Projeto Galego) carry out awareness actions in Region 3, whereas RFF (Projeto Guariba) carries out environmental education actions in region 1 and 2. Future awareness and environmental education actions could be developed together with the locals to increase their outreach in the study regions.

REFERENCES

- ALVES, R. R. N. Relationships between fauna and people and the role of ethnozoology in animal conservation. **Ethnobiology and conservation**, v. 1, p. 1 – 69, 2012.
- ALVES, R. N. N. *et al.* Game mammals of the Caatinga biome. **Ethnobiology and Conservation**, v. 5, p. 1-51, 2006.
- ALVES, R. M.; LUCENA, R. F. P.; ALENCAR, N. L. Methods and techniques used to collect ethnobiological data. In: Albuquerque U. P., Cruz da Cunha L. V. F., Lucena R. F. P., Alves R. R. N. **Methods and techniques in ethnobiology and ethnoecology**. New York: Springer, 2014, pp. 14–37.
- ALVES, R. N. N.; ROSA, I. L. Animals in traditional folk medicine: Implications for Conservation. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2012.
- ALVES, R. N. N.; SANTANA, G. G.; ROSA, I. L. The role of animal-derived remedies as complementary medicine in Brazil. In: Alves R. N. N., Rosa I. L. **Animals in traditional folk medicine: Implications for conservation**. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 289-301.
- ALVES, R.; SOUTO, W. Ethnozoology in Brazil: current status and perspectives. **Journal of ethnobiology and ethnomedicine**, v. 7, n. 1, p. 1-19, 2011.
- ALVES, R. R. N.; SOUTO, W. M. S.; BARBOZA, R. R. D. The role of nonhuman primates in religious and folk medicine beliefs. In: Waller M. T. **Ethnoprimatology: Primate Conservation in the 21st Century**. Switzerland: Springer, 2016, pp.117-135.
- ANADÓN, J. D.; GIMÉNEZ, A.; BALLESTAR, R. Linking local ecological knowledge and habitat modelling to predict absolute species abundance on large scales. **Biodiversity and Conservation**, v. 19, n. 5, p. 1443-1454, 2010.
- ANDRADE, B. M.; FREIRE-FILHO, R.; BEZERRA, B. The behaviours of a female blonde capuchin (*Sapajus flavius*) towards her dead infant. **Behaviour**, v. 157, n. 14-15, p. 1231-1238, 2020.
- APPIAH-OPOKU, S. Indigenous beliefs and environmental stewardship: A rural Ghana experience. **Journal of Cultural Geography**, v. 24, n. 2, p. 79-98, 2007.
- BARBOZA, R. R. D. **Práticas cinegéticas e usos tradicionais da mastofauna por povos do semiárido nordestino**. Dissertação de mestrado: Universidade Federal da Paraíba, 2013.
- BERKES, F. Traditional ecological knowledge in perspective. In: Inglis J. T. **Traditional Ecological Knowledge: Concepts and Cases**. Ottawa: International Program on Traditional Ecological Knowledge/International Development Research Centre, 1993, pp. 1-10.

- BERKES F, FOLKE C, GADGIL M. Traditional ecological knowledge, biodiversity, resilience and sustainability. In: Perrings C. A., Maler K. G., Folke G., Holling C. S., Jansson B. O. **Biodiversity conservation**. Dordrecht: Springer, 1995, pp 269-287.
- BICCA-MARQUES, J. C.; SILVA, V. M.; GOMES, D. F. Ordem Primates. In: Reis, N. R.; Peracchi, A. L.; Pedro, W. A.; Lima, I. P. **Mamíferos do Brasil**. Londrina: Sociedade Brasileira de Zoologia, 2006, pp. 101–148.
- BONVICINO, C. R. Ecologia e comportamento de *Alouatta belzebul* (Primates: Cebidae) na mata atlântica. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 6, p. 149-179, 1989.
- BRAGAGNOLO, C. *et al.* Cultural services in the Caatinga. In: da Silva J. M. C., Leal I. R., Tabarelli M. **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. Gland: Springer, 2017, pp. 335-455.
- BRITTAIN, S. *et al.* Combining local knowledge and occupancy analysis for a rapid assessment of the forest elephant *Loxodonta cyclotis* in Cameroon's timber production forests. **Oryx**, v. 54, n. 1, p. 90-100, 2020.
- CASANOVA, C. Viagem ao lugar do Outro. In: Frias, S. **Etnografia e Emoções**. Lisbon: ISCSP, 2008, pp. 19-33
- CASANOVA, C.; SOUSA, C.; COSTA, S. Are animals and forests forever? Perceptions of wildlife at Cantanhez Forest National Park, Guinea-Bissau. **Memórias**, v. 16, p. 69-104, 2014.
- CASTRO, C. S. S.; CASANOVA, Catarina. Biodiversity conservation and local ecological knowledge from human communities in the northeast of Brazil. **Modern Environmental Science and Engineering**, v. 4, p. 791-795, 2018.
- CHARNLEY, S.; FISCHER, A. P.; JONES, E. T. Integrating traditional and local ecological knowledge into forest biodiversity conservation in the Pacific Northwest. **Forest Ecology and Management**, v. 246, n. 1, p. 14-28, 2007.
- CHI, Ma. *et al.* Distribution and conservation status of *Rhinopithecus strykeri* in China. **Primates**, v. 55, n. 3, p. 377-382, 2014.
- CONSTANTINO, P. A. L. Subsistence hunting with mixed-breed dogs reduces hunting pressure on sensitive Amazonian game species in protected areas. **Environmental Conservation**, v. 46, n. 1, p. 92-98, 2019.
- CULLEN, L.; BODMER, E. R.; VALLADARES-PÁDUA, C. Ecological consequences of hunting in Atlantic forest patches, São Paulo, Brazil. **Oryx**, v. 35, n. 2, p. 137-144, 2001.
- CUNHA, L. O. *et al.* Análise multivariada da vegetação como ferramenta para avaliar a reabilitação de dunas litorâneas mineradas em Mataraca, Paraíba, Brasil. **Revista Árvore**, v. 27, p. 503-515, 2003.

- DANIELSEN, F. *et al.* Environmental monitoring: the scale and speed of implementation varies according to the degree of peoples involvement. **Journal of Applied Ecology**, v. 47, n. 6, p. 1166-1168, 2010.
- DA SILVA J. M. C. *et al.* The Caatinga: understanding the challenges. In: da Silva J. M. C., Leal I. R., Tabarelli M. **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. Gland: Springer, 2017, pp 3-19.
- DA SILVA NETO, B. C. *et al.* Assessment of the hunting of mammals using local ecological knowledge: an example from the Brazilian semiarid region. **Environment, development and sustainability**, v. 19, n. 5, p. 1795-1813, 2017.
- DA SILVA SANTOS, S. *et al.* Use of mammals in a semi-arid region of Brazil: an approach to the use value and data analysis for conservation. **Journal of ethnobiology and ethnomedicine**, v. 15, n. 1, p. 1-14, 2019.
- DA SILVA, S. M. R. **Consumo de itens vegetais exóticos por indivíduos de *Sapajus flavius* (Primates, Cebidae: Schreber, 1774) que habitam a Reserva Particular do Patrimônio Natural Engenho Gargaú, Paraíba, Brasil**. Monografia: Universidade Federal da Paraíba, 2019.
- DE MELO, R. S. *et al.* The role of mammals in local communities living in conservation areas in the Northeast of Brazil: an ethnozoological approach. **Tropical Conservation Science**, v. 7, n. 3, p. 423-439, 2014.
- FERNANDES-FERREIRA, H.; ALVES, R. R. N. The researches on the hunting in Brazil: a brief overview. **Ethnobiology and Conservation**, v. 6, 2017.
- FIALHO, M. S. *et al.* (2021). *Alouatta ululata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T918A190435652. Disponível em: <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T918A190435652>. en. Acessado em 07 de maio de 2021.
- FIALHO, M.; LUDWIG, G.; VALENÇA-MONTENEGRO, M. M. Legal international trade in live neotropical primates originating from South America. **Primate Conservation**, v. 30, p. 1-6, 2016.
- FREIRE FILHO, R.; PINTO, T.; BEZERRA, B. M. Using local ecological knowledge to access the distribution of the Endangered Caatinga howler monkey (*Alouatta ululata*). **Ethnobiology and Conservation**, v. 7, p. 1-22, 2018.
- GILCHRIST, G.; MALLORY, M.; MERKEL, F. Can local ecological knowledge contribute to wildlife management? Case studies of migratory birds. **Ecology and Society**, v. 10, n. 1, 2005.

GOMES, A. A. N.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; MEDEIROS, R. M. de. Evapotranspiração de referência mensal para o Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 560-564, 2005.

GRAY, T. N. E. *et al.* Using local ecological knowledge to monitor threatened Mekong megafauna in Lao PDR. **PloS one**, v. 12, n. 8, p. e0183247, 2017.

HILL, C. M. *et al.* Crop foraging, crop losses, and crop raiding. **Annual Review of Anthropology**, v. 47, n. 1, p. 377-394, 2018.

HUNTINGTON, H. P. Using traditional ecological knowledge in science: methods and applications. **Ecological applications**, v. 10, n. 5, p. 1270-1274, 2000.

IPEA. **Desenvolvimento humano nas macrorregiões brasileiras**. Brasília: PNUD, 2016.

MARTINS, A.B. *et al.* 2021. *Sapajus libidinosus* (amended version of 2019 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T136346A192593226. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T136346A192593226.en>. Acessado em 02 de dezembro de 2022.

MASSETI, M.; VERACINI, C. The first record of Marcgrave's capuchin in Europe: South American monkeys in Italy during the early sixteenth century. **Archives of natural history**, v. 37, n. 1, p. 91-101, 2010.

MMA/IBAMA. 2003. **Plano de Manejo, Fase 2, da Reserva Biológica de Guaribas**. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/rebio_guaribas.pdf. Acessado em 18 de novembro de 2020.

NASCIMENTO, R. A.; SCHIAVETTI, A.; MONTAÑO, R. A. M. An assessment of illegal capuchin monkey trade in Bahia State, Brazil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 8, n. 2, p. 79-87, 2013.

NEKARIS, K. A.; BOULTON, A.; NIJMAN, V. An ethnoprimateological approach to assessing levels of tolerance between human and commensal non-human primates in Sri Lanka. **Journal of Anthropological Sciences**, v. 91, p. 219-231, 2013.

OLIVEIRA, M. A. B. Marmosets in the wild. In: Anestidou L., Johnson A. F. **Care, Use, and Welfare of Marmosets as Animal Models for Gene Editing-Based Biomedical Research: Proceedings of a Workshop**. Washington: National Academies Press, 2019.

PERES, C. A. Effects of hunting on western Amazonian primate communities. **Biological conservation**, v. 54, n. 1, p. 47-59, 1990.

Pinto, T.; Roberto, I. J. 2011. **Conservation of the caatinga howler monkey, Brazil**. Disponível em:

http://www.conservationleadershipprogramme.org/media/2014/11/080209_Brazil_FinalReport_Howler-Monkey.pdf. Acessado em 26 de maio de 2020.

PORFIRIO S. **Ecologia e conservação de *Alouatta belzebul belzebul* (Primates, Atelidae), na Paraíba, Brasil**. Tese de doutorado: Universidade Federal de Minas Gerais 2005.

PTDRS. 2010. **Território da Zona da Mata Norte-PB**. Disponível em: http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio103.pdf. Acessado em 26 de maio de 2020.

RAMOS, R. M.; PEZZUTI, J. C. B.; VIEIRA, E. M. Age structure of the Vulnerable white-lipped peccary *Tayassu pecari* in areas under different levels of hunting pressure in the Amazon Forest. **Oryx**, v. 50, n. 1, p. 56-62, 2016.

RASALATO, E.; MAGINNITY, V.; BRUNNSCHWEILER, J. M. Using local ecological knowledge to identify shark river habitats in Fiji (South Pacific). **Environmental Conservation**, v. 37, n. 1, p. 90-97, 2010.

RIPPLE, W. J. *et al.* Bushmeat hunting and extinction risk to the world's mammals. **Royal Society Open Science**, v. 3, n. 10, p. 160498, 2016.

ROCHA, L. C.; FORTES, V. B. Perceptions and attitudes of rural residents towards capuchin monkeys, in the area of influence of the Dona Francisca hydroelectric power plant, South Brazil. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, p. 19-34, 2015.

ROSIN, C.; SWAMY, V. Variable density responses of primate communities to hunting pressure in a western Amazonian river basin. *Neotropical Primates*, v. 20, n. 1, p. 25-31, 2013.

RUIZ-MIRANDA, C. R. *et al.* Behavioral and ecological interactions between reintroduced golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia* Linnaeus, 1766) and introduced marmosets (*Callithrix* spp, Linnaeus, 1758) in Brazil's Atlantic Coast forest fragments. **Brazilian Archives of Biology and technology**, v. 49, p. 99-109, 2006.

SOUZA, J. B.; ALVES, R. R. N. Hunting and wildlife use in an Atlantic Forest remnant of northeastern Brazil. **Tropical Conservation Science**, v. 7, n. 1, p. 145-160, 2014.

SPAGNOLETTI, N. *et al.* Coexistence between humans and capuchins (*Sapajus libidinosus*): comparing observational data with farmers' perceptions of crop losses. **International Journal of Primatology**, v. 38, n. 2, p. 243-262, 2017.

THINLEY, P. *et al.* Conservation threats to the endangered golden langur (*Trachypithecus geei*, Khajuria 1956) in Bhutan. **Primates**, v. 61, n. 2, p. 257-266, 2020.

TORRES JUNIOR, E. U.; VALENÇA-MONTENEGRO, M. M.; CASTRO, C. S. S. Local ecological knowledge about endangered primates in a rural community in Paraíba, Brazil. **Folia Primatologica**, v. 87, n. 4, p. 262-277, 2016.

VALENÇA-MONTENEGRO, M. M. **Ecologia de *Cebus flavius* (Schreber, 1774) em remanescentes de Mata Atlântica no estado da Paraíba**. Tese de doutorado: Universidade de São Paulo, 2011.

VALENÇA-MONTENEGRO, M. M. *et al.* 2021a. *Sapajus flavius* (amended version of 2020 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T136253A192592928. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T136253A192592928.en>. Acessado em 07 de maio de 2021.

VALENÇA-MONTENEGRO, M. M. *et al.* 2021b. *Callithrix jacchus* (amended version of 2018 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T41518A191705043. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T41518A191705043.en>. Acessado em 07 de maio de 2021.

VALENÇA-MONTENEGRO, M. M. *et al.* 2021c. *Alouatta belzebul* (amended version of 2019 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T39957A190412426. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T39957A190412426.en>. Acessado em 07 de maio de 2021.

VALENÇA-MONTENEGRO, M. M. *et al.* (2018) Histórico e perspectivas da reintrodução do guariba-de-mãos-ruivas (*Alouatta belzebul*) na Reserva Biológica que leva seu nome. In: Leal A. H. **Memórias da Reunião de Pesquisa e Conservação da Natureza no Litoral Norte da Paraíba**. Mamanguape: ICMBio, 2018, pp 51-55.

WATERS, S. *et al.* Interpreting people's behavior toward primates using qualitative data: a case study from north Morocco. **International Journal of Primatology**, v. 40, n. 3, p. 316-330, 2019.

ZANON S. 2020. **Marmosets trafficked as pets now threaten native species in the Atlantic forest**. Disponível em: <https://news.mongabay.com/2020/10/marmosets-trafficked-as-pets-now-threaten-native-species-in-atlantic-forest/>. Acessado em 18 de novembro de 2020.