

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

**JULIANA CARNEIRO DE LACERDA**

**USO DO ESPAÇO ACÚSTICO POR PRIMATAS SIMPÁTRICOS (*Callithrix jacchus*, *Sapajus flavius*, *Saimiri* spp. e *Alouatta belzebul*) NO NORDESTE BRASILEIRO**

RECIFE

2024

**JULIANA CARNEIRO DE LACERDA**

**USO DO ESPAÇO ACÚSTICO POR PRIMATAS SIMPÁTRICOS (*Callithrix jacchus*, *Sapajus flavius*, *Saimiri* spp. e *Alouatta belzebul*) NO NORDESTE BRASILEIRO**

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

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Bruna M. Bezerra

RECIFE

2024

JULIANA CARNEIRO DE LACERDA

**USO DO ESPAÇO ACÚSTICO POR PRIMATAS SIMPÁTRICOS (*Callithrix jacchus*, *Sapajus flavius*, *Saimiri* spp. e *Alouatta belzebul*) NO NORDESTE BRASILEIRO**

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

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Bruna M. Bezerra

Aprovada em: 31/07/2024.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **BRUNA MARTINS BEZERRA**  
Data: 10/09/2024 12:07:01-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Bruna Martins Bezerra  
(Orientadora) Universidade Federal  
de Pernambuco

Documento assinado digitalmente  
 **PEDRO IVO SIMOES**  
Data: 03/09/2024 12:50:57-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof<sup>º</sup>. Dr. Prof. Dr. Pedro Ivo Simões (Examinador  
Interno) Universidade Federal de  
Pernambuco

Documento assinado digitalmente  
 **BARBARA LINS CALDAS DE MORAES**  
Data: 10/09/2024 15:20:01-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Bárbara Lins Caldas de Moraes  
(Examinador Externo) Universidade Federal  
Rural de Pernambuco

Documento assinado digitalmente  
 **MARIA ADELIA BORSTELMANN DE OLIVEIRA**  
Data: 03/09/2024 13:07:16-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Adélia Borstelmann de Oliveira  
(Examinador Externo) Universidade  
Federal Rural de Pernambuco

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Lacerda, Juliana Carneiro de.

Uso do espaço acústico por primatas Simpátricos (*Callithrix jacchus*, *Sapajus flavius*, *Saimiri* spp. e *Alouatta belzebul*) no nordeste brasileiro / Juliana Carneiro de Lacerda. - Recife, 2024.

153f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, 2024.

Orientação: Bruna Martins Bezerra.

1. Atividade acústica; 2. Monitoramento Passivo; 3. Primatas Neotropicais; 4. Phee Calls; 5. Sazonalidade; 6. Ruído Ambiente. I. Bezerra, Bruna Martins. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central

CDD 590

Dedico esse trabalho aos meus pais Linda e João, por serem meus maiores incentivadores, pela educação que me deram, pela disciplina que me ensinaram, pela dedicação nos cuidados e por serem um verdadeiro pilar de esperança, sabedoria e amor em minha vida.

## **Agradecimentos**

Agradeço aos meus pais, Linda e João, que me incentivaram por todos esses anos de estudo que me fizeram chegar aqui e continuar e também por minha mãe, que é uma mulher forte, batalhadora, sábia e amorosa que sempre me acalmou com seus conselhos reconfortantes me fazendo rir nos momentos mais difíceis, de cansaço e desânimo. Eu devo a vida e todas as oportunidades que nela tive e que espero um dia poder lhes retribuir.

Um agradecimento especial a minha amiga e orientadora, Profa. Dra. Bruna Martins Bezerra, pela confiança, respeito, pela influência no meu crescimento profissional e por compartilhar seus conhecimentos. Obrigada pelo incentivo e pela dedicação durante o desenvolvimento desse trabalho.

A minha amiga e parceira de campo Geovana Lima, obrigada por toda amizade e carinho, você se tornou essencial na minha vida! Obrigada por me ajudar nas coletas no campo, pelas trocas de conhecimento e pelos momentos de alegria para aliviar os estresses diários.

Gostaria de agradecer à minha família, pelo amor, por todo apoio e incentivo, por entender minhas ausências, meu cansaço e também por todas as vezes que tiveram que ouvir falar sobre macacos. À minha avó Luiza, as minhas tias Márcia e Cláudia, Tia Regina e Silvinha que me apoiaram em todos os momentos me dando o suporte necessário. Ao meu avô Ari que apesar de não estar mais entre nós, foi uma pessoa muito marcante na minha infância, espero que o senhor esteja orgulhoso de mim. Aos meus tios Nado, Regi, Lula, Dédo, Nito, e aos meus primos Davi, Priscila, Paulo e João Pedro pelo apoio nos meus estudos e pela companhia nos momentos mais divertidos da minha vida.

Aos meus amigos, Aline, Juliana, Carla, Dani, Cecília, Robson, Rodrigo, Artur e Eivalto com quem compartilhei momentos maravilhosos e que sempre me apoiaram nas minhas escolhas. Obrigada pela amizade incondicional, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer na vida. Obrigada por segurarem minha mão nos momentos mais tristes e pela presença nos momentos mais felizes.

Agradeço a Mineradora Tronox que permitiu a nossa estadia e acesso as áreas de coleta, por ter fornecido conforto durante a semana e por serem muito atenciosos com conosco durante nossas visitas mensais. As amizades que fiz na mineradora, Srs. Rodrigo, Carlos, Manoel, João Maria (John Mary), Antônio Pedro (Tonho) e Fabiano (Boca), eu só tenho a agradecer por toda a ajuda prestada durante os meses de campo, obrigada por terem proporcionado momentos divertidos durante o campo. Em especial ao Sr. Severino Ramo (Birino), pela ajuda crucial em todos os momentos, sua seriedade e seu esforço tem meu maior reconhecimento. Gostaria de agradecer ao Seu Lenilson por ter nos acompanho no campo da Usina São José e também por sempre compartilhar um pouco do seu conhecimento sobre a floresta. Agradeço aos meus amigos do Instituto SOS Caatinga, Marcos Araújo e Rick Taynor, pelo apoio e parceria e por nos ajudar a conhecer mais sobre um bioma exclusivamente brasileiro, a Caatinga.

Gostaria de agradecer ao LECC pelo acolhimento, pelas pessoas que conheci e pelas amizades que fiz e que foram essenciais para conclusão desse trabalho, à Ana Luiza, Geovana, André, Paulinha, Bárbara, João Pedro, Letícia, Monique, Rebecca, Yuri, Alana, Gabi, Julianne, Ester e Paulo. Também quero agradecer o bom convívio, as conversas descontraídas durante os coffee breaks e almoços e as boas discussões.

Gostaria de agradecer a UFPE e ao PPGBA pela oportunidade e suporte, e a todos os seus professores que sempre proporcionaram um ensino de alta qualidade. Ao CNPq e FACEPE pela concessão da bolsa e auxílio financeiro que possibilitou a realização desse trabalho.

Agradeço desde já aos membros da banca pela disponibilidade e pelas correções e sugestões que vocês virão a me oferecer.

## Resumo

Os primatas arborícolas possuem uma grande necessidade de comunicação acústica em ambientes florestais onde a comunicação visual é limitada pela vegetação. O espaço acústico é um recurso limitado, e assim como ocorre nas áreas de vida, seu uso pode sofrer influência de fatores diversos, bem como a velocidade do vento, temperatura, umidade e a hora do dia. Aqui, investigamos o uso do espaço acústico por quatro espécies de primatas simpátricos (*Alouatta belzebul*, *Callithrix jacchus*, *Saimiri spp* e *Sapajus flavius*), através do uso de gravadores passivos instalados em três fragmentos de Mata Atlântica localizados nos estados de Pernambuco e Paraíba e dois de Caatinga localizados no estado de Alagoas. Para obtenção da estrutura física das vocalizações, construímos espectrogramas através do software Kaleidoscope Pro 5.4.2. Para cada área de estudo, realizamos a caracterização *in situ* para estimar a densidade da vegetação e para avaliar a cobertura da qualidade do hábitat. Usamos testes qui-quadrado para avaliar a variação diurna e mensal da atividade acústica das espécies alvo. Realizamos correlações de Spearman para investigar se o registro de vocalizações dos primatas foi influenciado pelas características *in situ* da vegetação e também pela paisagem acústica das áreas. Além disso, também usamos Análise de Função Discriminante (AFD) seguida de uma PERMANOVA para investigar se as características acústicas dos *Phee Calls* emitidos pelo *Callithrix jacchus*, são distintos nas cinco áreas de estudo. Houve variação diurna e mensal na detecção acústica das espécies alvo, com *Callithrix jacchus*, *Saimiri spp* e *Sapajus flavius* sendo mais ativos durante o dia do que *Alouatta belzebul*. Nas áreas de Caatinga, não detectamos *Sapajus flavius*, mas a espécie *Callithrix jacchus* foi detectada durante a estação seca. Nas áreas de Mata Atlântica, detectamos *Alouatta belzebul* nos meses secos, já *Saimiri spp*, *Callithrix jacchus* e *Sapajus flavius*, foram registrados durante meses secos e chuvosos. Não encontramos correlação entre as características *in situ* das áreas e a detecção de vocalizações dos primatas. Mas vimos que o ruído da geofonia interferiu no registro de vocalizações de *Saimiri spp* em uma área de Mata Atlântica. A AFD e a PERMANOVA mostraram que houve diferenças acústicas na frequência e amplitude dos *Phee Calls* emitidos nas áreas de estudo. A frequência mínima dos *Phee Calls* emitidos na Mata Atlântica foram comparativamente mais baixos que os da Caatinga. Enquanto a amplitude foi mais alta em duas áreas, uma de Mata Atlântica e outra de Caatinga. É possível que o nível de ruído ambiente tenha influenciado mais na propagação das vocalizações do que a densidade da vegetação das nossas áreas de estudo. Dessa forma, a eficiência da propagação de vocalizações de *Callithrix jacchus* pode estar associada com a habilidade da espécie de ajustar suas vocalizações de acordo com a intensidade do ruído ambiente. Assim, essa espécie pode servir como um bom modelo para explicar o comportamento de alguns animais e ambientes diferentes por causa da sua plasticidade comportamental.

**Palavras-chave:** Atividade Acústica. Monitoramento Passivo. Primatas Neotropicais. *Phee Calls*. Sazonalidade. Ruído Ambiente.

## Abstract

Arboreal primates have a great need for acoustic communication in forest environments where visual communication is limited by vegetation. Acoustic space is a limited resource, and as with living areas, its use can be influenced by various factors, such as wind speed, temperature, humidity and time of day. Here, we investigated the use of acoustic space by four species of sympatric primates (*Alouatta belzebul*, *Callithrix jacchus*, *Saimiri* spp and *Sapajus flavius*), using passive recorders installed in three fragments of Atlantic Forest located in the states of Pernambuco and Paraíba and two of Caatinga located in the state of Alagoas. To obtain the physical structure of the vocalizations, we built spectrograms using the software Kaleidoscope Pro 5.4.2. For each study area, we carried out *in situ* characterization to estimate vegetation density and to assess habitat quality coverage. We used chi-square tests to assess the diurnal and monthly variation in the acoustic activity of the target species. We performed Spearman correlations to investigate whether the recording of primate vocalizations was influenced by the *in situ* characteristics of the vegetation and also by the acoustic landscape of the areas. In addition, we also used Discriminant Function Analysis (DFA) followed by a PERMANOVA to investigate whether the acoustic characteristics of the Phee Calls emitted by *Callithrix jacchus* are distinct in the five study areas. There was diurnal and monthly variation in the acoustic detection of the target species, with *Callithrix jacchus*, *Saimiri* spp and *Sapajus flavius* being more active during the day than *Alouatta belzebul*. In the Caatinga areas, we did not detect *Sapajus flavius*, but the species *Callithrix jacchus* was detected during the dry season. In the Atlantic Forest areas, we detected *Alouatta belzebul* in the dry months, while *Saimiri* spp, *Callithrix jacchus* and *Sapajus flavius* were recorded during the dry and rainy months. We found no correlation between the *in situ* characteristics of the areas and the detection of primate vocalizations. However, we did find that geophone noise interfered with the recording of *Saimiri* spp vocalizations in an Atlantic Forest area. AFD and PERMANOVA showed that there were acoustic differences in the frequency and amplitude of the Phee Calls emitted in the study areas. The minimum frequency of the Phee Calls emitted in the Atlantic Forest were comparatively lower than those in the Caatinga. While the amplitude was higher in two areas, one in the Atlantic Forest and the other in the Caatinga. It is possible that the level of ambient noise influenced the propagation of vocalizations more than the density of vegetation in our study areas. In this way, the vocalization propagation efficiency of *Callithrix jacchus* may be associated with the species' ability to adjust its vocalizations according to the intensity of the ambient noise. Thus, this species can serve as a good model to explain the behavior of some animals and different environments because of its behavioral plasticity.

**Keywords:** Passive Acoustic Monitoring. Neotropical Primates. Acoustic Activity. Phee Calls. Seasonality. Ambient Noise

## LISTA DE FIGURAS

### Introdução geral

Figura 1. Gravadores autônomos usados no Monitoramento Acústico Passivo. Gravador da Open Acoustics Devices: AudioMoth (A); HydroMoth (B); Gravador da Wildlife Acoustics:	Song	Meter	4
(C).....			2

### Parte 1

Figura 1. Número e ano de publicação dos estudos (n = 310).....	9
---	---

Figura 2. Número de estudos por gênero de primatas neotropicais (n = 18) obtidos nessa revisão sistemática.....	10
---	----

Figura 3. Número de publicações e o local em que a pesquisa foi realizada (n = 310).....	10
--	----

Figura 4. Número de publicações que utilizaram do Monitoramento Acústico Passivo e o local em que a pesquisa foi realizada (n = 24).....	11
--	----

Figura 5. Número de publicações que utilizaram do Monitoramento Acústico Passivo e o ano em que a pesquisa foi publicada (n = 24).....	12
--	----

Figura 6. Número de publicações que utilizaram do Monitoramento Acústico Passivo e as gêneros do estudo (n = 24).....	12
---	----

Figura 7. Número de publicações e os biomas em que foram conduzidos os estudos relacionados ao Monitoramento Acústico Passivo de primatas neotropicais (n = 24).....	13
--	----

Figura 8. Número de estudo obtidos pela revisão sistemática no tópico sobre o uso do espaço acústico por primatas neotropicais (n = 286).....	17
Figura 9. Número de estudos no tópico sobre o uso do espaço acústico por gêneros de primatas neotropicais (n = 286). Essas publicações correspondem aos estudos que foram conduzidos em cativeiro e em vida livre.....	18
Figura 10. Número de estudos no tópico sobre o uso do espaço acústico que foram conduzidos em cativeiro e gêneros de primatas neotropicais (n = 126).....	19
Figura 11. Número de estudos sobre o uso do espaço acústico e o local em que a pesquisa foi realizada (n = 286).....	19
Figura 12. Número de estudos conduzidos nos biomas brasileiros e nas diversas formações florestais sobre o uso do espaço acústico (n = 151).....	21
Figura 13. Macaco-prego-galego, <i>Sapajus flavius</i> . Foto: Bruna Bezerra.....	23
Figura 14. Chamada de contato <i>trill</i> emitida por <i>Sapajus flavius</i> .....	25
Figura 15. Sagui comum, <i>Callithrix jacchus</i> . Foto: Bruna Bezerra.....	27
Figura 16. Vocalização <i>Phee call</i> ( <i>Long phee call</i> ), emitida por <i>Callithrix jacchus</i> .....	27
Figura 17. Macaco-de-cheiro, <i>Saimiri</i> spp. Foto: Anielise Campêlo.....	29
Figura 18. Vocalização <i>Isolation Peep</i> emitida por <i>Saimiri</i> spp.....	30
Figura 19. Guariba-de-mãos-ruivas, <i>Alouatta belzebul</i> . Foto: Julianne Silva.....	31
Figura 20. Vocalização de Rugido emitida por <i>Alouatta belzebul</i> .....	32

## Parte 2

Figura 1. Localização das áreas de coleta. A) Mapa do Brasil com limite dos biomas; B) Estados do Nordeste do Brasil onde realizamos coleta de dados (Paraíba, Pernambuco e Alagoas); C) Municípios de coleta nos Estados da Paraíba (*i.e.*, Mataraca) e Pernambuco (*i.e.*, Igarassu e Recife); D) Municípios de coleta no Estado de Alagoas (*i.e.*, São José da Tapera e Olho D'água do Casado).....65

Figura 2. Detecções das espécies *Callithrix jacchus*, *Sapajus flavius*, *Alouatta belzebul* e *Saimiri* spp. ao longo do dia nos fragmentos de Mata Atlântica e Caatinga. Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL; 4 – MONA Olho D'água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.....71

Figura 3. Funções canônicas geradas para discriminar a frequência mínima e a amplitude dos *Phee Calls* emitidos por *Callithrix jacchus* nas cinco áreas de estudos: Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera; 4 – MONA, Olho D'água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.....79

Figura 4. Ordenação MDS dos *Phee Calls* usando os parâmetros acústicos (frequência máxima, frequência mínima, amplitude e duração da vocalização). M: Área 1- Mata da Tronox, Mataraca-PB; C: 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; T: 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera; O: 4 – MONA, Olho D'água do Casado-AL; I: 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.....80

## LISTA DE TABELAS

### Parte 2

Tabela 1. Características básicas dos fragmentos de Mata atlântica e Caatinga monitorados no nordeste do Brasil.....66

Tabela 2. Comparação da detecção de vocalizações de primatas entre os diferentes blocos de horas do dia (i.e., 4:00-6:00; 7:00-9:00; 10:00-12:00; 13:00-15:00; 16:00 – 18:00). Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL; 4 – MONA, Olho D’água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.....72

Tabela 3. Variação na detecção de vocalizações de primatas nos meses de coleta. Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL; 4 – MONA, Olho D’água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.....73

Tabela 4. Correlação de Spearman entre a média de registros de vocalizações de *Callithrix jacchus* em cinco blocos de horários e as detecções de antropofonia, geofonia e biofonia. Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL; 4 – MONA, Olho D’água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.....74

Tabela 5. Correlação de Spearman entre a média de registros de vocalizações de *Sapajus flavius* em cinco blocos de horários com as detecções de antropofonia, geofonia e biofonia. Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.....75

Tabela 6. Correlação de Spearman entre a média de registros de vocalização de *Alouatta belzebul* e *Saimiri spp* em cinco blocos de horários com as detecções de antropofonia, biofonia e geofonia. Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife - PE.....75

Tabela 7. Correlação de Spearman entre a média de registro de vocalizações nos cinco blocos de horários de atividade acústica com espécies que ocorrem na mesma área. Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.....76

Tabela 8. Correlação de Spearman entre a média de registros de vocalizações das espécies *Callithrix jacchus* e *Sapajus flavius* e as características ambientais e acústicas das áreas de estudo: Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera -AL; 4 – MONA, Olho D’água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE. Qnt\_Hab: quantidade de hábitat; M\_Nº\_Indv: média do número de indivíduos arbóreos; M\_Alt: média da altura do indivíduos arbóreos; M\_DR: média da densidade relativa; M\_Basal: média da área basal dos indivíduos arbóreos; M\_ndvi: média de NDVI; Ruído\_A: média do registro de antropofonia; Ruído\_B: média do registro de biofonia; Ruído\_G: média do registro de geofonia.....77

Tabela 9. Medidas descritivas dos parâmetros acústicos de *Phee Calls* emitidos por *Callithrix jacchus* nas cinco áreas de estudo: Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera; 4 – MONA, Olho D’água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.....78

Tabela 10. Variáveis acústicas dos *Phee Calls* emitidos por *Callithrix jacchus* usadas para discriminar as áreas de estudo: Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera; 4 – MONA, Olho D’água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.....79

Tabela 11. Comparações entre pares dos *Phee Calls* emitidos por *Callithrix jacchus* nas áreas de estudo: 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera; 4 – MONA, Olho D’água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.....80

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução geral .....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
2.1 Objetivo geral .....	5
2.2 Objetivo específico .....	5
<b>3. PARTE 1: REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Uma revisão bibliométrica sobre o uso do espaço acústico e monitoramento acústico passivo de primatas .....</b>	<b>6</b>
2.3.1 Introdução .....	6
2.3.2 Métodos .....	8
2.3.3 Resultados e Discussão .....	9
2.3.4 Conclusão .....	22
<b>2.4 Espécies alvo do estudo .....</b>	<b>22</b>
2.4.1 <i>Sapajus flavius</i> .....	22
2.4.2 <i>Callithrix jacchus</i> .....	25
2.4.3 <i>Saimiri</i> spp. ....	28
2.4.4 <i>Alouatta belzebul</i> .....	30
2.5 Referências Bibliográficas.....	32
<b>3 PARTE 2: A detecção de primatas por meio de monitoramento acústico passivo varia de acordo com a espécie e o bioma .....</b>	<b>61</b>
3.1 Introdução.....	61
3.2 Metodologia .....	64
3.2.1 Áreas de estudo .....	64
3.2.2 Coleta de dados acústicos .....	68
3.2.3 Análise de dados .....	68
3.3 Resultados.....	69
3.3.1 Tipos de vocalizações detectáveis por MAP.....	69
3.3.2 Variação temporal na detecção dos sinais acústicos.....	70
3.3.3 Ruído ambiente e detecção de vocalizações.....	74
3.3.4 Correlação entre detecção das espécies nas áreas de simpatria.....	75
3.3.5 Relação entre características das áreas e detecção de vocalizações .....	76
3.3.6 Características acústicas do <i>Phee Call</i> nas áreas de estudo.....	78
3.4 Discussão.....	81
3.4.1 Detecção dos primatas por Monitoramento Acústico Passivo .....	81
3.4.2 Tipos de vocalizações mais emitidas pelas espécies do estudo .....	84
3.4.3 Variação temporal na detecção dos sinais acústicos nas áreas de estudo.....	86
3.4.4 Ruído ambiente e atividade vocal de primatas .....	91
3.4.5 Características do habitat e a detecção acústica de primatas .....	93
3.4.6 Variação das características acústicas dos <i>Phee Calls</i> nas áreas de estudo .....	95
3.4.7 Conclusão .....	98
3.5 Referências Bibliográficas.....	99

<b>4</b>	<b><i>PARTE 3. Conclusões gerais e recomendações para o monitoramento acústico passivo de primatas</i></b> .....	<b>122</b>
4.1	Conclusões gerais da parte 1 da dissertação.....	122
4.2	Conclusões gerais da parte 2 da dissertação.....	123
<b>5</b>	<b><i>ANEXO 1. Paisagem das áreas de estudo</i></b> .....	<b>129</b>
5.1	Caracterização da paisagem acústica das áreas de estudo .....	129
5.2	Caracterização estrutural da paisagem .....	131
5.2.1	Caracterização <i>in situ</i> .....	131
<b>6</b>	<b><i>ANEXO 2. Espectrogramas de vocalizações dos primatas detectadas pelo monitoramento acústico passivo</i></b> .....	<b>148</b>
6.1	<i>Callithix jacchus</i> .....	148
6.2	<i>Sapajus flavius</i> .....	149
6.3	<i>Alouatta belzebul</i> .....	152
6.4	<i>Saimiri spp</i> .....	153

## 1 Introdução geral

---

Os primatas possuem vocalizações altas com características específicas adaptadas para transmissão por longas distâncias (Schneider *et al.*, 2008). A comunicação vocal é uma modalidade significativa na comunicação de primatas, especialmente em espécies arborícolas, visto que florestas densas atrapalham a comunicação visual à longa distância (Bezerra *et al.*, 2013). Os sinais acústicos desses animais possuem informações que permitem o reconhecimento social, avisos de perigo, aprendizagem e períodos reprodutivos (Bezerra *et al.*, 2009). No entanto, a comunicação acústica pode ser prejudicada pelo ruído ambiental, levando alguns animais a desenvolverem mecanismos para neutralizar seus efeitos de mascaramento (Brumm, 2004). E essa interferência conduz as espécies a modificarem sua produção vocal para desenvolver uma comunicação efetiva na presença de ruídos interferentes (Roy *et al.*, 2011).

Os primatas não humanos têm um controle vocal limitado, mas relativamente pouco se sabe sobre a sua capacidade de modificar o comportamento vocal frente a ruídos do ambiente (Roy *et al.*, 2011). De acordo com o estudo sobre comunicação acústica de *Callithrix jacchus*, os resultados mostraram evidências de que a espécie é capaz de modificar sua produção vocal de acordo com as interferências acústicas do seu ambiente acústico durante a comunicação vocal (Roy *et al.*, 2011). Um segundo estudo, desta vez avaliando a plasticidade vocal de *C. jacchus*, demonstrou que os indivíduos aumentaram a duração das suas vocalizações em resposta ao ruído branco emitido (Brumm *et al.*, 2004). Outra pesquisa mostrou que na presença de um ruído ambiental previsível, a espécie *Saguinus oedipus* é capaz de modificar a duração, o tempo e a amplitude de suas chamadas como forma de evitar a interferência acústica no ambiente (Egnor *et al.*, 2007).

Dessa forma, estudos mostram que animais podem desenvolver mecanismos compensatórios, e desta forma, podem melhorar a transmissão de sinais acústicos e ocupar diferentes nichos acústicos dentro do mesmo ambiente (Schneider *et al.*, 2008). Segundo Araújo *et al.* (2020), nicho acústico é uma porção do espaço acústico em que um sinal é transmitido corretamente entre o indivíduo emissor e reconhecido pelo receptor, gerando uma resposta comportamental. Assim, sinais acústicos são usados para mediar o uso do espaço físico, por exemplo, quando competem por recursos e território ou em interações predador-presa (Bastos *et al.*, 2018). Alguns estudos já investigaram a forma como diferentes espécies de aves ocupam diferentes tipos de nicho acústico dentro do mesmo habitat (Naguib & Wiley, 2001; Nemeth *et al.*, 2006), mas informações sobre a

forma como os primatas simpátricos utilizam nichos acústicos distintos ainda é limitada (Scheider *et al.*, 2008).

Os recentes avanços nas tecnologias da bioacústica proporcionaram o desenvolvimento de novas técnicas de monitoramento mais econômicas, as quais facilitaram a investigação de comunidades animais em larga escala temporal e espacial (Kalan *et al.*, 2015). O Monitoramento Acústico Passivo (MAP) é uma técnica não-invasiva que utiliza unidades de gravação autônomas (*Autonomous Recording Units*) (Enari *et al.*, 2019). Para as gravações acústicas, podem ser usados diversos tipos de equipamentos que são relativamente pequenos, como microfones, hidrofones e outros dispositivos de gravação autônoma (Kalan *et al.*, 2015) (Figura 1), permitindo aos pesquisadores monitorar, comparar diferentes áreas ao mesmo tempo e permanecer no campo por longos períodos (Medeiros *et al.*, 2017; Hill *et al.*, 2019; Scapelli *et al.*, 2021; Piel *et al.*, 2021). O MAP é frequentemente utilizado em estudos de mamíferos marinhos e, atualmente, também se tornou popular em pesquisas de espécies terrestres (Heinicke *et al.*, 2015).



**Figura 1.** Gravadores autônomos usados no Monitoramento Acústico Passivo. Gravador da Open Acoustic Devices: AudioMoth (A); HydroMoth (B); Gravador da Wildlife Acoustics: Song Meter 4 (C).

Esse método também pode ser aplicado no grupo dos primatas, sendo bastante eficiente para a realização do censo populacional (Pereira, 2011), detecção da presença das espécies, reconhecimento de diferentes tipos de vocalização e produção de dados sociocomportamentais (Enari *et al.*, 2011). Tais dados são essenciais para ajudar a compreender a composição e a dinâmica populacional (Enari *et al.*, 2011). No entanto, poucas pesquisas têm mostrado a eficiência na detecção automática de sinais na identificação de primatas (Kalan *et al.*, 2015; Heinicke *et al.*, 2015).

O monitoramento acústico passivo tem um grande potencial de estudar espécies raras e crípticas (grupo de espécies que são morfologicamente idênticas, isoladas reprodutivamente e frequentemente simpátricas) (Miller *et al.*, 2016; Schroeder & Mcrae, 2019; Clink & Klinck, 2020). Um estudo comprovou a eficiência do MAP como método alternativo para a detecção de uma espécie rara de primata, *Leontopithecus chrysopygus*. O estudo ainda afirma que essa técnica foi mais efetiva do que os métodos tradicionais (i.e., playback, transectos) (Zambolli *et al.*, 2023). Além disso, outro estudo utilizou o MAP e índices de diversidade acústica para investigar o impacto acústico causado por duas espécies invasoras (*Callithrix jacchus* e *Callithrix penicillata*). Os resultados mostraram que a ocorrência dos primatas estava negativamente relacionada com a diversidade acústica dos cantos das aves, mas sugerem que estas espécies de primatas têm impacto nas comunidades de aves através de mecanismos que reduzem a diversidade acústica (i.e., uma consequência da predação direta, uma mudança no comportamento de sinalização das aves como uma estratégia antipredadores, ou ambos) (Zaluar *et al.*, 2022). Essa é uma pesquisa pioneira em documentar o impacto de calitriquídeos na diversidade acústica de aves e a combinar o monitoramento acústico passivo com índices de diversidade acústica para abordar os impactos das espécies invasoras na biodiversidade, uma abordagem promissora para a pesquisa de invasões biológicas (Zaluar *et al.*, 2022).

Atualmente, cerca de 60% das espécies de primatas estão ameaçadas de extinção e 75% têm populações em declínio (Estrada *et al.*, 2017). O uso da detecção automática pode contribuir para o monitoramento a longo prazo dos primatas (Pérez-Granados & Schuchmann, 2021). Um estudo usou o MAP para a detecção e classificação das vocalizações de três espécies de primatas (*Pan troglodytes verus*, *Cercopithecus diana* e *Colobus polykomos*) que ocorrem no Parque Nacional Taii na Costa do Marfim (Kalan *et al.*, 2020). Com esta metodologia, os pesquisadores obtiveram como resultado a comprovação da eficácia do MAP no monitoramento acústico para as espécies, além de informações úteis para outras áreas de estudo como ecologia, conservação e demais

estudos comportamentais. Outra pesquisa avaliou a eficácia do MAP e do software de reconhecimento automático de sinais (*Kaleidoscope Pro Wildlife Acoustics*, [www.wildlifeacoustics.com](http://www.wildlifeacoustics.com)) para detectar a presença e monitorar o comportamento de rugido do *Alouatta caraya* no Pantanal brasileiro (Pérez-Granados & Schuchmann, 2021). Os resultados do estudo mostram que *A. caraya* apresentou um padrão sazonal de atividade de rugido, com a maioria das emissões detectadas durante a estação chuvosa. O estudo também constatou que o software de reconhecimento automatizado de sinais permitiu identificar as espécies em 89% das gravações relacionadas com as vocalizações de longo alcance da espécie, demonstrando ter um bom desempenho que está relacionado com as vocalizações de longo alcance da espécie (Pérez-Granados & Schuchmann, 2021). Dessa forma, mais pesquisas devem ser realizadas para avaliar a eficácia do reconhecimento automático na detecção de sinais de diferentes espécies de primatas e em diferentes condições ambientais. A avaliação da eficácia do reconhecimento automático na detecção de sinais de diferentes espécies de primatas e em diferentes condições ambientais torna-se importante para validação do método, criação de protocolos, estudos biológicos, monitoramento ambiental e localização de espécies (Mielke & Zuberbühler, 2013; Heinicke *et al.*, 2015)

Segundo o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, cerca de 25 espécies de primatas ocorrem na Mata Atlântica e 4 ocorrem na Caatinga. Nos remanescentes do nordeste podemos encontrar, dentre outras espécies, *Callithrix jacchus*, *Alouatta belzebul*, *Sapajus flavius* e *Saimiri sciureus*. Essas são as espécies-alvo deste estudo. A espécie *Callithrix jacchus* (Callitrichidae) é endêmica do Brasil e categorizada como Menos Preocupante (LC) no status de conservação (Valença-Montenegro *et al.*, 2021). O tamanho do grupo varia de 3 a 15 indivíduos, com sistema comunitário de criação de filhotes (Silva & Cruz, 1993). *Sapajus flavius* (Cebidae) ocorre na Mata Atlântica e na Caatinga, e é avaliado como Em Perigo (EN) no status de conservação do Brasil e na lista internacional (Valença-Montenegro *et al.*, 2021). Os registros indicam grupos multi-machos e multi-fêmeas de até 150 indivíduos (Medeiros *et al.*, 2019). *Alouatta belzebul* (Atelidae) é categorizada como vulnerável (VU) em seu status de conservação nacional e internacional (Valença-Montenegro *et al.*, 2021). O tamanho dos grupos varia entre 5 e 9 indivíduos (Pina *et al.*, 2002). *Saimiri* spp. pertence à família Cebidae e são primatas de pequeno porte e está categorizada como Menos Preocupante (LC) na categoria de ameaça da IUCN (Silva Júnior *et al.*, 2021). Esses

primatas formam grandes grupos de 100 indivíduos, mas há registros de grupos com 500 indivíduos em grandes fragmentos e 10 a 35 indivíduos em fragmentos menores (Baldwing & Baldwin, 1981).

Esta dissertação é apresentada em três partes. A primeira parte contém um referencial teórico que faz uma revisão sistemática sobre os temas centrais desta dissertação: monitoramento acústico passivo (MAP) de primatas, o uso do espaço acústico por primatas, buscando entender o que se sabe atualmente sobre esses temas ao passo que traz um diagnóstico sobre as tendências de publicações, localidades e lacunas para primatas das Américas. Além disso, essa primeira parte traz informações sobre as espécies alvo deste estudo que configuram a proposta da segunda parte da dissertação. A segunda parte traz dados resultantes da aplicação de MAP para o monitoramento de quatro espécies de primatas ocorrendo em cinco fragmentos-alvo de Caatinga e Mata Atlântica no nordeste do Brasil. Aborda como o MAP em primatas pode ser influenciado pela espécie, pelo contexto e pelo hábitat em que ela se encontra. Por fim, a terceira parte da dissertação sumariza as principais conclusões obtidas das partes um e dois e propõe recomendações para estudos futuros voltados para MAP das espécies-alvo deste estudo.

## **2 OBJETIVOS**

---

### **2.1 Objetivo geral**

Investigar o uso do espaço acústico por primatas (*Alouatta belzebul*, *Callithrix jacchus*, *Saimiri* spp. e *Sapajus flavius*) ocorrendo em simpatria em fragmentos de Mata Atlântica e Caatinga através de monitoramento acústico passivo.

### **2.2 Objetivo específico**

- Elucidar o estado da arte sobre o Monitoramento Acústico Passivo (MAP) e o uso do espaço acústico por primatas das Américas.
- Identificar os tipos de vocalizações dos primatas das áreas de estudo que são detectáveis por MAP.
- Avaliar a influência da paisagem (localidade, estrutura da vegetação e paisagem acústica) sobre os padrões de detecção acústica das espécies de primatas alvo do estudo;

- Avaliar a influência temporal (diária e mensal) sobre o padrão de detecção acústica destas espécies;
- Avaliar se a estrutura da vocalização de uma das espécies (*Callithrix jacchus*) varia entre as cinco áreas de estudo.

### **3. PARTE 1: REFERENCIAL TEÓRICO**

---

#### **2.3 Uma revisão bibliométrica sobre o uso do espaço acústico e monitoramento acústico passivo de primatas**

##### **2.3.1 Introdução**

O uso do espaço é frequentemente afetado pela variação espaço-temporal na disponibilidade de recursos, da densidade populacional e varia entre os indivíduos (Wauters *et al.*, 2021), podendo determinar a forma como os indivíduos vão interagir entre si, com outras espécies e com seu ambiente, desta forma, ajustando a estrutura espacial das comunidades e dos ecossistemas (Van Beest *et al.*, 2011; Tamburello *et al.* 2015). Outros fatores relevantes no ajuste do uso do espaço e que podem afetar os padrões de movimento pelos animais é a qualidade e heterogeneidade do hábitat (Wauters *et al.*, 2001). Por exemplo, a alta disponibilidade de alimento leva a uma redução da área de vida (Šálek *et al.* 2015), e conseqüentemente, leva a modificações nas interações das espécies e na organização social.

O espaço acústico é multivariado e pode ser fisicamente descrito com base em três eixos: frequência, intensidade e o tempo (Feynman *et al.*, 1963; Resnick & Halliday, 1970). A comunicação acústica depende do som, que é definido como uma onda mecânica gerada a partir da perturbação das partículas do meio (Resnick & Halliday, 1970; Bradbury & Vehrencamp, 2011). Essa perturbação gera variações cíclicas e frentes de ondas que se propagam ao longo do espaço (Araújo *et al.*, 2020). Como a variação da pressão da onda sonora é cíclica, é possível obter sua taxa de repetição (frequência), através do intervalo da variação da amplitude ao longo do tempo (Resnick & Halliday, 1970). Apesar do som ser um fenômeno complexo, os sinais acústicos transmitidos até o

receptor, se limitam a pressão e tempo, sendo a amplitude (intensidade), frequência e tempo as características básicas de qualquer som (Vielliard & Silva 2010). O espaço acústico é um recurso limitado, e assim como ocorre nas áreas de vida, seu uso pode sofrer influência de fatores ambientais como a configuração espacial da vegetação e a interferência acústica de outros organismos no ambiente, que levam a partição efetiva do espaço acústico entre as espécies (Wilkins *et al.*, 2013; Araújo *et al.*, 2020).

O Monitoramento Acústico Passivo (MAP) é um dos métodos de registro dos sinais acústicos produzidos pelos animais através do uso de unidades de gravação autônomas (Enari, 2019). O MAP consiste na técnica não invasiva de gravação das vocalizações emitidas pelos animais, que são identificados e monitoradas sem interferir no seu comportamento (Cato *et al.*, 2006; Zimmer, 2011; Marques *et al.*, 2012). Para a realização de gravações acústicas automatizadas podem ser usados diversos tipos de equipamentos e análises baseadas na avaliação de espectrogramas, que permitem estimar a riqueza, abundância e composição da comunidade acusticamente ativa (Blumstein *et al.*, 2011). Muitos estudos têm aplicado esta técnica no monitoramento de primatas para estimar a ocorrência de espécies (Kalan *et al.*, 2015) e para reconhecimento de diferentes tipos de chamadas (Enari *et al.*, 2019). O monitoramento dos primatas através de vocalizações é importante para a conservação dos mesmos, podendo trazer informações relevantes para o manejo das espécies e para tomada de decisões (Texeira *et al.*, 2019).

Atualmente, existem 178 espécies de primatas neotropicais na América Central e do Sul, distribuindo-se pelas áreas tropicais das Américas a partir do leste e do sul do México, estendendo-se até o norte da Argentina (Silva, 2006). Encontram-se divididos nas famílias Callitrichidae, Cebidae, Aotidae, Pitheciidae e Atelidae. O Brasil é o país com maior número de primatas, são cerca de 140 táxons (incluindo espécies e subespécies) distribuídas em 19 gêneros e 83 táxons endêmicos do Brasil (Rylands, 2000). A família Callitrichidae possui cinco gêneros: *Cebuella*, *Callithrix*, *Saguinus*, *Leontopithecus* e *Callimico*, e é composta por primatas de pequeno porte (100–700 g) conhecidos como saguis e saúns e possuem alta capacidade de manipulação com os membros, para locomoção, alimentação e cuidado parental (Silva, 2021). A família Cebidae contém os gêneros *Sapajus*, *Cebus* e *Saimiri*. São endêmicos da América Latina e vivem em grandes grupos sociais com hierarquia de dominância (Rylands & Mittermeier, 2009). A família Aotidae é composta pelo gênero *Aotus*, primatas

conhecidos como macacos-da-noite, com hábitos noturnos, encontrados nas regiões tropicais da América do Sul (Rylands & Mittermeier, 2009). A família Pitheciidae contém os gêneros *Cacajao*, *Chiropotes*, *Pithecia*, *Callicebus*, *Cheracebus* e *Plecturocebus*, que apresentam distribuição nas florestas tropicais da América do Sul (Opazo *et al.*, 2006; Byrne *et al.*, 2016). A família Atelidae é representada pelos maiores primatas das Américas e está dividida nos gêneros *Alouatta*, *Ateles*, *Brachyteles* e *Lagothrix* (Rylands & Mittermeier, 2009). Esses primatas têm um repertório vocal variado e características sociais bem distintas (Oliveira, 2002; Bezerra & Souto, 2008; Bastos *et al.*, 2015). Dessa forma, entender como elas exploram o espaço acústico pode trazer luz sobre como ocorreu a evolução do comportamento social e a ecologia dessas espécies. O monitoramento dos animais através de vocalizações é importante para a conservação dos mesmos, podendo trazer informações relevantes para o manejo das espécies e para tomada de decisões (Teixeira *et al.*, 2019).

Aqui procuramos levantar as informações sobre os estudos que abordam o uso do espaço acústico e monitoramento acústico passivo em primatas neotropicais. Para isso, realizamos uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de:

1. Investigar o estado da arte sobre o Monitoramento Acústico Passivo (MAP) e o Uso do espaço acústico em primatas neotropicais.
2. Entender as lacunas espaciais e de espécies no que diz respeito à estas modalidades de monitoramento.
3. Entender que tipo de informações ecológicas e comportamentais foi possível acumular até o momento com o MAP e o uso do espaço acústico para estudos de primatas neotropicais.

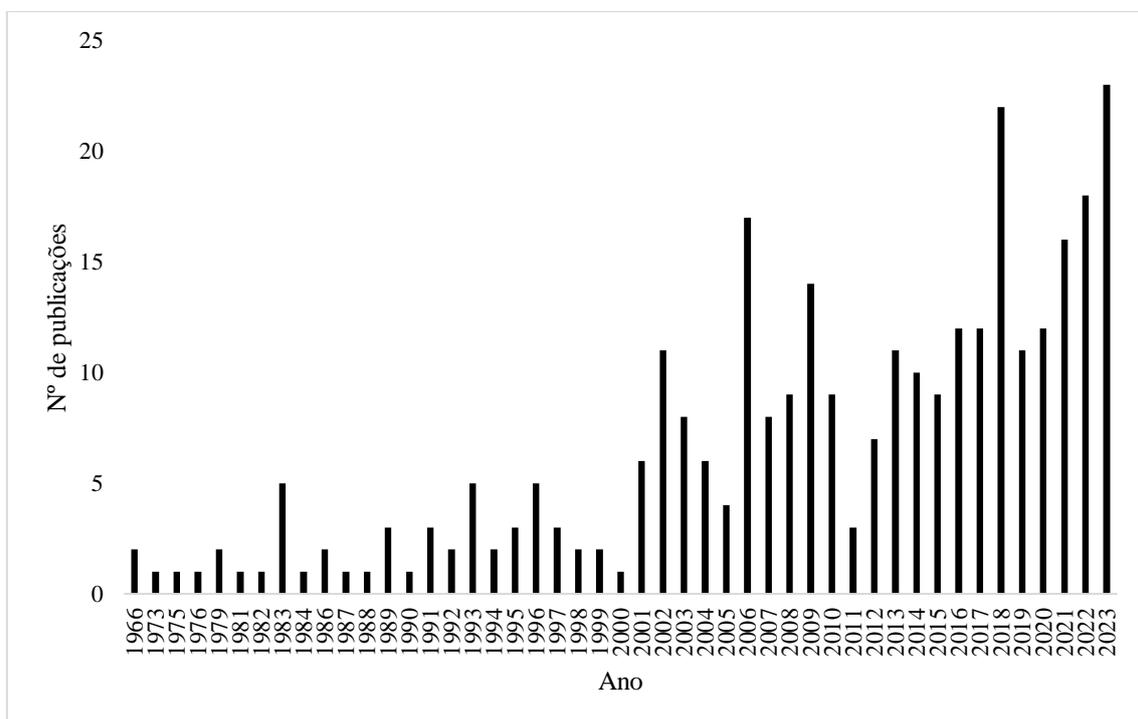
### **2.3.2 Métodos**

Realizamos uma revisão sistemática da literatura usando as plataformas “Google Acadêmico”, “Web Of Science” e “Scopus” para reunir pesquisas publicadas sobre o uso do espaço acústico e a técnica de monitoramento acústico passivo em primatas neotropicais. Usamos as seguintes palavras-chaves em inglês: “soundscape primates”, “vocal communication”, “acoustic monitoring”, “passive acoustic monitoring”, “PAM vocalizations”, “vocalizations primates”, “acoustic signals”, “vocal repertoire”, “vocalization monitoring”, “acoustic primates”, “audiomoth primates” e “acoustic

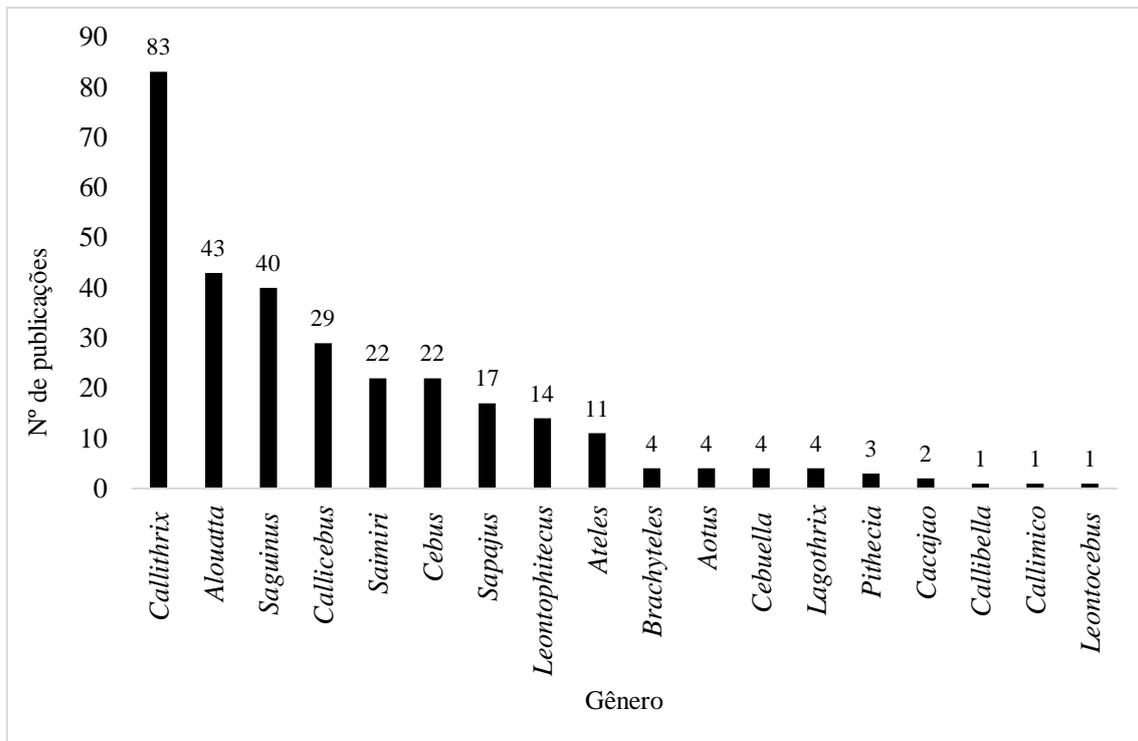
competition”. Consideramos todos os estudos, como dissertações e teses, trabalhos de conclusão de curso (TCC) e artigos publicados em revistas científicas tanto em inglês como em português que foram obtidos com os termos usados e filtramos os estudos relevantes após a leitura do abstract. Após a filtragem das publicações, compilamos algumas informações numa planilha Excel: o ano de publicação, a espécie de estudo, o país do estudo e o bioma.

### 2.3.3 Resultados e Discussão

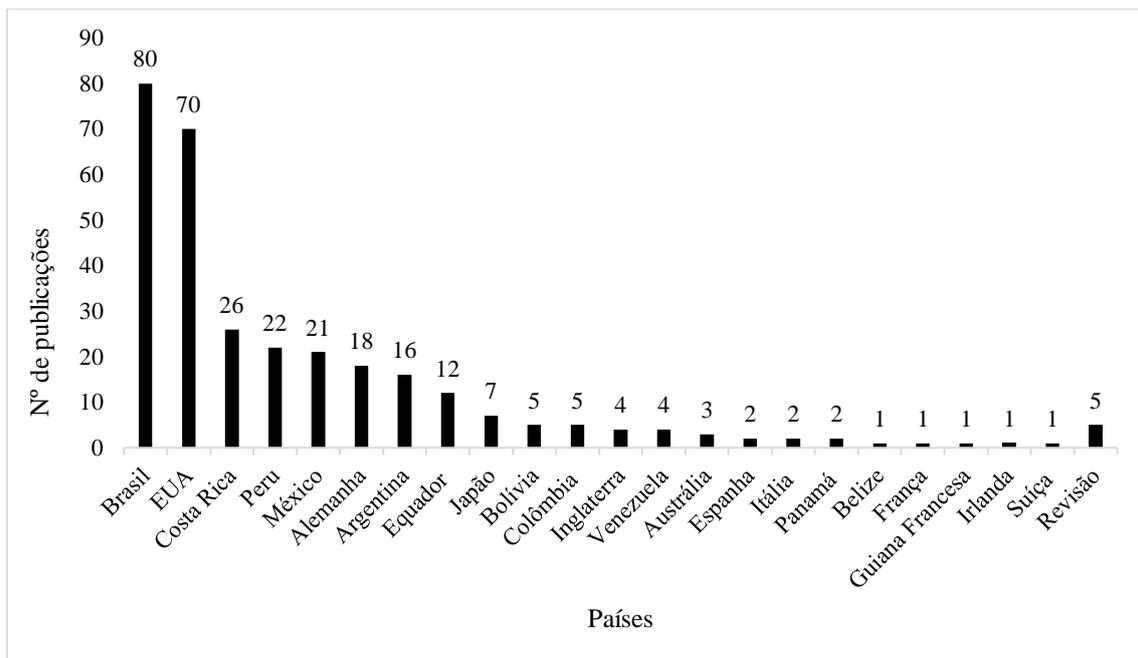
Obtivemos um total de 310 estudos e a maior quantidade deles foi publicada em 2023, e logo depois em 2022 (Figura 1). Entre os primatas neotropicais, o gênero *Callithrix* foi o mais estudado (Figura 2). Grande parte dos estudos foram conduzidos no Brasil (n = 80) e EUA (n = 70) (Figura 3).



**Figura 1.** Número e ano de publicação dos estudos (n = 310).



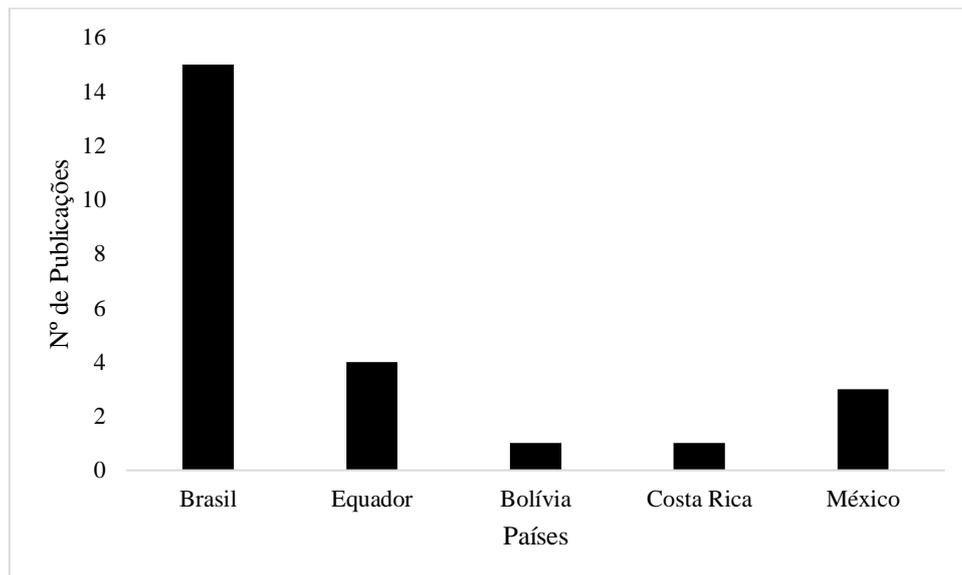
**Figura 2.** Número de estudos por gênero de primatas neotropicais (n = 18) obtidos nessa revisão sistemática.



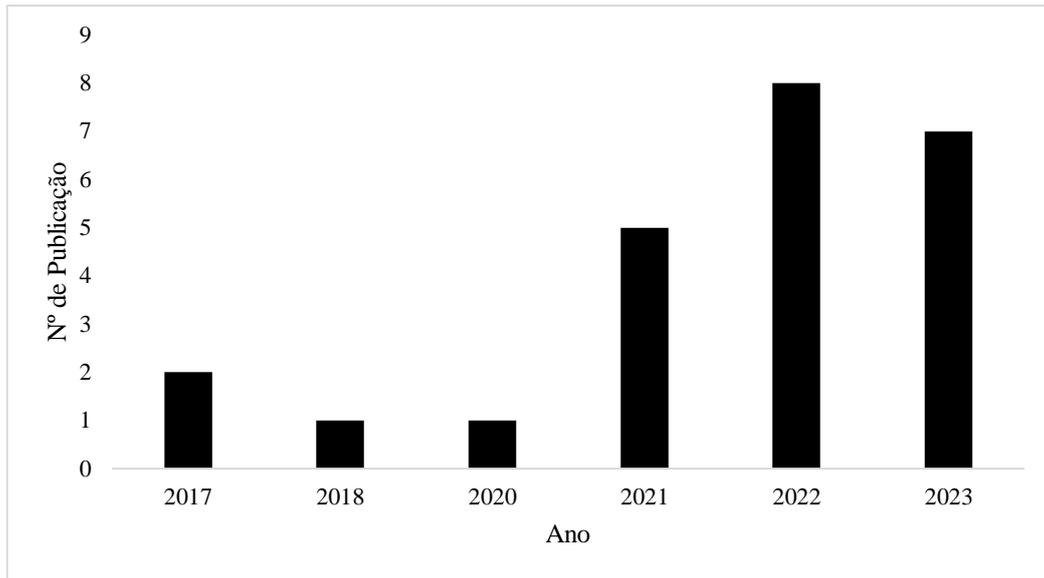
**Figura 3.** Número de publicações e o local em que a pesquisa foi realizada (n = 310).

### 2.3.3.1 Monitoramento Acústico Passivo em primatas neotropicais

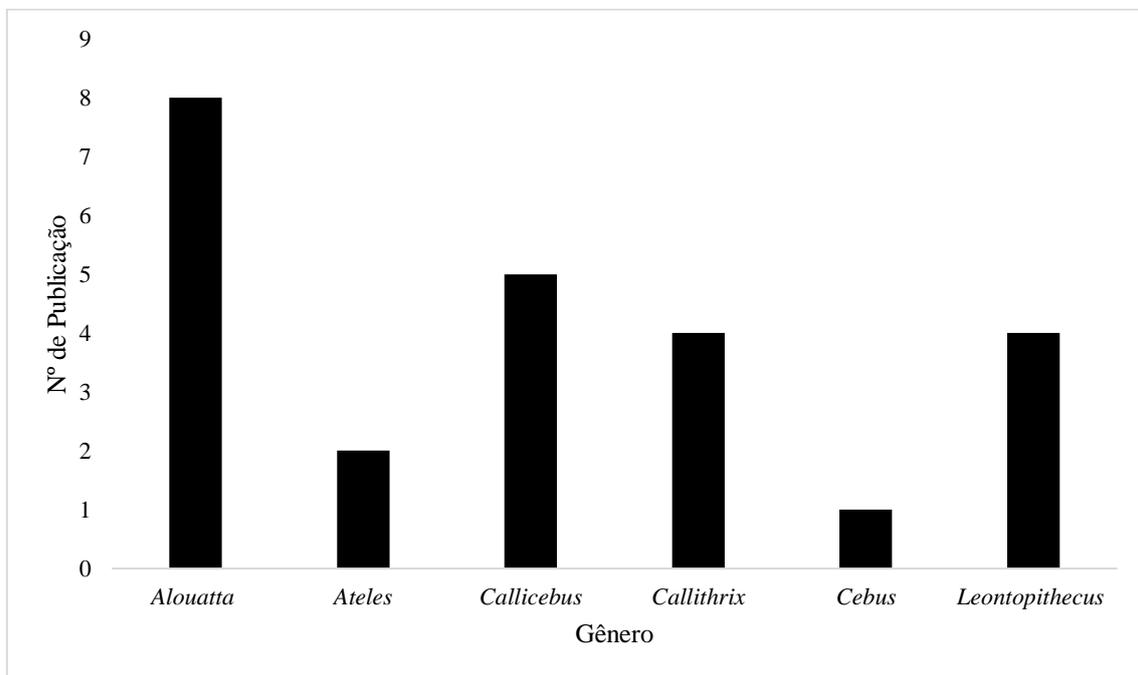
Nós obtivemos um total de 24 estudos referente ao tópico Monitoramento Acústico Passivo (MAP) em primatas neotropicais em nossa revisão sistemática. A maior parte dos estudos foram conduzidos no Brasil (n = 15) (Figura 4). Um total de 6 gêneros foram considerados nos 24 artigos, do gênero *Alouatta* encontramos 8 estudos (*Alouatta macconnelli*, n = 3; *Alouatta caraya*, n = 1, *Alouatta palliata aequatorialis*, n = 1, *Alouatta pigra*, n=2, *Alouatta guariba clamitans*, n = 1), para o gênero *Callithrix* encontramos 4 estudos (*Callithrix jacchus*, n = 1, *Callithrix penicillata*, n = 3), no gênero *Leontopithecus*, encontramos 4 estudos (*Leontopithecus chrysopygus*, n = 4), para *Callicebus* encontramos 5 estudos (*Callicebus nigrifrons*, n = 2, *Callicebus cupreus*, n = 1, *Callicebus discolor*, n = 1, *Callicebus donacophilus*, n = 1), e para *Cebus* encontramos 1 estudo (*Cebus aequatorialis*, n = 1) e para o gênero *Ateles*, encontramos 2 estudos (*Ateles geoffroyi*, n = 2) (Figura 6). Na nossa revisão de literatura, grande parte dos estudos foram conduzidos na Mata Atlântica (n = 11) (Figura 7). Na nossa pesquisa de literatura observamos que o maior número de artigos foi publicado no ano de 2022 (n = 8) (Figura 5).



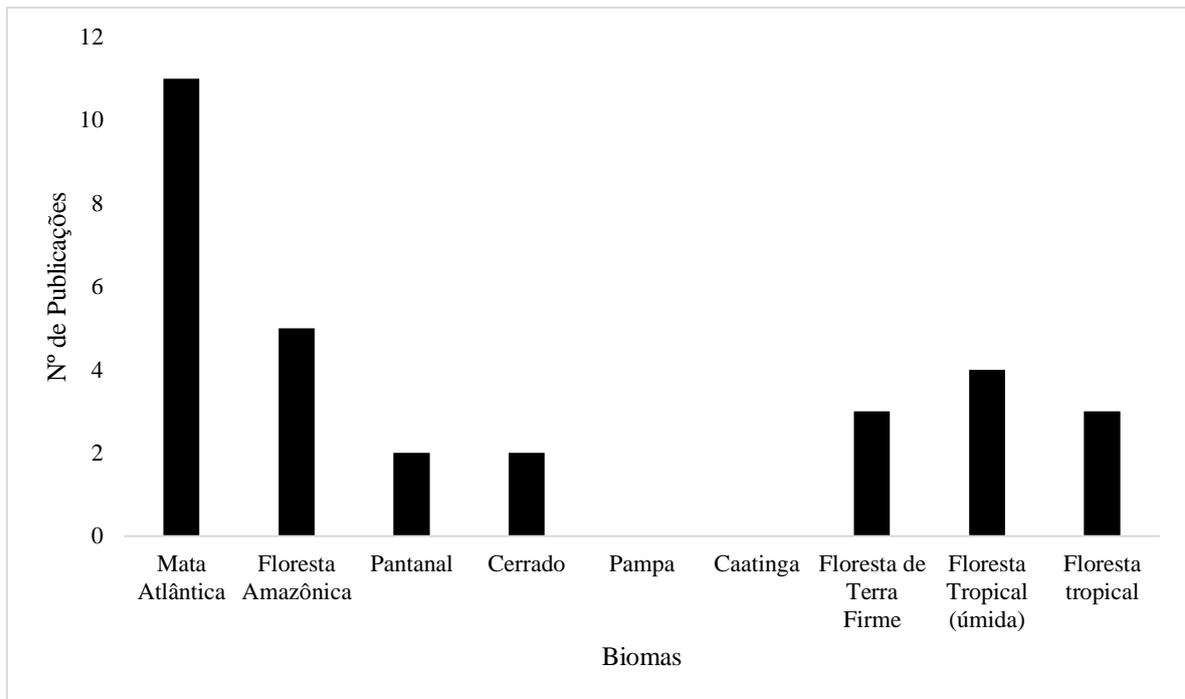
**Figura 4.** Número de publicações que utilizaram do Monitoramento Acústico Passivo e o local em que a pesquisa foi realizada (n = 24)



**Figura 5.** Número de publicações que utilizaram do Monitoramento Acústico Passivo e o ano em que a pesquisa foi publicada (n = 24).



**Figura 6.** Número de publicações que utilizaram do Monitoramento Acústico Passivo e as gêneros do estudo (n = 24).



**Figura 7.** Número de publicações e os biomas em que foram conduzidos os estudos relacionados ao Monitoramento Acústico Passivo de primatas neotropicais (n = 24).

Os estudos que utilizam o MAP em ecossistemas terrestres começaram na década de 1990, sendo amplamente utilizados para monitorar morcegos, aves e anuros (Sugai *et al.*, 2019; Pérez-Granados & Schuchmann, 2021). Entretanto, a pouca quantidade de artigos que encontramos na nossa revisão reflete na técnica MAP ser relativamente recente e rara para o monitoramento de primatas neotropicais (Pérez-Granados & Schuchmann, 2021). A pouca quantidade de estudos referentes ao MAP em primatas neotropicais talvez tenha sido afetada pelos diferentes padrões de deslocamento entre as espécies de primatas, interferindo negativamente na sua detecção no ambiente e dificultando a realização de estudos até o momento. O modo de uso do espaço pelos primatas é relacionado ao movimento do grupo durante o dia (Robinson, 1986) e pode ser influenciado tanto por fatores comportamentais quanto ecológicos, como aspectos sociais (Milton & May, 1976) e estratégias alimentares (Peres, 1994; Rylands, 1996; Dietz *et al.*, 1997), as quais podem mudar com a disponibilidade e abundância de alimento em diferentes áreas de floresta e ao longo do tempo. Lugares adequados para descanso (Altmann, 1974; Hankerson *et al.* 2007), assim como a conectividade de hábitat e diversidade do dossel da floresta (Raboy *et al.*, 2004), também podem interferir

Só na última década os recentes avanços tecnológicos, como os gravadores autônomos, ganharam popularidade (Kalan *et al.*, 2015) e esses avanços trouxeram várias vantagens para as pesquisas de biomonitoramento, como uma amostra temporal e espacial mais ampla, redução do tempo de observação do pesquisador e do armazenamento das gravações de campo que podem ser analisadas digitalmente (Sugai *et al.*, 2019). Dessa forma, o Monitoramento Acústico Passivo (MAP) é uma ferramenta potente para o monitoramento da biodiversidade, com aplicações ecológicas, comportamentais e de conservação (Farina & Gage, 2017).

As pesquisas que utilizam do MAP têm sido amplamente aplicadas em ecossistemas marinhos para detectar a presença das espécies, estimar a dinâmica populacional e determinar padrões de atividade e rotas de movimento (Mellinger *et al.*, 2007). Da mesma forma, esse método também possibilita fazer levantamentos faunísticos em ambientes terrestres. Na nossa revisão sistemática os estudos referentes ao MAP em primatas neotropicais usaram essa técnica para mostrar a efetividade no reconhecimento de sinais acústicos para detectar e monitorar o comportamento dos primatas como *Alouatta caraya*, *Alouatta macconnelli* e *Leontopithecus chrysopygus* (Zambolli, 2017; Pérez-Granados & Schuchmann, 2021; Do Nascimento *et al.*, 2021) para compreensão do comportamento vocal; investigar o impacto do ruído antropogênico na comunicação acústica como nas espécies *Callicebus nigrifrons* e *Callithrix jacchus* (Duarte *et al.*, 2017; Bittencourt *et al.*, 2023); investigar o impacto de espécies invasoras na fauna nativa como *Callithrix jacchus* e *Callithrix penicillata* (Zaluar *et al.*, 2022); investigar as associações de hábitat por espécies de primatas ameaçados como *Cebus aequatorialis* e *Alouatta palliata aequatorialis* (Tleimat, 2021). No entanto, a aplicação do MAP no monitoramento de espécies terrestres ainda é inicial quando comparado ao seu uso em ecossistemas marinhos, e só recentemente recebeu atenção significativa (Servick, 2014). Portanto, compreendendo as limitações e os desafios do MAP em ecossistemas terrestres, podemos direcionar melhor as aplicações futuras e o progresso dessa técnica na pesquisa ecológica e comportamental de primatas.

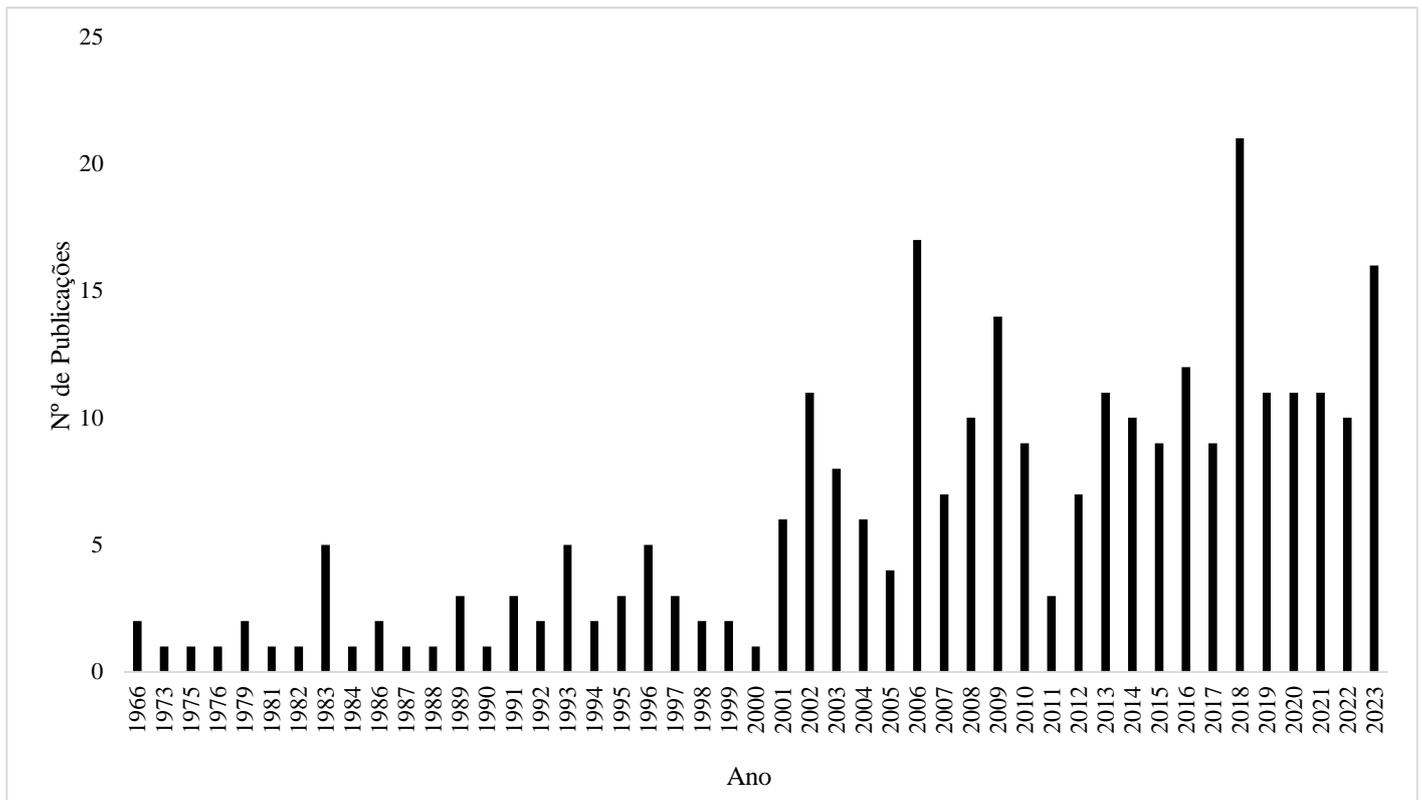
Na nossa revisão sistemática, observamos que a maior parte dos estudos que utilizaram o MAP, foram conduzidos em florestas tropicais (Figura 7). Os ecossistemas tropicais ocupados pela maioria das espécies de primatas são os ambientes mais complexos na terra por abrigar uma vasta diversidade de espécies vegetais e animais (Fleagle, 1998). Devido à forte associação dos primatas com esses ambientes, a floresta

tropical proporciona um ambiente desafiador para a acústica passiva em primatas neotropicais, isso porque o nível de ruído ambiente é alto e varia rapidamente durante o dia (Kalan *et al.*, 2015), e tem como consequência detecções equivocadas das espécies (falsos positivos e falsos negativos). Ainda assim, devido à complexa paisagem sonora encontrada nos ecossistemas terrestres, existem poucas abordagens acústicas automatizadas personalizadas para mamíferos terrestres (Blumstein *et al.*, 2011; Kalan *et al.*, 2015)

### 2.3.3.2 Uso do espaço acústico em primatas neotropicais

Nós obtivemos um total de 286 estudos sobre o uso do espaço acústico em primatas neotropicais em nossa revisão sistemática. O maior número de artigos foi publicado em 2018, seguido por 2006 e 2023 (Figura 8), evidenciando que os recentes avanços tecnológicos possibilitaram o uso de novas técnicas de monitoramento de populações animais (Kalan *et al.*, 2015). Houve um menor interesse científico nos anos anteriores a 2000, o que pode refletir num momento em que os estudos sobre produção sonora em primatas neotropicais eram esporádicos devido ao baixo desenvolvimento de equipamentos e métodos disponíveis para o monitoramento. Um total de 18 gêneros foi considerado em 280 dos 285 artigos, para *Alouatta* encontramos 35 estudos com as espécies *Alouatta belzebul belzebul* (n = 2), *Alouatta caraya* (n = 5), *Alouatta fusca* (n = 2), *Alouatta guariba clamitans* (n = 2); *Alouatta palliata* (n = 13), *Alouatta pigra* (n = 7); *Alouatta seniculus* (n = 4); gênero *Aotus*, encontramos 4 estudos sobre as espécies *Aotus azarae* (n = 2), *Aotus nigriceps* (n = 1) e *Aotus lemurinus* (n = 1); gênero *Ateles*, encontramos 9 estudos com as espécies *Ateles geoffroyi* (n = 8) e *Ateles fuciceps* (n = 1); gênero *Brachyteles*, encontramos 4 estudos para as espécies *Brachyteles arachnoides* (n = 2) e *Brachyteles hypoxanthus* (n = 2); gênero *Cacajao*, encontramos 2 estudos com a espécie *Cacajao melanocephalus*; gênero *Callibella*, encontramos um estudo com a espécie *Callibella humilis*; gênero *Callicebus*, encontramos 23 estudos com as espécies *Callicebus barbarabrownae* (n = 1), *Callicebus coimbrai* (n = 1), *Callicebus cupreus* (n = 6), *Callicebus discolor* (n = 1), *Callicebus donacophilus* (n = 2), *Callicebus moloch* (n = 2), *Callicebus nigrifrons* (n = 7), *Callicebus oenanthe* (n = 2), *Callicebus torquatus* (n = 1); gênero *Callimico*, encontramos um estudo com a espécie *Callimico goeldii*; gênero *Callithrix*, encontramos 79 estudos com as espécies *Callithrix aurita* (n = 3), *Callithrix geoffroyi* (n = 1), *Callithrix jacchus* (n = 69), *Callithrix kuhlii* (n = 2), *Callithrix*

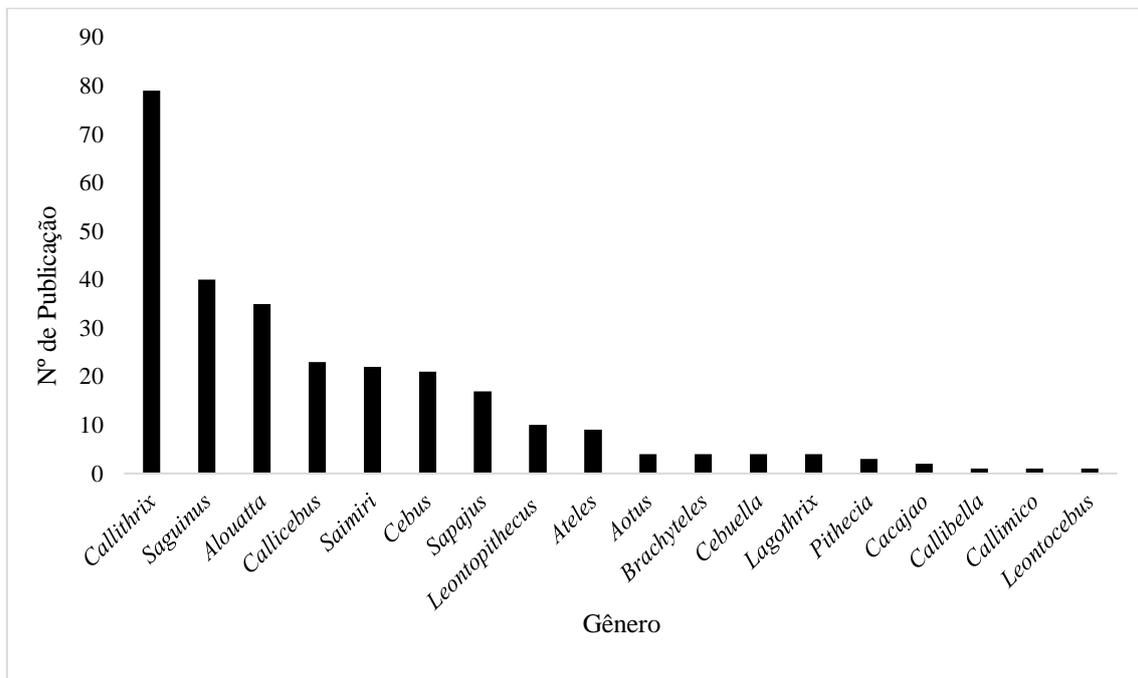
*penicillata* (n = 4); gênero *Cebuela*, encontramos 3 estudos com a espécie *Cebuela pymaea*; gênero *Cebus*, encontramos 21 estudos com as espécies, *Cebus apella* (n = 7), *Cebus capucinus* (n = 13), *Cebus olivaceus* (n = 1); gênero *Lagothrix*, encontramos 4 estudos com as espécies *Lagothrix lagothricha* (n = 3), *Lagothrix poeppigii* (n = 1); gênero *Leontocebus*, encontramos um estudo com a espécie *Leontocebus weddelli*; gênero *Leontopithecus*, encontramos 10 estudos com as espécies *Leontopithecus chrysomelas* (n = 1), *Leontopithecus rosalia* (n = 8), *Leontopithecus chrysopygus* (n = 1); gênero *Pithecia*, encontramos 3 estudos com as espécies *Pithecia chrysocephala* (n = 1), *Pithecia irrorata* (n = 1), *Pithecia rylandsi* (n = 1); gênero *Saguinus*, encontramos 40 estudos com as espécies *Saguinus bicolor* (n = 6), *Saguinus fuscicollis* (n = 5), *Saguinus imperator* (n = 1), *Saguinus leucopus* (n = 1), *Saguinus midas* (n = 1), *Saguinus mystax* (n = 2), *Saguinus oedipus* (n = 24); gênero *Saimiri*, encontramos 22 estudos com as espécies *Saimiri boliviensis* (n = 1), *Saimiri oersted* (n = 2), *Saimiri sciureus* (n = 19); gênero *Sapajus*, encontramos 17 estudos com as espécies *Sapajus apella* (n = 3), *Sapajus flavius* (n = 3), *Sapajus libidinosus* (n = 3), *Sapajus nigrurus* (n = 8) (Figura 9) e 5 artigos consideraram primatas neotropicais em geral. A maior parte dos estudos foram realizados nos EUA (n = 71) e no Brasil (n = 65) (Figura 11). Dos estudos conduzidos em biomas brasileiros, vimos que a Mata Atlântica (n = 34) foi o bioma mais estudado na nossa revisão de literatura, seguido da Floresta Amazônica (n = 28), Cerrado (n = 8), Pantanal (n = 2), Caatinga (n = 1) e estudos que foram realizados em Cativeiro (n = 11) (Figura 12).



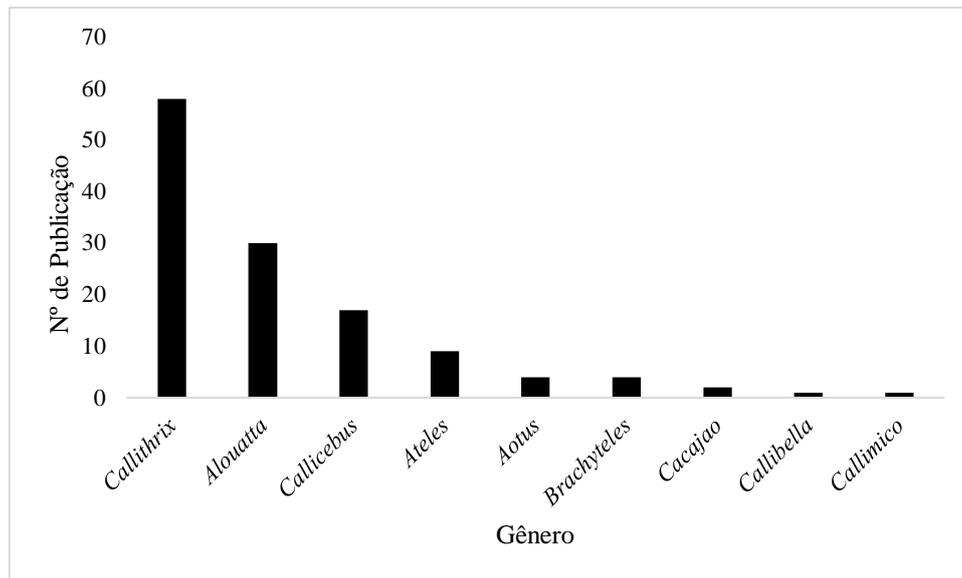
**Figura 8.** Número de estudos obtidos pela revisão sistemática sobre o uso do espaço acústico por primatas neotropicais (n = 286) por ano de publicação.

Entre os gêneros de primatas neotropicais, o mais estudado no tópico sobre o uso do espaço acústico foram as espécies do gênero *Callithrix* (n = 79 publicações e 5 espécies, *Callithrix jacchus*; *Callithrix geoffroyi*; *Callithrix aurita*; *Callithrix kuhlii*; *Callithrix penicillata*) (Figura 9), e a maior parte desses estudos, foram conduzidos em cativeiro (n = 58) (Figura 10). Esses estudos, investigaram o desenvolvimento de mudanças na estrutura acústica durante os estágios de vida (Pistorio *et al.*, 2006; Zürcher & Burkart, 2017; Chen *et al.*, 2009; Gultekin & Hage, 2018; Díaz *et al.*, 2020), em contextos e sexos diferentes (Norcross *et al.*, 1999; Vitale *et al.*, 2003; Scott *et al.*, 2006; Smith *et al.*, 2009; Yamaguchi *et al.*, 2010; Gordon & Rogers, 2010; Choi *et al.*, 2015; Zhao *et al.*, 2019); em relação a perturbação sonora (Brumm *et al.*, 2004; Roy *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2017; Pomberger *et al.*, 2020); desenvolvimento do *turn-taking* (Takahashi *et al.*, 2016; Landman *et al.*, 2020); reconhecimento individual (Jones *et al.*, 1993; Jorgensen & French, 1998; Miller & Thomas, 2012; Kato *et al.*, 2018; Zürcher *et al.*, 2021); chamadas antifonais (Miller *et al.*, 2009); repertório vocal com indivíduos em cativeiro (Agamaite *et al.*, 2015); chamadas afiliativas (Watson *et al.*, 2014); características espectrais das vocalizações (Geiss & Schrader, 1996; Osmanski *et al.*,

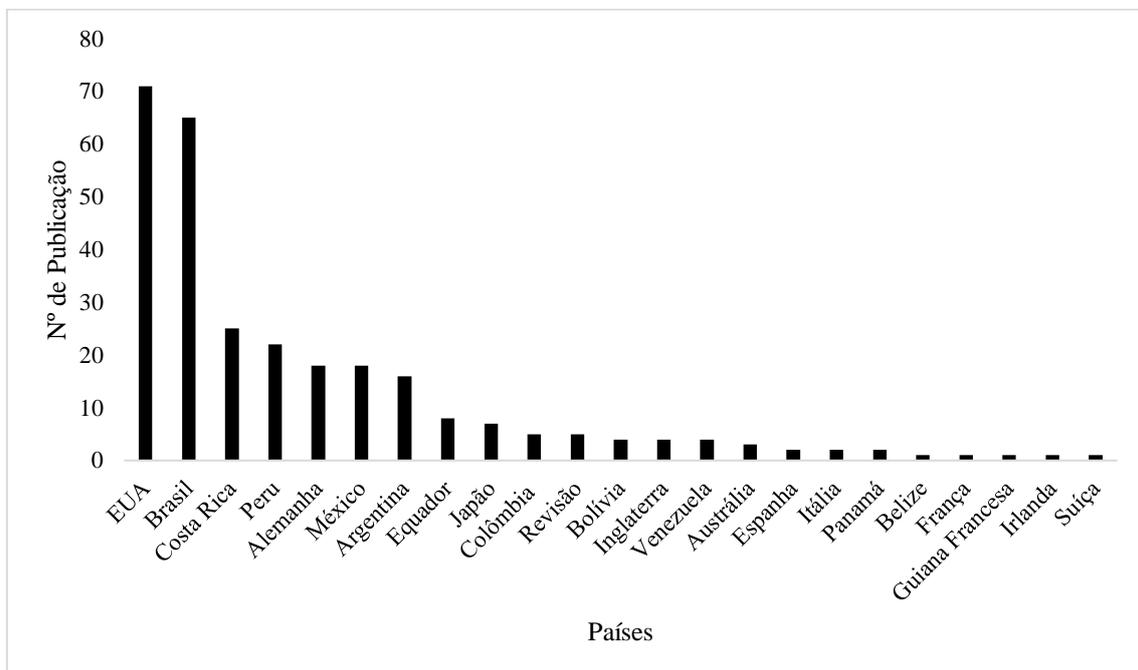
2016); vocalizações ultrassônicas (Bakker *et al.*, 2014). As espécies do gênero *Callithrix* são primatas neotropicais arbóreos que são particularmente indicados para estudos em cativeiro sobre os mecanismos de comunicação vocal (Agamaite *et al.*, 2015). Esses animais possuem um sistema social relativamente complexo (Bezerra *et al.*, 2007; Digby *et al.*, 2007). Os sinais acústicos são de grande importância no comportamento social dessas espécies, eles possuem um repertório vocal vasto que é produzido em muitos contextos sociais (Epple, 1968; Rylands, 1993). Além disso, ao contrário da maioria das espécies de primatas, os saguis são extremamente vocais em cativeiro, e as vocalizações emitidas em cativeiro são similares com as emitidas na natureza (Bezerra & Souto, 2008). Como as espécies de *Callithrix* são de pequeno porte, são fáceis de viver em uma colônia socialmente interativa (Agamaite *et al.*, 2015), e se reproduzem bem em cativeiro, o que permite a análise do comportamento vocal em todos os estágios de vida desses animais. Dessa forma, por ser um grupo altamente vocal, o sagui é considerado um modelo promissor para estudos referentes a comportamento, percepção, produção vocal e cognição (Pistorio *et al.*, 2006; Agamaite *et al.*, 2015).



**Figura 9.** Número de estudos sobre o uso do espaço acústico por gêneros de primatas neotropicais (n = 286). Essas publicações correspondem aos estudos que foram conduzidos em cativeiro e em vida livre.



**Figura 10.** Número de estudos sobre o uso do espaço acústico que foram conduzidos em cativeiro e gêneros de primatas neotropicais (n = 126).

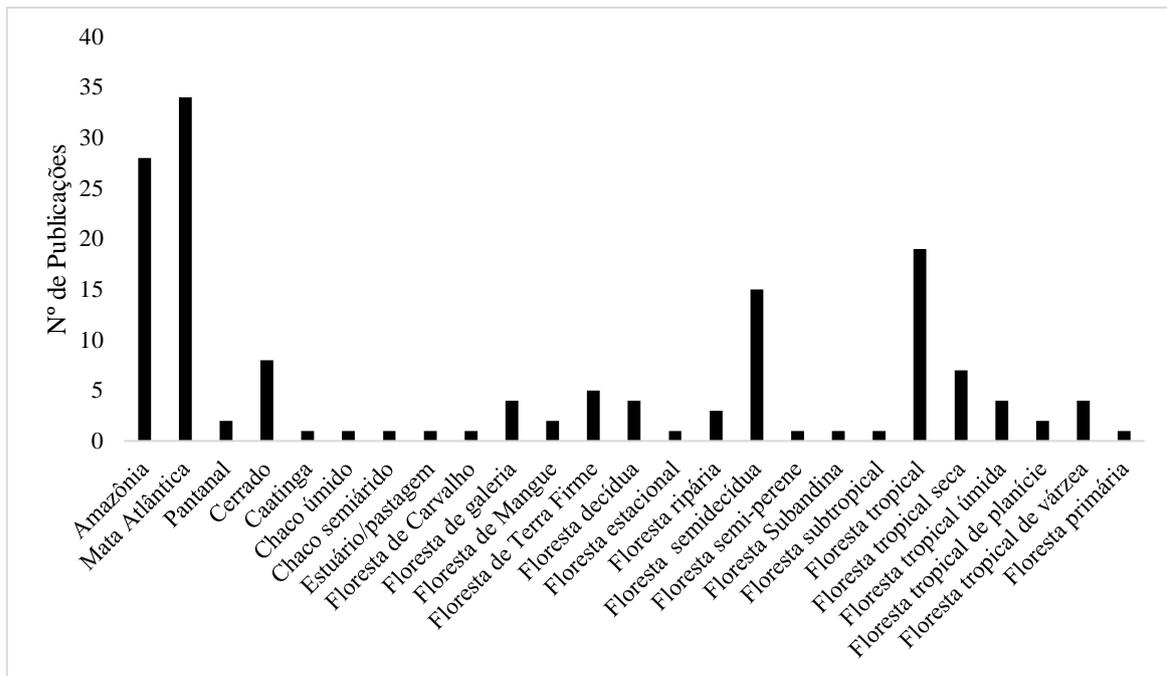


**Figura 11.** Número de estudos sobre o uso do espaço acústico e o local em que a pesquisa foi realizada (n = 286).

O interesse em estudos sobre a comunicação vocal em primatas neotropicais vem crescendo consideravelmente nos últimos anos (Figura 8), e em nossa revisão sistemática, vimos que muitos estudos foram conduzidos em vários tipos de biomas brasileiros (Figura

12). Os primatas arborícolas possuem uma grande necessidade de comunicação acústica em ambientes onde outras formas de transmissão (tátil, olfativa e visual) são menos eficientes por conta das limitações impostas pelo seu ambiente (Auricchio, 1995; Waser & Brown, 1986). O espaço acústico é considerado um recurso limitado que é usado por todas as espécies vocais de uma comunidade (Krause, 1987) para reconhecimento de espécies, escolha de parceiros, tamanho, defesa de recursos e outras informações do sinalizador (Searcy & Andersson, 1986; Mendelson & Shaw, 2012; Walters *et al.*, 2021). De acordo com a Hipótese do Nicho Acústico, duas espécies não podem compartilhar o mesmo nicho, pois uma delas será excluída por competição ou sofrerá adaptações, limitando o número de espécies que coexistem no mesmo ambiente (Krause, 1993). Para diminuir a competição, as espécies podem mudar os horários de atividade acústica, ambientes explorados e o tipo de recurso.

A emissão de sinais acústico em tempos ou frequências diferentes utilizadas por outras espécies, pode ser uma boa estratégia para impedir o impacto do mascaramento desses sinais e diminuir a competição (Planqué & Slabbekoorn, 2008). A competição acústica é mais prevalente em ambientes fechados (com alta densidade de vegetação) quando comparada com ambientes mais abertos (com baixa densidade de vegetação) (Waser & Brown, 1986). Ambientes mais abertos com vegetação menos densa como a Caatinga, proporcionam condições mais variáveis para a propagação do som (Ey & Fischer, 2009). Em ambientes com vegetação fechada, a absorção e reverberação das ondas sonoras é mais intensa, ocasionando em maiores pressões seletivas sobre a transmissão do sinal acústico e conseqüentemente interferindo na eficiência da propagação das vocalizações pelo emissor (Ey & Fischer, 2009; Waser & Brown, 1986).



**Figura 12.** Número de estudos conduzidos nos biomas brasileiros e nas diversas formações florestais sobre o uso do espaço acústico (n = 151).

A propagação do sinal acústico pode sofrer interferência de diversos fatores abióticos e bióticos, como a densidade da vegetação, a velocidade do vento, temperatura, umidade, altura da fonte sonora, condições meteorológicas e a hora do dia (Silva, 2013; Campêlo *et al.*, 2019). Com isso, a Hipótese da Adaptação Acústica (Morton, 1975), sugere que os animais modificam a estrutura de suas vocalizações de longo alcance para otimizar o alcance e diminuir a degradação desses sons durante a transmissão no ambiente (Albuquerque, 2019). Contudo, poucos estudos foram encontrados na nossa revisão de literatura sobre a propagação de vocalizações de primatas neotropicais em ambientes naturais, com espécies como, *Cebuella pygmaea* (De La Torre & Snowdown, 2002), *Leontopithecus rosalia* (Sabatine & Ruiz-Miranda, 2008), *Cacajao melanocephalus* (Bezerra *et al.*, 2012), *Callithrix jacchus* (Roy *et al.*, 2011), *Saguinus oedipus* (Egnor *et al.*, 2007), *Saguinus bicolor* e *Saguinus midas* (Sobroza *et al.*, 2021). Alguns desses estudos comparam a propagação dos sons em ambientes diferente, como em *Saimiri sciureus* (Campêlo *et al.*, 2019) e *Callithrix jacchus* (Silva, 2013). Portanto, investigar a propagação dos sinais acústicos de diferentes espécies de primatas em habitats diferentes pode proporcionar mais informações sobre a evolução da comunicação desses animais (Ey & Fischer, 2009; Hardt & Benedict, 2020).

### 2.3.4 Conclusão

O interesse em investigar a comunicação vocal em primatas neotropicais vem crescendo nos últimos anos. Observamos que o total de estudos focados no uso do espaço acústico foi mais expressivo do que o total de pesquisas relacionadas ao monitoramento acústico passivo de primatas neotropicais. O espaço acústico é visto como recurso limitado, e seu uso pode sofrer interferências abióticas e bióticas. Entretanto, alguns estudos mostram que espécies de primatas neotropicais conseguem desenvolver mecanismos compensatórios para evitar o mascaramento durante a transmissão e emissão dos seus sinais acústicos. Portanto, investigar como as espécies de primatas neotropicais exploram o espaço acústico pode trazer luz para a evolução do comportamento social e ecologia dessas espécies.

Constatamos que o gênero *Callithrix* se destacou pela grande quantidade de estudos que foram conduzidos em cativeiro. Essas espécies são indicadas para tais estudos por apresentarem um sistema social complexo, serem extremamente vocais, se reproduzirem bem em cativeiro e são fáceis de viver em uma colônia socialmente integrativa. Dessa forma, o gênero *Callithrix* mostrou ser um modelo animal promissor para os estudos relacionados a comportamento, percepção e produção vocal.

O uso do Monitoramento Acústico Passivo na ecologia terrestre vem crescendo exponencialmente, alcançando uma vasta gama de aplicações, mas nossos resultados demonstram que a técnica de Monitoramento Acústico Passivo além de ser recente, ainda é rara no monitoramento de primatas neotropicais. Por fim, o Monitoramento Acústico Passivo é uma ferramenta poderosa que pode fornecer dados sobre comportamento, ecologia e conservação de espécies de primata neotropicais.

## 2.4 Espécies alvo do estudo

### 2.4.1 *Sapajus flavius*

A espécie *Sapajus flavius* (Figura 13) (Lynch-Alfaro *et al.*, 2012), ou como é popularmente chamada macaco-prego-galego, é endêmica do Brasil, ocorrendo na Mata Atlântica e Caatinga do Nordeste do Brasil nos Estados de Alagoas, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte (Oliveira & Langguth, 2006; Mendes-Pontes *et al.*, 2006; Fialho

*et al.*, 2014). São primatas diurnos, arborícolas, exibem um corpo robusto com cauda semi preênsil e, apresentam dimorfismo sexual, sendo os machos maiores que as fêmeas (Freese & Oppenheimer, 1981; Bicca-Marques *et al.*, 2006; Fragaszy *et al.*, 2004). O peso corporal médio é de 2,15 kg para as fêmeas e 2,75 kg para os machos (Valença-Montenegro, 2011). O período de gestação é de aproximadamente 180 dias (cinco a seis meses) com um infante por gestação (Freese & Oppenheimer, 1981; Valença-Montenegro, 2011; Fragaszy *et al.*, 2004).

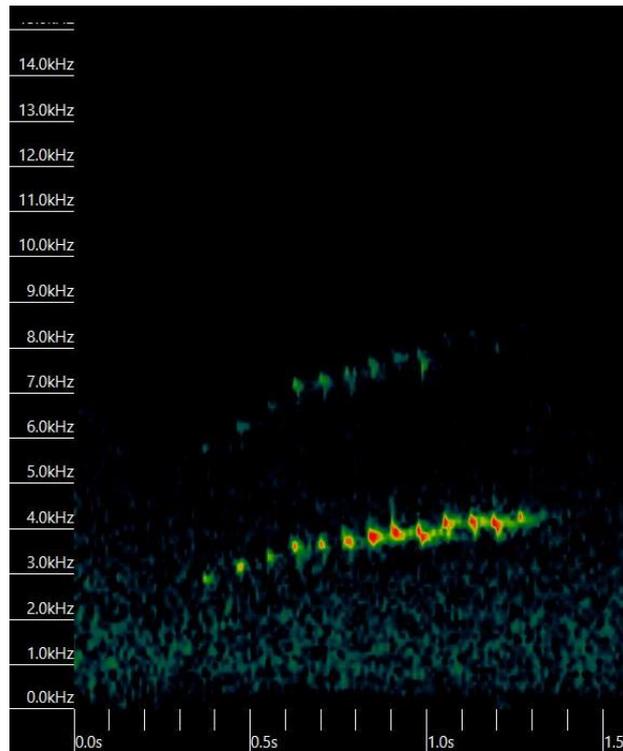


**Figura 13.** Macho adulto de macaco-prego-galego, *Sapajus flavius*. Foto: Bruna Bezerra.

Atualmente, a espécie encontra-se Em Perigo (EN) quanto ao *status* de conservação do Brasil (Valença-Montenegro *et al.*, 2021) e está incluída no Plano de Ação Nacional para Conservação dos Primatas do Nordeste (CPB/ICMBio 2019). As principais ameaças identificadas para a espécie são a perda de hábitat e o isolamento de populações pela expansão dos usos da terra e pelas ações antrópicas (ICMBio, 2015). Os macacos-prego exibem uma dieta onívora, com alimentação baseada principalmente em frutas, mas também podem comer folhas, sementes, vertebrados e invertebrados (Freese & Oppenheimer, 1981). Estes animais possuem uma alta capacidade de forrageio

(Fragaszy *et al.*, 2004), o que facilita a sua persistência em habitats pequenos e fragmentados circundados por plantações (Ludwig *et al.*, 2006; Schrauf *et al.*, 2008).

A espécie apresenta um repertório vocal rico e complexo com 31 sinais acústicos agrupadas em nove categorias de acordo com o contexto em que são emitidas (Bastos *et al.*, 2015). A descrição vocal de *Sapajus flavius* está dividida em: chamada agonísticas (*heh*) que são emitidas em momentos agressivos; chamada de medo (*fear call*) que pode indicar medo e são emitidas apenas por infantes; chamada de contato (*trill*) que é emitida num contexto de interação entre os indivíduos e vocalizada por animais de todas as idades; chamadas de deslocamentos (*flick*, *snap*, *clack* e *popped*) emitida quando os animais estão se locomovendo; gritos (*hoot*, *bellow*, *howl*, *yell* e *shout*); gritos antes da dormida (*cheep* e *whoopp*) vocalizadas quando os indivíduos se organizavam para dormir; chamadas com e sem deslocamentos (*sleck*, *ghiu*, *clak* e *lost call*) emitidas antes e durante o deslocamento; chamadas associadas à alimentação (*huh*, *nosh*, *huh-1var*, *huh-2var*, *huh-3var* e *huh-4var*) emitidas durante o forrageio; chamadas relacionadas à catação (*peep*) (Bastos *et al.*, 2015). Entre as vocalizações emitidas por macacos-prego, a chamada de contato (*trill*) (Figura 14) é a mais comum (Freese & Oppenheimer, 1981; Gros-Louis, 2002; Gros-Louis *et al.*, 2008). Essa vocalização é emitida no momento de interação entre os animais, durante a catação ou quando um indivíduo se aproxima do outro demonstrando interesse no alimento (Gros-Louis *et al.*, 2008). Essa chamada é raramente emitida pelos machos adultos e é uma das primeiras vocalizações emitidas pelos infantes (Gros-Louis *et al.*, 2008). Dessa forma, as vocalizações emitidas por esses animais demonstram que ocorrem em contextos e faixas etárias diferentes, carregando informações sobre a identidade do indivíduo vocalizador (Bastos *et al.*, 2015).



**Figura 14.** Espectrograma da vocalização de contato *trill* emitida por *Sapajus flavius*.

#### 2.4.2 *Callithrix jacchus*

A espécie *Callithrix jacchus* é popularmente conhecida como sagui comum, sagui-do-nordeste ou sagui-de-tufo-branco (Figura 15). É originalmente endêmica do Nordeste do Brasil, estando presente nos Estados de Alagoas, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte (ICMBio, 2015), mas foi ilegalmente introduzida em outros Estados do sul e sudeste do Brasil como Espírito Santo, Paraná, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina (Rylands *et al.*, 2008). Atualmente, a espécie encontra-se categorizada como Menos Preocupante (LC) no status de conservação nacional (Valença-Montenegro *et al.*, 2021). O tamanho do grupo varia de três a 15 indivíduos podendo haver de um a vários machos e fêmeas adultas, onde todos os indivíduos ajudam a mãe a cuidar dos seus filhotes (sistema comunitário) (Yamamoto *et al.*, 2010). O período de gestação dessa espécie varia em torno de 143 a 148 dias, sendo os filhotes, na maior parte dos casos, gêmeos (Stevenson & Rylands 1988; Digby *et al.* 2007; Isler *et al.* 2008).

Os saguis comuns apresentam dieta frugívora – insetívora, mas também possuem a capacidade de explorar a goma das árvores (dieta gomívora) (Castro & Araújo, 2007).

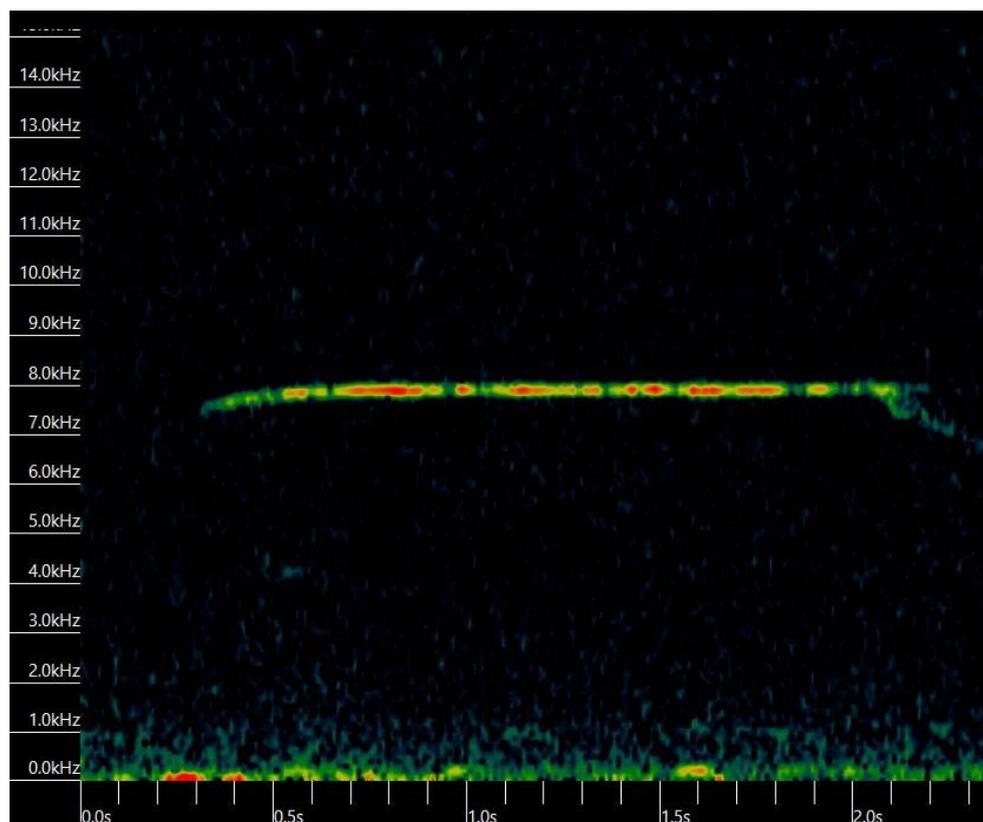
Então, através de modificações adaptativas e comportamentais, esses primatas conseguem fazer buracos em troncos e galhos à procura de goma, componente notável da dieta (Coimbra-Filho, 1972; Rylands *et al.*, 1993; Castro & Araújo, 2007). Assim, essa espécie pode sobreviver em áreas com escassez permanente ou sazonal de frutas na Mata Atlântica e nas regiões semiáridas do Nordeste do Brasil (Castro, 2003; Monteiro Da Cruz, 1998).

O sagui-comum é uma espécie de primata neotropical altamente vocal (Bezerra & Souto, 2008; Agamaite *et al.*, 2015). As vocalizações são de grande importância para o comportamento social dos saguis, eles apresentam um repertório rico que é emitido em diferentes contextos sociais e emocionais (Agamaite *et al.*, 2015). Foram descritas 13 vocalizações no repertório vocal da espécie: chamadas de contato ou *Phee calls* (Long phee call, brief phee call 1, brief phee call 2 e brief phee call 3) são emitidas para manter contato com os indivíduos do grupo na presença de outro grupo de saguis ou de um indivíduo desconhecido e para reunir o grupo antes de anoitecer; chamada *trill* é emitida pela presença de um predador ou de um ser humano; chamada *twitter* é emitido tanto em contato visual distante quanto em isolamento; chamada *tsik* é emitido durante encontros hostis com indivíduos de outros grupos sociais; chamada *tsê* pode ser emitida para intimidar rivais ou afastar adversários; chamada *egg* emitida quando há um comportamento de vigilância; chamada *chatter* é emitida quando há agressão intra e intergrupar; chamada *squeal* é vocalizada por indivíduos adultos de status social inferior, eles emitem essa chamada quando são abordados ou ameaçados por um membro superior do grupo; chamada *moaning*; emitida por juvenis durante as brincadeiras ;chamada “very brief whistle” emitido quando os saguis encontram uma grande quantidade de alimento; alarme 1 é emitido após os indivíduos escutarem o som de um potencial predador; alarme 2 caracterizado como um assobio agudo, é emitido quando o indivíduo está fazendo uma exalação suave durante a respiração; *scream* emitido por indivíduos que tentam roubar comida ou quando são feridos por outra espécie (Epple, 1968; Bezerra & Souto, 2008). Os infantes começam a vocalizar logo após o nascimento, emitindo vocalizações semelhantes aos chamados produzidos pelos adultos (Pistorio *et al.*, 2006). As chamadas de contato *Phee calls* (Figura 4) são as vocalizações mais emitidas pelos saguis (Pistorio *et al.*, 2006). Estudos em cativeiro mostraram que as estruturas acústicas dos Phee Calls apresentam diferenças entre os sexos, os machos tendem a emitir esse chamado em

frequências mais altas e com maior variabilidade entre sílabas do que as fêmeas (Norcross & Newman, 1993; Norcross *et al.*, 1999).



**Figura 15.** Sagui comum, *Callithrix jacchus*. Foto: Bruna Bezerra.



**Figura 16.** Espectrograma da vocalização *Phee call* (*Long phee call*), emitida por *Callithrix jacchus*.

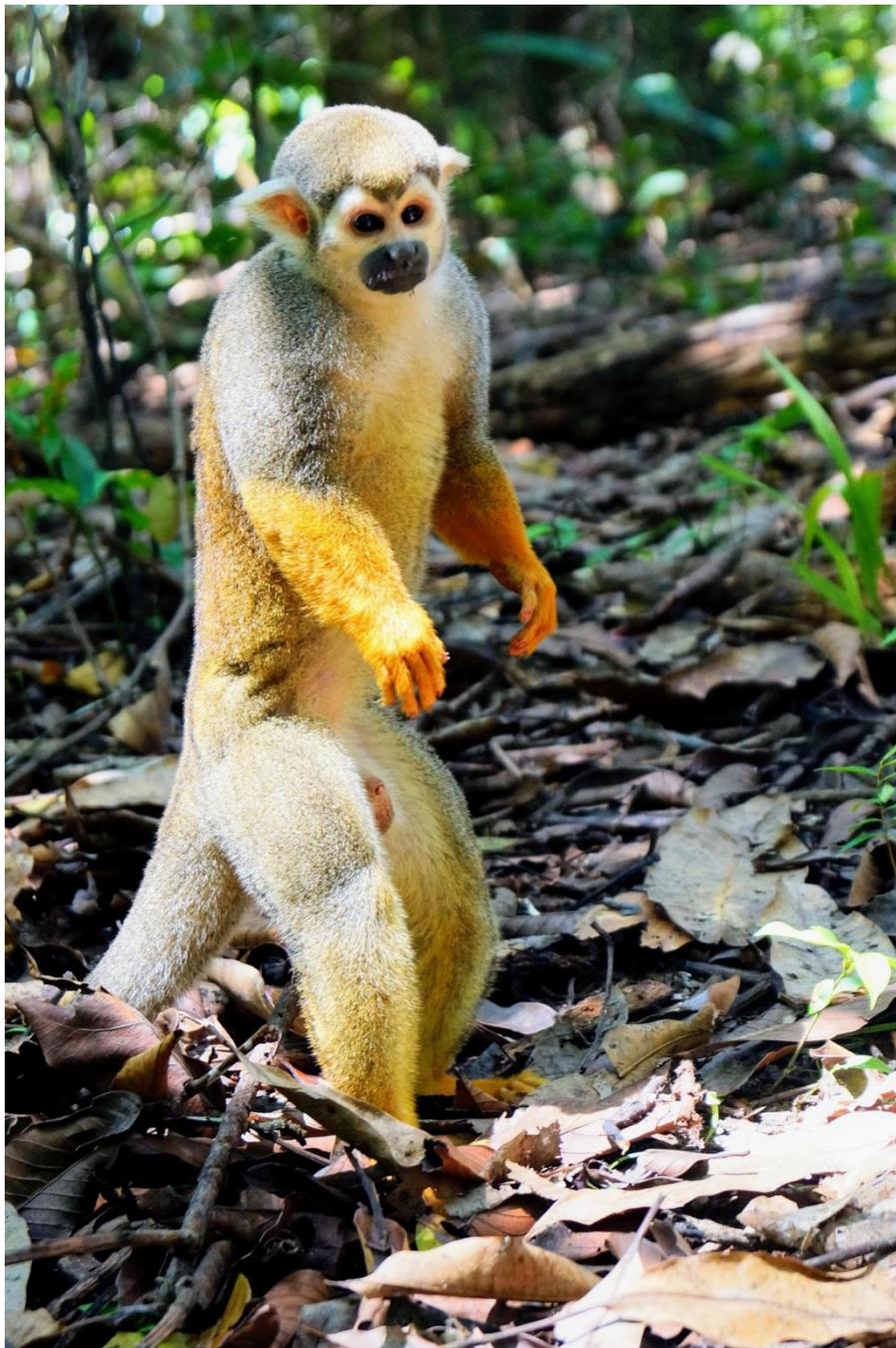
### 2.4.3 *Saimiri* spp.

A espécie *Saimiri* spp. (Figura 17) é popularmente conhecida como mico-de-cheiro ou macaco-de-cheiro (Figura 17). Essa espécie é encontrada na Guiana Francesa, Guiana, Suriname e no Brasil (Amazônia) (Silvia Júnior *et al.*, 2021). No Brasil, esses primatas foram introduzidos em outras áreas fora da sua distribuição natural, havendo registros em fragmentos de Mata Atlântica dos Estados da Bahia, Pernambuco e Rio de Janeiro (Mendes-Pontes *et al.*, 2007; Oliveira & Grelle, 2012). Atualmente a espécie está classificada na categoria de ameaça da IUCN (2021) como Menos Preocupante (LC) (Silva Júnior *et al.*, 2021).

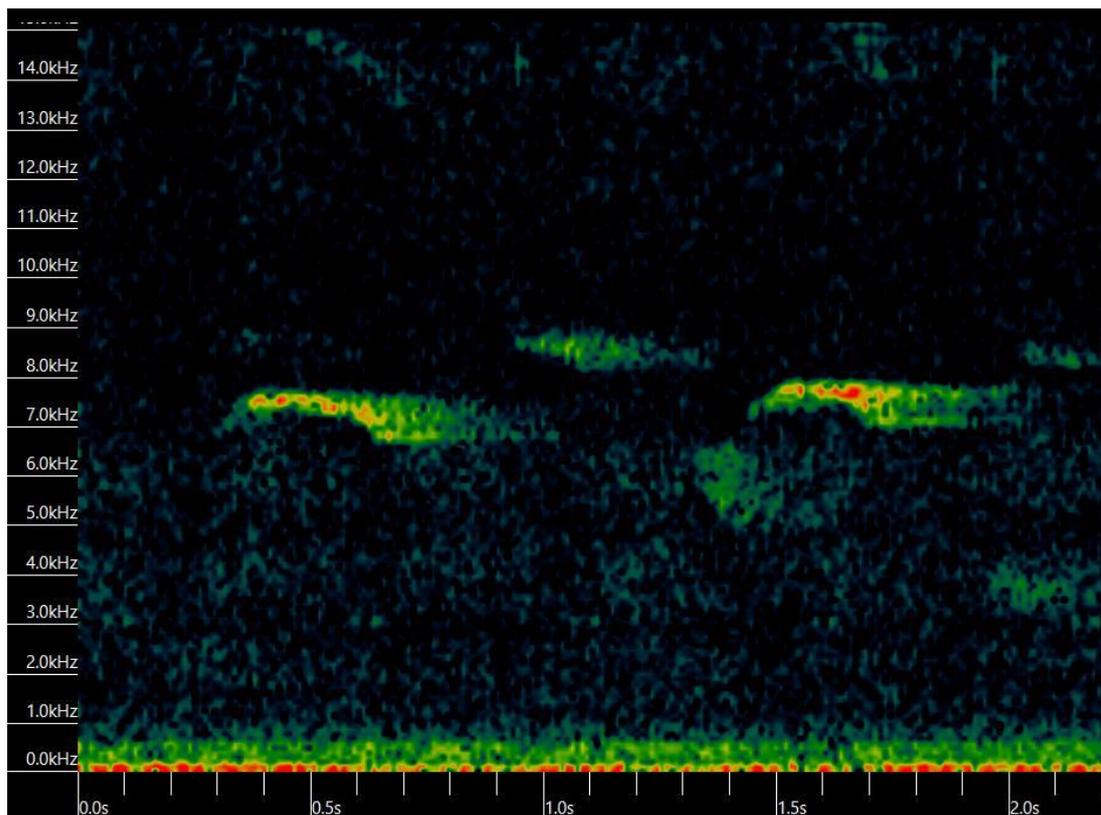
O tamanho dos grupos sociais chega até 100 indivíduos, mas há registros de mais de 500 indivíduos em grandes fragmentos (Baldwin & Baldwin, 1981; Boinski 1999). A espécie é considerada onívora, apresentando uma dieta composta por insetos e/ou frutas (Baldwin, 1985; Janson & Boinski, 1992; Stone, 2007). O período reprodutivo ocorre apenas uma vez por ano (Baldwin, 1985), com acasalamento e gestação acontecendo na estação seca enquanto o nascimento e lactação dos filhotes, no período chuvoso (Stone, 2007). Os aspectos sociais como alianças e separações sociais, podem influenciar nas taxas de emissões de sinais acústicos das fêmeas de macaco-de-cheiro (Boinski & Mitchell, 1992).

Como na maioria dos primatas, *Saimiri* spp. usam vocalizações em uma ampla gama de contextos (Coe & Rosenblum, 2012) e essas vocalizações são parte integral do comportamento social da espécie (Talmage-Riggs *et al.*, 1972). As chamadas ocorrem em certas situações que são definidas por estímulos ambientais e internos. O repertório vocal da espécie pode ser dividido em seis grupos de chamadas (Winter *et al.*, 1966; Schott, 2010). As chamadas *Peep Calls* geralmente são emitidas quando o indivíduo não teve nenhum contato ou apenas contato acústico com os outros membros do grupo, mas também podem ser emitidas durante brincadeiras e para indicar a presença de predador (*Alarm peep*); chamadas *Twit Calls* podem estar associadas à alimentos, mas já foi observado que os infantes podem emitir essas vocalizações quando estão assustados; o grupo de *Ha Calls* podem ser emitidas quando há roubo de comida, ocupação ou defesa do local de descanso, contato corporal indesejado (entre jovens e adultos), fêmea retirando o infante das costas; chamadas *Arr Calls* são emitidos durante situações agonísticas; chamadas *Shriek Calls* podem ser emitidas quando um indivíduo está ferido, um jovem é solto em um grupo estranho, um indivíduo e perseguido e atacado por outro;

chamadas *Combined Calls* são emitidas para contato de curta distância, interações agressivas (Winter *et al.*, 1966; Schott, 2010). A vocalização mais emitida se encontra no grupo Peep Calls, a chamada *Isolation Peep* (Figura 18) tem recebido atenção especial em estudos anteriores por ser bem definida em contextos comportamentais (Coe & Rosenblum, 2012). A estrutura acústica dessa vocalização tem facilitado análises quantitativas que permitem investigar diferenças estruturais em relação a idade e entre indivíduos de diferentes origens geográficas (Coe & Rosenblum, 2012).



**Figura 17.** Macaco-de-cheiro, *Saimiri spp.*. Foto: Anielise Campêlo.



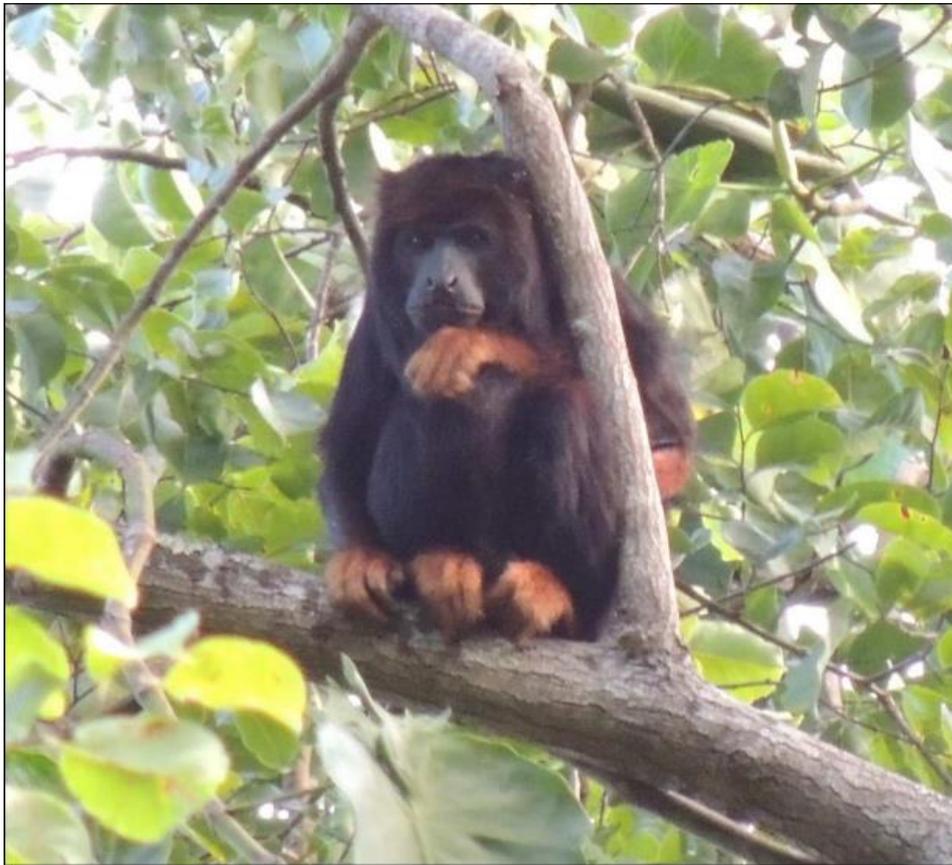
**Figura 18.** Espectrograma da vocalização *Isolation Peep* emitida por *Saimiri spp.*

#### 2.4.4 *Alouatta belzebul*

A espécie *Alouatta belzebul*, é popularmente conhecida como Guariba-de-mãos-ruivas devido ao seu padrão de coloração típico, pelagem negra e apresenta uma coloração ruiva na região das mãos, pés e parte da cauda (Figura 19) (Bonvicino *et al.*, 1989; Auricchio, 1995; Gregorin, 2006). A espécie é endêmica do Brasil, com populações ocorrendo na Mata Atlântica e na Floresta Amazônica (Bonvicino *et al.*, 1989; Gregorin, 2006). As populações amazônicas estão distribuídas nos Estados do Amapá, Pará e Maranhão (Gregorin, 2006) e as populações que ocorrem na Mata Atlântica estão distribuídas nos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Alagoas e Pernambuco (Coimbra-Filho & Rylands, 1995) sem contato entre elas. A Guariba-de-mãos-ruivas está categorizada como Vulnerável (VU) em seu status de conservação nacional (Valença-Montenegro *et al.*, 2021).

As Guaribas apresentam uma dieta folívora-frugívora (Bravo & Sallenave, 2003). O tamanho do grupo pode variar de acordo com a qualidade do ambiente, variando de 5 a 9 indivíduos (Pina *et al.*, 2002), embora haja registros de 2 a 36 indivíduos em um

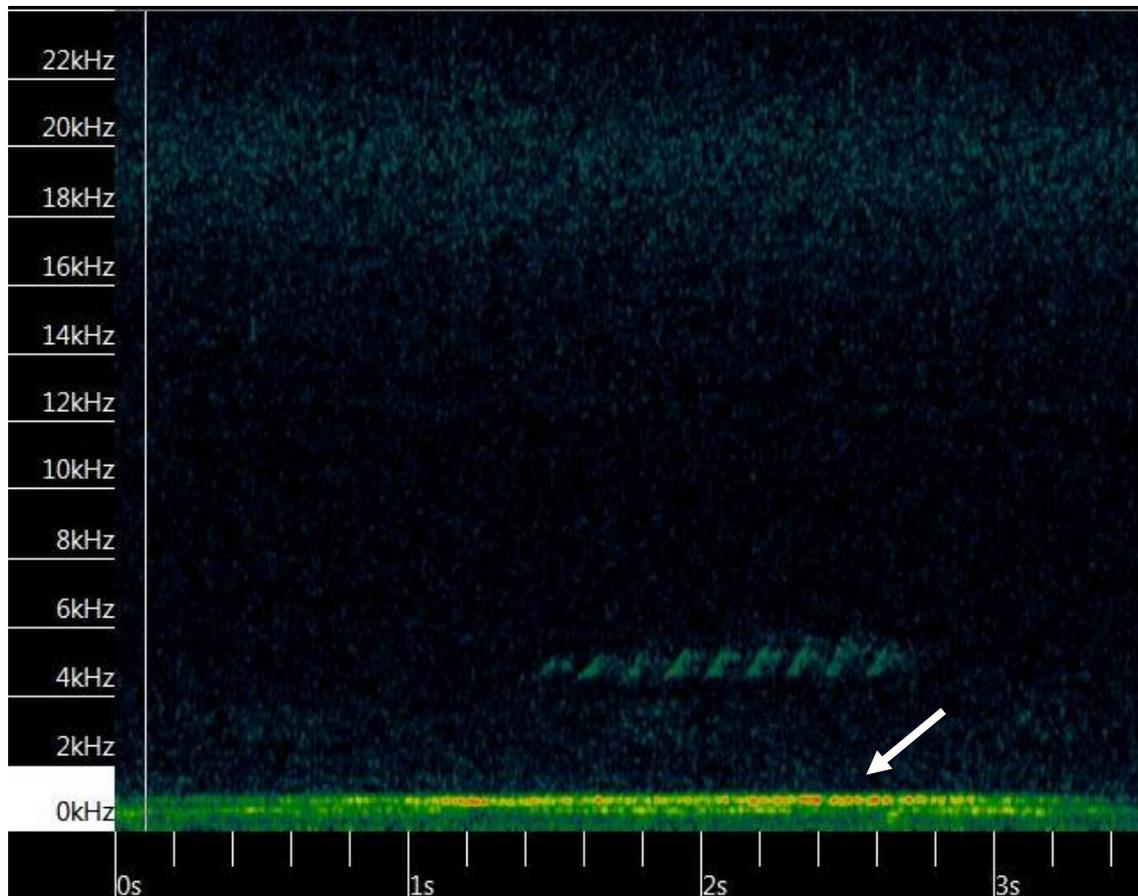
grupo. Os grupos sociais são formados por um macho alfa, várias fêmeas e seus descendentes, mas outros machos adultos podem ser encontrados no grupo (Crockett & Eisenberg, 1987). O sistema de acasalamento é a poliginia (no qual o macho acasala com duas ou mais fêmeas) (Mendes, 1989).



**Figura 19.** Guariba-de-mãos-ruivas, *Alouatta belzebul*. Foto: Julianne Silva

Os bugios (*Alouatta* spp.) são conhecidas como um dos mais notáveis primatas por emitir vocalizações de longo alcance pela presença de um aparato fonador chamado osso hióide (Oliveira, 2002). Entretanto, existem poucos estudos sobre o repertório vocal das espécies desse gênero que ocorrem no Brasil (Costa, 2016). O rugido (Figura 20) é a vocalização características do gênero *Alouatta* spp e a mais estudada (Altmann, 1959). A espécie *Alouatta belzebul* é a menos conhecida do gênero e os dados disponíveis sugerem que suas vocalizações seguem um ritmo de emissão de coro matinal de rugidos, seguido por um pico de emissão no final da tarde e sequências de latidos longos e contínuos (Bonvicino, 1989). Tais emissões podem agir como um modo efetivo dos grupos de guaribas alertarem os grupos vizinhos cujas áreas de uso se sobrepõem, diminuindo a frequência de encontros intergrupais (Oliveira, 1997; Oliveira, 2002). A vocalização de

rugidos pelos machos pode atuar como um meio de evitar a competição sexual, enquanto nas fêmeas, essa vocalização pode ser emitida como uma maneira de promover a competição entre machos ou afastar fêmeas intrusas (Sekulic & Chivers, 1986; Oliveira, 2002). As vocalizações de latido foram observadas em contextos de alarme e podem ser emitidas pelos machos, fêmeas e juvenis (Oliveira, 2002).



**Figura 20.** Espectrograma da vocalização de Rugido emitida por *Alouatta belzebul*.

## 2.5 Referências Bibliográficas

ADES, C., & MENDES, F.D.C. 1997. Uma aproximação às vocalizações do miquiqui (*Brachyteles arachnoides*). *Temas em Psicologia*, 3: 135-149.

AGAMAITE, J. A., CHANG, C. J., OSMANSKI, M. S., & WANG, X. 2015. A quantitative acoustic analysis of the vocal repertoire of the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 138(5): 2906-2928.

ALBUQUERQUE, Heloise Ferreira de. Sons da caatinga: testando a hipótese do nicho acústico. 2019. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

ALTMANN, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 40: 227-267.

ALTMANN, S.A. 1959. Field observations on a howling monkey society. *Journal of Mammalogy*, 40: 317–330.

ARAÚJO, C. B., FURTADO, S., VIEIRA, G. H. C., & SIMÕES, C. R. 2020. O nicho acústico: integrando a física, ecologia e teoria da comunicação. *Oecologia Australis*, 24(4): 769-769.

AURICCHIO, P. *Primatas do Brasil*. São Paulo: Terra Brasilis, 1995.168p.

BAKKER, J., VAN NIJNATTEN, T. J., LOUWERSE, A. L., BAARENDS, G., ARNDT, S. S., & LANGERMANS, J. A. 2014. Evaluation of ultrasonic vocalizations in common marmosets (*Callithrix jacchus*) as a potential indicator of welfare. *Lab Animal*, 43(9): 313-320.

BALDWIN, J. D., BALDWIN, J. I. 1981. The squirrel monkeys, genus *Saimiri*. In A. F. Coimbra Filho & R. A. Mittermeier (Eds.). *Ecology and Behavioral of Neotropical Primates*, Academia Brasileira de Ciências, 1: 277-330.

BALDWIN, J.D. 1985. The behavior of squirrel monkeys (*Saimiri*) in natural environments. In L. A. Rosenblum & C. L. Coe (Eds.) *Handbook of Squirrel Monkey Research*. New York: Springer, 25-53.

BASTOS, M., MEDEIROS, K., JONES, G. & BEZERRA, B. 2018. 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*. 2018; 80: e22744.

BASTOS, M., SOUTO, A., JONES, G., EASON, P., BIONE, C., SCHIEL, N., & BEZERRA, B. 2015. Vocal repertoire of wild blonde capuchins (*Sapajus flavius*) and contextual use of calls. *American Journal of Primatology*, 77(6): 605–617.

BEZERRA, B. M., SOUTO, A. S., & JONES, G. 2012. Propagation of the loud “tchó” call of golden-backed uakaris, *Cacajao melanocephalus*, in the black-swamp forests of the upper Amazon. *Primates*, 53: 317-325.

BEZERRA, B. M., SOUTO, A. S., & SCHIEL, N. 2007. Infanticide and cannibalism in a free-ranging plurally breeding group of common marmosets (*Callithrix jacchus*). *American Journal Primatology* 69: 945–952.

BEZERRA, B. M., SOUTO, A., DE OLIVEIRA, M. A. B., & HALSEY, L. G. 2009. Vocalisations of wild common marmosets are influenced by diurnal and ontogenetic factors. *Primates*, 50(3): 231–237.

BEZERRA, B., BARNETT, A., SOUTO, A., & JONES, G. 2013. Vocal communication in *Cacajao*, *Chiropotes* and *Pithecia*: Current knowledge and future directions. In L. Veiga, A. Barnett, S. Ferrari, & M. Norconk (Eds.), *Evolutionary Biology and Conservation of Titis, Sakis and Uacaris* (Cambridge Studies in Biological and Evolutionary Anthropology). Cambridge: Cambridge University Press. p. 303-308.

BEZERRA, B.M., & SOUTO, A. 2008. Structure and usage of the vocal repertoire of *Callithrix jacchus*. *International Journal of Primatology*, 29: 671-701.

BICCA-MARQUES, J. C., SILVA, V.M. GOMES, D.F. 2006. Ordem Primates. In: N.R. Reis; A.L. Peracchi; W.A. Pedro; I.P. Lima (eds.). (Org.). *Mamíferos do Brasil*. Curitiba: Gráfica oficial do Estado do Paraná e Sociedade Brasileira de Zoologia, p.101-148.

BITTENCOURT, E., VASCONCELLOS, A.D.S., SOUSA-LIMA, R.S., YOUNG, R.J., DUARTE, M.H.L. 2023. Acoustic monitoring of black-tufted marmosets in a tropical forest disturbed by mining noise. *Animals*, 13: 352.

BLUMSTEIN, D.T., MENNILL, D.J., CLEMINS, P., GIROD, L., Yao, K., PATRICELLI, G., DEPPE, J.L., KRAKAUER, A.H., CLARK, C., CORTOPASSI, K.A., HANSER, S.F., MCCOWAN, B., ALI, A.M., KIRSCHER, A.N.G., 2011. Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations, and prospectus. *Journal of Applied Ecology*, 48: 758–767.

BOINSKI, S. 1991. The coordination of spatial position: a field study of the vocal behavior of adult female squirrel monkeys. *Animal Behavior* 41: 89–102.

BOINSKI, S. 1999. The social organizations of squirrel monkeys: implications for ecological models of social evolution. *Evolutionary Anthropology*, 8(3): 101-112.

BOINSKI, S., & C. L. MITCHELL. 1992. Ecological and social-factors affecting the vocal behavior of adult female squirrel-monkeys. *Ethology*, 92 (4):316–330.

BONVICINO, C. R., LEMOS, B., SEUÁNEZ, H. N. 2001. Molecular phylogenetics of howler monkeys (*Alouatta*, Platyrrhini): A comparison with kariotypic data. *Chromosoma*, 110: 241-246.

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

BRADBURY, J. W., & VEHCAMP, S. L. 2011. Principles of animal communication. 2a ed. Sinauer Associates. p. 697.

BRAVO, S. P., & SALLENAVE, A. 2003. Foraging behavior and activity patterns of *Alouatta caraya* in the northeastern Argentinean flooded forest. *International Journal of Primatology*, 24: 825-846.

BRENEWITZ, E. A. 1986. Environmental influences on acoustic and electric animal communication. *Brain, Behavior and Evolution*, 28: 32–42.

- BRISEÑO-JARAMILLO, M., BIQUAND, V., ESTRADA, A., & LEMASSON, A. 2017. Vocal repertoire of free-ranging black howler monkeys' (*Alouatta pigra*): Call types, contexts, and sex-related contributions. *American Journal of Primatology*, 79(5): e22630.
- BROWN, C. H., GOMEZ, R., WASER, P. M. 1995. Old world monkey vocalizations: adaptations to the local habitat? *Animal Behaviour* 50:945–961.
- BROWN, C.H., WASER, P.M. 2017. Primate habitat acoustics. In: Quam, R., Ramsier, M., Fay, R., Popper, A. (eds) *Primate hearing and communication*. Springer Handbook of Auditory Research, vol 63. Springer, Cham.
- BRUMM, H. & SLABBEKOORN, H. 2005. Acoustic communication in noise. *Advances in the Study of Behaviour* 35: 151-209.
- BRUMM, H. 2004. Acoustic communication in noise: regulation of call characteristics in a New World monkey. *Journal of Experimental Biology*, 207(3): 443–448.
- BRUMM, H., VOSS, K., KÖLLMER, I., & TODT, D. 2004. Acoustic communication in noise: regulation of call characteristics in a New World monkey. *Journal of Experimental Biology*, 207(3): 443-448.
- BYRNE, H., RYLANDS, A. B., CARNEIRO, J. C., ALFARO, J. W. L., BERTUOL, F., DA SILVA, M. N., ... & BOUBLI, J. P. 2016. Phylogenetic relationships of the New World titi monkeys (*Callicebus*): first appraisal of taxonomy based on molecular evidence. *Frontiers in Zoology*, 13, 1-26.
- CAMPELO, A. C., SOUZA-ALVES, J. P., LIMA, I. M. S. D., ARAÚJO, A. C. L., OLIVEIRA-SILVA, L. R. B., & BEZERRA, B. 2019. Home sweet home? Adjustments in the ecology, behaviour and vocalisations of Amazonian squirrel monkeys inhabiting an Atlantic forest fragment. *Ethology Ecology & Evolution*, 31(2): 173-197.
- CASELLI, C. B. 2013. Comportamento territorial de *Callicebus nigrifrons* Spix, 1823 (Pitheciidae): influência da disponibilidade de frutos e possíveis funções das vocalizações

de longo alcance (Doctoral dissertation, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Instituto de Biologia).

CASTRO, C. S. & ARAÚJO, A. 2007. Diet and feeding behaviour of marmoset, *Callithrix jacchus*. *Revista Brasileira de Ecologia*, 7: 14-19.

CASTRO, C.S.S. 2003. Tamanho da área de vida e padrão de uso do espaço em grupos de sagüis, *Callithrix jacchus* (Linnaeus) (Primates, Callitrichidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 20(1): 91-96.

CATO, D., MCCAULEY, R., ROGERS, T. & NOAD, M. 2006. Passive acoustics for monitoring marine animals - progress and challenges. *Proceedings of Acoustics*, 41: 453–460.

CHEN, H. C., KAPLAN, G., & ROGERS, L. J. 2009. Contact calls of common marmosets (*Callithrix jacchus*): influence of age of caller on antiphonal calling and other vocal responses. *American Journal of Primatology*, 71(2): 165-170.

CHENEY, D. L. & SEYFARTH, R. M. 1983. Nonrandom dispersal in free-ranging vervet monkeys: social and genetic consequences. *The American Naturalist*, 122(3): 392-412.

CHIARELLO, A. G. 1992. Dieta, padrão de atividade e área de vida de um grupo de bugios (*Alouatta fusca*), na reserva de Santa Genebra. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CHOI, J. Y., TAKAHASHI, D. Y., & GHAZANFAR, A. A. 2015. Cooperative vocal control in marmoset monkeys via vocal feedback. *Journal of Neurophysiology*, 114(1): 274-283.

CLINK, D. J., & KLINCK, H. 2021. Unsupervised acoustic classification of individual gibbon females and the implications for passive acoustic monitoring. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(2): 328-341.

COE, C. L., & ROSENBLUM, L. A. (Eds.). 2012. Handbook of squirrel monkey research. Springer Science & Business Media.

COIMBRA-FILHO, A. F. 1972. Aspectos inéditos do comportamento de sagüis do gênero *Callithrix* (Callithricidae, Primates). Revista Brasileira de Biologia, 32: 505–512.

COIMBRA-FILHO, A. F., RYLANDS, A.B.1995. On the geographic distribution of the red handed howling monkey, *Alouatta belzebul*, in North-east Brazil. Neotropical Primates,3(4): 176-178.

CORNICK, L. A., & MARKOWITZ, H. 2002. Diurnal vocal patterns of the black howler monkey (*Alouatta pigra*) at Lamanai, Belize. Journal of Mammalogy, 83(1): 159-166.

COSTA, C. A. D. 2016. Descrição do repertório vocal e análise da função das vocalizações de curto alcance do bugio ruivo (*Alouatta guariba clamitans*). Dissertação (Mestrado em Ecologia e Tecnologia Ambiental). Universidade Federal de Alfenas-MG.

CPB/ICMBio (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros/ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – MMA). 2019. Sumário executivo do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Primatas do Nordeste. Disponível em <<https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-pan/pan-primatas-do-nordeste/2-ciclo/pan-primatas-do-nordeste-sumario.pdf>> Acessado em 03/06/2023.

CROCKETT, C.M., & EISENBERG, J.F. 1987. Howlers: Variations in group size and demography. In: Smuts BB, Cheney DL, Seyfarth RM, Wrangham RW, Struhsaker TT (eds.), Primate Societies. University of Chicago Press, Chicago; 54-68.

DE LA FUENTE C.M. F .2014. Padrões comportamentais do sagui comum (*Callithrix jacchus*) em ambiente de caatinga. 58 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

DE LA TORRE, S., & SNOWDON, C. T. Environmental correlates of vocal communication of wild pygmy marmosets, *Cebuella pygmaea*. *Animal behaviour*, 63(5): 847-856, 2002.

DE MORAES AGUIAR, L., DOS REIS, N. R., LUDWIG, G., & ROCHA, V. J. 2003. Dieta, área de vida, vocalizações e estimativas populacionais de *Alouatta guariba* em um remanescente florestal no norte do estado do Paraná. *Neotropical*, 11(2): 78.

DÍAZ, S., SÁNCHEZ, S., & FIDALGO, A. 2020. Coping style and early life vocalizations in the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *International Journal of Primatology*, 41: 497-510.

DIETZ, J.M., PERES, C.A., PINDER, L. 1997. Foraging ecology and use of space in wild Golden Lion Tamarins (*Leontopithecus rosalia*). *American Journal of Primatology*, 41: 289-305.

DIGBY, L.J., FERRARI, S.F. & SALTZMAN, W. 2007. Callitrichines: The role of competition in cooperatively breeding species. In: Campbell, C.; Fuentes, A.; Mackinnon, K.; Panger, M. & Bearder, S. (eds.). *Primates in Perspective*. Oxford University Press, 85-106

DITTUS, W. 1988. An analysis of toque macaque cohesion calls from an ecological perspective. In *Primate vocal communication*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 31-50.

DO NASCIMENTO, L. A., PÉREZ-GRANADOS, C., & BEARD, K. H. 2021. Passive acoustic monitoring and automatic detection of diel patterns and acoustic structure of howler monkey roars. *Diversity*, 13(11): 566.

DUARTE, M. H. L., KAIZER, M. C., YOUNG, R. J., RODRIGUES, M., & SOUSA-LIMA, R. S. 2018. Mining noise affects loud call structures and emission patterns of wild black-fronted titi monkeys. *Primates*, 59: 89-97.

EGNOR, S.E.R., WICKELGREN, J.G. & HAUSER, M.D. 2007. Tracking silence: adjusting vocal production to avoid acoustic interference. *Journal of Comparative Physiology A* 193, 477–483.

EISENBERG, J.F. 1976. Communication mechanisms and social integration in the black spider monkey, *Ateles fusciceps robustus*, and related species. *Smithsonian Contributions to Zoology*, No. 213: 1-108.

ENARI, H., ENARI, H. S., OKUDA, K., MARUYAMA, T., & OKUDA, K. N. 2019. An evaluation of the efficiency of passive acoustic monitoring in detecting deer and primates in comparison with camera traps. *Ecological Indicators*, 98: 753–762.

EPPLE, G. 1968. Comparative studies on vocalization in marmoset monkeys (Hapalidae). *Folia Primatologica*, 8(1): 1–40.

ESTRADA, A., GARBER, P. A., RYLANDS, A. B., ROOS, C., FERNANDEZ-DUQUE, E., DI FIORE, A., NEKARIS, K. A. I., NIJMAN, V., HEYMANN, E. W., LAMBERT, J. E., ROVERO, F., BARELLI, C., SETCHELL, J. M., GILLESPIE, T. R., MITTERMEIER, R. A., ARREGOITIA, L. V., DE GUINEA, M., GOUVEIA, S., DOBROVOLSKI, R., ... LI, B. 2017. Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. *Science Advances*, 3, e1600946.

EY, E., & FISCHER, J. 2009. The “acoustic adaptation hypothesis”—a review of the evidence from birds, anurans and mammals. *Bioacoustics*, 19(1-2): 21–48.

FARINA A, GAGE SH. 2017. *Ecoacoustics: The Ecological Role of Sounds*. Wiley.

FEYNMAN, R. P., LEIGHTON, R. B., & SANDS, M. L. 1963. *The Feynman Lectures on Physics: Mainly Mechanism, Radiation and Heat*. Addison Wesley.

FIALHO, M.S., VALENÇA-MONTENEGRO, M.M., SILVA, T.C.F., FERREIRA, J.G., LAROQUE, P.O. 2014. Ocorrência de *Sapajus flavius* e *Alouatta belzebul* no Centro de Endemismo Pernambuco. *Neotropical Primates*, 21(2): 214-219.

FICKEN, R. W., FICKEN, M. S. & HAILMAN, J. P. 1974. Temporal pattern shifts to avoid acoustic interference in singing birds. *Science* 183, 762—763.

FLEAGLE, J. G. 1998. *Primate Adaptation and Evolution*. 2. ed. New York: Academic Press, 611 p.

FRAGASZY, D. M., VISALBERGHI, E., & FEDIGAN, L. M. 2004. The complete capuchin: the biology of the genus *Cebus*. Cambridge University Press, Cambridge. p.339.

FREESE, C., & OPPENHEIMER, J. R. 1981. The capuchin monkeys, genus *Cebus*. In: Coimbra-Filho, A. F. e Mittermeier, R. A. (editores.). *Ecology and Behavior of Neotropical Primates*, vol. 1. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências. p.331-390.

GEISS, S., & SCHRADER, L. 1996. Temporal and structural features of infant calls in relation to caregiving behaviour in common marmosets, *Callithrix jacchus*. *Behavioural processes*, 38(2): 183-191.

GOLOMBEK, D. A., BUSSI, I. L., & AGOSTINO, P. V. 2014. Minutes, days and years: molecular interactions among different scales of biological timing. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1637): 20120465

GÓMEZ, A. M. S. 1999. *Ecologia e comportamento de Alouatta seniculus em uma mata de terra firme na Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GORDON, D. J., & ROGERS, L. J. 2010. Differences in social and vocal behavior between left-and right-handed common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Journal of Comparative Psychology*, 124(4): 402.

GREEN, S. 1975. Variation of vocal pattern with social situation in the Japanese monkey (*Macaca fuscata*): a field study. In *Primate Behavior*. New York: Academic Press, LA Rosenblum (ed.)

GREGORIN, R. 2006. Taxonomia e variação geográfica das espécies do gênero *Alouatta* Lacépède (Primates, Atelidae) no Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23, (1): 64-144.

GROS-LOUIS, J. 2002. Contexts and behavioral correlates of trill vocalizations in wild white-faced capuchin monkeys (*Cebus capucinus*). *American Journal of Primatology*, 57: 189-202.

GROS-LOUIS, J. J., PERRY, S. E., FICHTEL, C., WIKBERG, E., GILKENSON, H., WOFSY, S., & FUENTES, A. 2008. Vocal repertoire of *Cebus capucinus*: acoustic structure, context, and usage. *International Journal of Primatology*, 29, 641-670.

GULTEKIN, Y. B., & HAGE, S. R. 2018. Limiting parental interaction during vocal development affects acoustic call structure in marmoset monkeys. *Science Advances*, 4(4): 4012.

GUTIÉRREZ-VANNUCCHI, A. C., RODRÍGUEZ-UMAÑA, P., SANDOVAL, L., & GARCÍA-RODRÍGUEZ, A. 2019. Variación en la actividad acústica de *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Anura: Centrolenidae) en un ambiente urbano con diferentes niveles de ruido antropogénico. *Revista de Biología Tropical*, 67(2): 249-258.

HAMMERSCHMIDT, K., JÜRGENS, U., & FREUDENSTEIN, T. 2001. Vocal development in squirrel monkeys. *Behaviour*, 138(9): 1179–1204.

HANKERSON, S.J.; FRANKLIN, S.P.; DIETZ, J.M. 2007. Tree and forest characteristics influence sleeping site choice by golden lion tamarins. *American Journal of Primatology*, 69 (9): 976 – 988

HANSEN, P. 1979. Vocal learning: its role in adapting sound structures to long-distance propagation, and a hypothesis on its evolution. *Animal Behaviour*, 27: 1270-1271.

HARCOURT, A. H., & DOHERTY, D. A. 2005. Species-area relationships of primates in tropical forest fragments: a global analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42: 630–637.

HARDT, B., & BENEDICT, L. 2020. Can you hear me now? A review of signal transmission and experimental evidence for the acoustic adaptation hypothesis. *Bioacoustics*, 1–27.

HEINICKE, S., KALAN, A. K., WAGNER, O. J. J., MUNDRY, R., LUKASHEVICH, H., & KÜHL, H. S. 2015. Assessing the performance of a semi-automated acoustic monitoring system for primates. *Methods in Ecology and Evolution*, 6(7): 753–763.

HERRERA-MONTES, M. I., & AIDE, T. M. 2011. Impacts of traffic noise on anuran and bird communities. *Urban Ecosystems*, 14(3): 415-427.

HILL, A. P., PRINCE, P., SNADDON, J. L., DONCASTER, C. P., & ROGERS, A. 2019. AudioMoth: A low-cost acoustic device for monitoring biodiversity and the environment. *HardwareX*, 6, e00073.

HORWICH, R. H., & GEBHARD, K. 1983. Roaring rhythms in black howler monkeys (*Alouatta pigra*) of Belize. *Primates*, 24(2): 290-296.

HUNTER, M. L., & KREBS, J. R. 1979. Geographical variation in the song of the great tit (*Parus major*) in relation to ecological factors. *The Journal of Animal Ecology*, 48(3): 759.

INSTITUTO CHICO MENDE DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBio. 2015. Fichas da avaliação do status de conservação da fauna brasileira. Disponível em < <https://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/estado-de-conservacao/2792-mamiferos-primatas> >. Acessado em: 14/07/2021.

ISLER, K., KIRK, E.C., MILLER, J.M.A., ALBRECHT, G.A., GELVINE, B.R. & MARTIN, R.D. 2008. Endocranial volumes of primate species: scaling analyses using a comprehensive and reliable data set. *Journal of Human Evolution*, 55 (6): 967-978.

IZAR, P., VERDERANE, M. P., PETERNELLI-DOS-SANTOS, L., MENDONÇA-FURTADO, O., PRESOTTO, A., TOKUDA, M., ... & FRAGASZY, D. 2012. Flexible and conservative features of social systems in tufted capuchin monkeys: comparing the

socioecology of *Sapajus libidinosus* and *Sapajus nigritus*. *American Journal of Primatology*, 74(4): 315-331.

IZAR. P. 2004. Female social relationships of *Cebus apella nigritus* in a southeastern Atlantic forest: an analysis through ecological models of primate social evolution. *Behaviour*, 141(1): 71-99.

IZAR. P., VERDERANE. M. P., PETERNELLI-DOS-SANTOS, L., MENDONÇA-FURTADO, O., PRESOTTO, A. JANSON, C. H., & BOINSKI, S. 1992. Morphological and behavioral adaptations for foraging in generalist primates: the case of the cebines. *American Journal of Physical Anthropology*, 88(4): 483-498.

JETZ, W., CARBONE, C., FULFORD, J., BROWN, J.H. 2004. The scaling of animal space use. *Science*, 306 (5694): 266–268.

JONES, B. S., HARRIS, D. H. R., & CATCHPOLE, C. K. 1993. The stability of the vocal signature in phee calls of the common marmoset, *Callithrix jacchus*. *American Journal of Primatology*, 31(1): 67–75.

JORGENSEN, D. D., & FRENCH, J. A. 1998. Individuality but not stability in marmoset long calls. *Ethology*, 104(9): 729-742.

KALAN, A. K., MUNDRY, R., WAGNER, O. J. J., HEINICKE, S., BOESCH, C., & KÜHL, H. S. 2015. Towards the automated detection and occupancy estimation of primates using passive acoustic monitoring. *Ecological Indicators*, 54: 217–226.

KATO, M., YOKOYAMA, C., KAWASAKI, A., TAKEDA, C., KOIKE, T., ONOE, H., & IRIKI, A. 2018. Individual identity and affective valence in marmoset calls: in vivo brain imaging with vocal sound playback. *Animal Cognition*, 21: 331-343.

KINZEY, W. G. 1997. *New World primates: ecology, evolution, and behavior*. New York: Aldine de Gruyter, 192-199 pp.

KRAUSE, B. 1987. The niche hypothesis: How animals taught us to dance and sing. *Whole Earth Review*, 57(57): 14-16.

KRAUSE, B. L. 1993. The niche hypothesis: a virtual symphony of animal sounds, the origins of musical expression and the health of habitats. *Soundscape Newsletters*. 6: 4–6.

LANDMAN, R., SHARMA, J., HYMAN, J. B., FANUCCI-KISS, A., MEISNER, O., PARMAR, S., & DESIMONE, R. 2020. Close-range vocal interaction in the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *Plos one*, 15(4): e0227392

LEMASSON, A., GUILLOUX, M., BARBU, S., LACROIX, A., & KODA, H. 2013. Age and sex-dependent contact call usage in Japanese macaques. *Primates*, 54: 283–291.

LIMA, E. M., & FERRARI, S. F. 2003. Diet of a free-ranging group of squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) in eastern Brazilian Amazonia. *Folia Primatologica*, 74(3): 150-158.

LUDWIG, G. AGUIAR, L. M., & ROCHA, V. J. 2006. Comportamento de obtenção de *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae), mandioca, por *Cebus nigritus* (Goldfuss) (Primates, Cebidae) como uma adaptação alimentar em períodos de escassez. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23: 888-890.

LYNCH-ALFARO, J.W. L., SILVA, Jr. JS., RYLANDS, A.B. 2012. How different are robust and gracile capuchin monkeys? An argument for the use of *Sapajus* and *Cebus*. *American Journal of Primatology*, 74(4): 273-286.

MARQUES, T. A., THOMAS, L., MARTIN, S. W., MELLINGER, D. K., WARD, J. A., MORETTI, D. J., ... & TYACK, P. L. 2013. Estimating animal population density using passive acoustics. *Biological Reviews*, 88(2): 287-309.

MARTINS, Ismênia Gurgel. Padrão de atividades do sagüi *Callithrix jacchus* numa área de Caatinga. 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

- MARTINS, W. P. 2010. Densidade Populacional e Ecologia de um grupo macaco-prego-de-crista (*Cebus robustus*; Kuhl, 1820) na Reserva Natural Vale. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais.
- MCCOMB, K., & SEMPLE, S. 2005. Coevolution of vocal communication and sociality in primates. *Biology Letters*, 1: 381–385.
- MCCONNELL, P.B. & SNOWDON, C.T. 1986. Vocal interactions between unfamiliar groups of captive cotton-top tamarins. *Behaviour*, 97: 273-296.
- MEDEIROS, C. I., BOTH, C., GRANT, T., & HARTZ, S. M. 2017. Invasion of the acoustic niche: variable responses by native species to invasive American bullfrog calls. *Biological Invasions*, 19(2): 675-690.
- MEDEIROS, K., BASTOS, M., JONES, G. 2019. 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*, 40: 511–531.
- MELLINGER, D.K., STAFFORD, K.M., MOORE, S.E., DZIAK, R.P., MATSUMOTO, H. 2007. An overview of fixed passive acoustic observation methods for cetaceans. *Oceanography* 20: 36–45.
- MENDELSON, T. C., & SHAW, K. L. 2012. The (mis) concept of species recognition. *Trends in ecology & evolution*, 27(8): 421-427.
- MENDES, F.D.C. 1995. Interações vocais do miquiqui (*Brachyteles arachnoides*). Tese de Doutorado. Instituto de Psicologia - Universidade de São Paulo, São Paulo, 134 pp.
- MENDES, S. L. 1989. Estudo ecológico de *Alouatta fusca* (Primates: Cebidae) na Estação Biológica de Caratinga, MG. *Revista Nordestina de Biologia*. 6(2): 71–104.
- MENDES-PONTES, A. R. M., MALTA, A., ASFORA, P. H. 2006. A new species of capuchin monkey, genus *Cebus* Erxleben (Cebidae, Primates): found at the very brink of extinction in the Pernambuco Endemism Centre. *Zootaxa* 1200: 1-12.

MENDES-PONTES, A. R., JORDANI, R. A., ROSAS RIBEIRO, P. F., NORMANDE, I. C., FERNANDES, A. C. A., SOARES, M. L., & RAMALHO, C. B. 2007. Ocorrência e abundância de primatas em fragmentos florestais no Centro de Endemismo Pernambuco. In Bicca-Marques, J. C. (Ed.), *A Primatologia no Brasil*, 10 (3): 193-206.

MIELKE, A., & ZUBERBÜHLER, K. 2013. A method for automated individual, species and call type recognition in free-ranging animals. *Animal Behaviour*, 86(2), 475–482. doi:10.1016/j.anbehav.2013.04.017

MILLER, B. S., CALDERAN, S., GILLESPIE, D., WEATHERUP, G., LEAPER, R., COLLINS, K., & DOUBLE, M. C. 2016. Software for real-time localization of baleen whale calls using directional sonobuoys: A case study on Antarctic blue whales. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(3): EL83–EL89.

MILLER, C. T., & WREN THOMAS, A. 2012. Individual recognition during bouts of antiphonal calling in common marmosets. *Journal of Comparative Physiology A*, 198: 337-346.

MILLER, C. T., BECK, K., MEADE, B., & WANG, X. 2009. Antiphonal call timing in marmosets is behaviorally significant: interactive playback experiments. *Journal of Comparative Physiology A*, 195: 783-789.

MILTON, K., & MAY, M. L. 1976. Body weight, diet and home range area in primates. *Nature*, 259: 459-462.

MITANI, J. C., & STUHT, J. 1998. The evolution of nonhuman primate loud calls: Acoustic adaptation for long-distance transmission. *Primates*, 39(2): 171–182.

MONTEIRO DA CRUZ, M. A. O. 1998. Dinâmica reprodutiva de uma população de sagüis-do-nordeste (*Callithix jacchus*) na Estação Ecológica do Tapacurá, PE. São Paulo University Thesis. São Paulo.

- MORRILL, R. J., THOMAS, A. W., SCHIEL, N., SOUTO, A., & MILLER, C. T. 2013. The effect of habitat acoustics on common marmoset vocal signal transmission. *American Journal of Primatology*, 75(9): 904–916.
- MORTON, E. S. 1975. Ecological sources of selection on avian sounds. *The American Naturalist*, 109(965): 17-34.
- MULLET, T.C., FARINA, A. & GAGE, S.H. 2017. The acoustic habitat hypothesis: An ecoacoustics perspective on species habitat selection. *Biosemiotics*. 10: 319–336.
- NAGUIB, M., & WILEY, R. 2001. Estimating the distance to a source of sound: mechanisms and adaptations for long-range communication. *Animal Behavior*, 62(5): 825-837.
- NELIO, R. R., A. L. PERACCHI., & R. A. ANDRADE. 2008. *Primatas brasileiros*. 1º edição. Technical books, Londrina.
- NEMETH, E., DABELSTEEN, T., PEDERSEN, S. B., & WINKLER, H. 2006. Rainforests as concert halls for birds: are reverberations improving sound transmission of long song elements? *The Journal of the Acoustical Society of America*, 119(1): 620-626.
- NORCROSS, J. L., & NEWMAN, J. D. 1993. Context and gender-specific differences in the acoustic structure of common marmoset (*Callithrix jacchus*) phee calls. *American Journal of Primatology*, 30(1): 37–54.
- NORCROSS, J. L., NEWMAN, J. D., & COFRANCESCO, L. M. 1999. Context and sex differences exist in the acoustic structure of phee calls by newly-paired common marmosets (*Callithrix jacchus*). *American Journal of Primatology*, 49(2): 165-181.
- OLIVEIRA, D. A. G. 2002. Vocalizações de longo alcance de *Alouatta fusca clamitans* e *Alouatta belzebul belzebul*: estrutura e contextos. Tese (Doutorado), Instituto de Psicologia - Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, D. A. G. 1997. Vocalizações de longo alcance do bugio (*Alouatta fusca clamitans*) na área do Parque Estadual da Cantareira (São Paulo, SP). Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, L. C., & GRELE, C. E. V. 2012. Introduced primate species of an Atlantic Forest region in Brazil: present and future implications for the native fauna. *Tropical Conservation Science*, 5(1): 112-120.

OLIVEIRA, M. M., LANGGUTH, A. 2006. Rediscovery of Marcgrave's capuchin monkey and designation of a neotype for *Simia flavia* Schreber, 1774 (Primates, Cebidae). *Boletim do Museu Nacional Botânica (Rio de Janeiro)*, 523: 1–16.

OPAZO, J. C., WILDMAN, D. E., PRYCHITKO, T., JOHNSON, R. M., & GOODMAN, M. 2006. Phylogenetic relationships and divergence times among New World monkeys (Platyrrhini, Primates). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 40(1): 274–280.

OSMANSKI, M. S., SONG, X., GUO, Y., & WANG, X. 2016. Frequency discrimination in the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *Hearing Research*, 341: 1-8.

OWINGS, D. H. & MORTON, E. S. 1998. *Animal vocal communication: a new approach*. Cambridge: Cambridge University Press.

PAIM, F. P., & QUEIROZ, H. L. 2010. Diferenças nos parâmetros acústicos das vocalizações de alarme das espécies de *Saimiri voigt*, 1831 (Primates, Cebidae na floresta de várzea-reserva mamirauá. *Scientific Magazine Uakari*, 5(1): 49-60.

PAULA, B. C., PINTER, A., & PADOVESE, L. 2022. Passive acoustic monitoring application to evaluate the vocal behavior of wild howler monkeys (*Alouatta guariba clamitans*).

PEREIRA, S. M. F. 2011. A influência da bioacústica na evolução da ciência em Portugal. Interface da acústica e monitorização da biodiversidade. Dissertação (Mestrado em Gestão e Conservação de Recursos Naturais) - Instituto Superior de Agronomia / Universidade de Évora, Lisboa, Portugal.

PERES, C.A. 1994. Primates responses to phenological changes in an Amazonian Terra Firme Forest. *Biotropica*, 26(1): 98-112.

PÉREZ-GRANADOS, C., & SCHUCHMANN, K. 2021. Passive acoustic monitoring of the diel and annual vocal behavior of the Black and Gold Howler Monkey. *American Journal of Primatology*, . 83(3): e23241

PIANKA, E. R. 1973. The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 4: 53-74.

PIEL, A. K., CRUNCHANT, A., KNOT, I. E., CHALMERS, C., FERGUS, P., MULERO-PÁZMÁNY, M., & WICH, S. 2021. Noninvasive technologies for primate conservation in the 21st Century. *International Journal of Primatology*, 1-35.

PIERETTI, N., DUARTE, M. H. L., SOUSA-LIMA, R. S., RODRIGUES, M., YOUNG, R. J., & FARINA, A. 2015. Determining temporal sampling schemes for passive acoustic studies in different tropical ecosystems. *Tropical Conservation Science*, 8(1): 215–234.

PINA, A.L.C.B., SOUZA, L.L. S. & FERRARI, S. F. 2002. Spacing patterns of *Alouatta belzebul* groups. In: Lisboa, P.L.B. (ed.). *Caxiuanã: Populações tradicionais, meio físico e diversidade biológica*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. 685-695.

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

PISTORIO, A. L., VINTCH, B., & WANG, X. 2006. Acoustic analysis of vocal development in a New World primate, the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 120(3): 1655-1670.

PLANQUÉ, R. & SLABBEKORN, H. 2008. Spectral overlap in songs and temporal avoidance in a peruvian bird assemblage. *The Authors Journal compilation*, Blackwell Verlag, Berlin, *Ethology* 114: 262–271.

- POLLA, Y.V. & SNOWDON, C.T. 1975. The vocalizations of pigmy marmosets (*Cebuella pygmaea*). *Animal Behaviour*, 23: 826-842.
- POMBERGER, T., LÖSCHNER, J., & HAGE, S. R. 2020. Compensatory mechanisms affect sensorimotor integration during ongoing vocal motor acts in marmoset monkeys. *European Journal of Neuroscience*, 52(6): 3531-3544.
- PRESOTTO, A., & IZAR, P. 2010. Spatial reference of black capuchin monkeys in Brazilian Atlantic Forest: egocentric or allocentric?. *Animal Behaviour*, 80(1): 125-132.
- PRIMACK, R. B., & RODRIGUES, E. 2001. *Biologia da conservação e diversidade biológica. Biologia da Conservação*. Londrina: Editora Vida, 01-68.
- RABOY, B.E., & DIETZ, J.M. 2004. Diet, foraging and use of space in wild Golden-Headed Lion Tamarins. *American Journal of Primatology*, 63: 1-15.
- RAMOS-FERNÁNDEZ, G. 2005. Vocal Communication in a Fission-Fusion Society: Do Spider Monkeys Stay in Touch With Close Associates? *International Journal of Primatology*, 26(5), 1077–1092.
- RAVAGLIA, D., FERRARIO, V., DE GREGORIO, C., CARUGATI, F., RAIMONDI, T., CRISTIANO, W., & GAMBA, M. 2023. There You Are! Automated Detection of Indris' Songs on Features Extracted from Passive Acoustic Recordings. *Animals*, 13(2): 241.
- REDMOND, I., & GOODALL, J. 2008. *The primate family tree. The amazing diversity of our closest relatives*. Firefly books, Buffalo.
- RESNICK, R., & HALLIDAY, D. 1970. *Física parte I*. Rio de Janeiro, RJ: AO Livro Técnico: p. 704.

ROBINSON, J. G. 1982. Vocal systems regulating within-group spacing. In *Primate Communication*, Cambridge University Press, Snowdon, C. T., Brown, C. H., and Petersen M. (eds.), Cambridge, 94-116.

ROBINSON, J.G. 1979a. An analysis of the organization of vocal communication in the titi monkey *Callicebus moloch*. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 49: 381-405.

ROBINSON, J.G. 1979b. Vocal regulation of use of space by groups of titi monkeys *Callicebus moloch*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 5: 1-15.

ROBINSON, J.G. 1986. Seasonal variation in use of time and space by the wedge-capped capuchin monkey, *Cebus olivaceus*: Implications for foraging theory. *Smithsonian Contribution to Zoology*, 431: 1-60.

ROWE, N. 1996. *The Pictorial guide to the living primates*. Pogonias Press.

ROY, S., MILLER, C. T., GOTTSCH, D., & WANG, X. 2011. Vocal control by the common marmoset in the presence of interfering noise. *Journal of Experimental Biology*, 214(21): 3619–3629.

RYLANDS, A. B. 2000. An assessment of the diversity of New World primates. *Neotropical primates*, 8: 61-93.

RYLANDS, A. B., & MITTERMEIER, R. A. 2009. The diversity of the New World primates (Platyrrhini): an annotated taxonomy. *South American primates: comparative perspectives in the study of behavior, ecology, and conservation*, 23-54.

RYLANDS, A. B., COIMBRA-FILHO, A. F., MITTERMEIER, R. A. 1993. Systematics, distributions, and some notes on the conservation status of the Callitrichidae. In: A. B. Rylands (ed.), *Marmosets and Tamarins: Systematics, Behaviour and Ecology*, p. 11-77. Oxford University Press, Oxford, UK.

RYLANDS, A. B., MITTERMEIER, R. A. & COIMBRA-FILHO, A. F. 2008. The systematics and distributions of the marmosets (*Callithrix*, *Callibella*, *Cebuella*, and

Mico) and Callimico (Callimico) (Callitrichidae, Primates). In: S. M. Ford, L. C. Davis and L. Porter (eds), *The smallest anthropoids: The Marmoset/Callimico Radiation*, Springer, New York, USA.

RYLANDS, A. 1993. Habitats, feeding ecology, and home range size in the genus *Callithrix*. *Marmosets and tamarins: systematics behaviour and ecology*, 262-272.

RYLANDS, A.B. 1996. Habitat and evolution of social and reproductive behavior in *Callitrichidae*. *American Journal of Primatology*, 38: 5-18.

SABATINI, V., & RUIZ-MIRANDA, C. R. 2008. Acoustical aspects of the propagation of long calls of wild *Leontopithecus rosalia*. *International Journal of Primatology*, 29: 207-223.

ŠÁLEK, M., DRAHNÍKOVÁ, L., TKADLEC, E. 2015. Changes in home range sizes and population densities of carnivore species along the natural to urban habitat gradient. *Mamm Rev* 45:1–14.

SANTOS, S. G., DUARTE, M. H. L., SOUSA-LIMA, R. S., & YOUNG, R. J. (2017). Comparing contact calling between black tufted-ear marmosets (*Callithrix penicillata*) in a noisy urban environment and in a quiet forest: noise effects on contact calls in black tufted-ear marmosets. *International Journal of Primatology*, 38: 1130-1137.

SCARPELLI, M. D., RIBEIRO, M. C., & TEIXEIRA, C. P. 2021. What does Atlantic Forest soundscapes can tell us about landscape? *Ecological indicators*, 121: 107050.

SCHNEIDER, C., HODGES, K., FISCHER, J., & HAMMERSCHMIDT, K. 2008. Acoustic Niches of Siberut Primates. *International Journal of Primatology*, 29: 601–613.

SCHOTT, D. 2010. Quantitative Analysis of the Vocal Repertoire of Squirrel Monkeys (*Saimiri sciureus*). *Zeitschrift Für Tierpsychologie*, 38(3): 225–250.

SCHRAUF, C., HUBER, L., & VISALBERGHI, E. 2008. Do capuchin monkeys use weight to select hammer tools? *Animal Cognition*, 11: 4413-422.

SCHROEDER, K. M., & MCRAE, S. B. 2020. Automated auditory detection of a rare, secretive marsh bird with infrequent and acoustically indistinct vocalizations. *Ibis*, 162(3): 1033-1046.

SCOTT, J. J., CARLSON, K. L., & SNOWDON, C. T. 2006. Labile sex differences in long calling in cotton-top tamarins. *American Journal of Primatology*: 68(2): 153-160.

SEARCY, W. A., & ANDERSSON, M. 1986. Sexual selection and the evolution of song. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 507-533.

SEKULIC, R., & CHIVERS, D.J. 1986. The significance of call duration in howler monkeys. *International Journal of Primatology*, 7: 183-190.

SERVICK, K. 2014. Eavesdropping on Ecosystems. *Science*, 343(6173): 834–837.

SILVA JÚNIOR, J.S., MITTERMEIER, R.A., LYNCH ALFARO, J.W., VALENÇA-MONTENEGRO, M.M. & CARVALHO, A.S. 2021. *Saimiri sciureus* (amended version of 2020 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T43968A192584742.

SILVA, A. B. A. 2021. Reprodução dos primatas machos da família Callitrichidae: revisão de literatura. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Medicina Veterinária) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

SILVA, G.S., & CRUZ, M. 1993. Comportamento e composição de um grupo de *Callithrix jacchus* Erxleben (Primates, Callitrichidae) na mata de Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 10: 509-520.

SILVA, Olga Camila da. 2013. Um estudo comparativo sobre a propagação do phee-call do sagui comum em caatinga e mata atlântica no Nordeste do Brasil. 2013. 52 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SILVA, V. M. D. 2006. Análise biogeográfica da distribuição de primatas neotropicais (primates, platyrrhini) (Master's thesis, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul).

SMITH, A. S., BIRNIE, A. K., LANE, K. R., & FRENCH, J. A. 2009. Production and perception of sex differences in vocalizations of Wied's black-tufted-ear marmosets (*Callithrix kuhlii*). *American Journal of Primatology* 71(4): 324-332.

SNOWDON, C. T., CLEVELAND, J., FRENCH, J. A. 1983. Responses to context-and individual-specific cues in cotton-top tamarin long calls. *Animal Behaviour*. 131(1):92-101.

SOBROZA, T. V. 2015. Ecologia comportamental de *Saguinus midas* e *Saguinus bicolor* (Primates: Callitrichidae) em áreas de contato entre distribuições geográficas.

STEINMETZ, S. 2005. Vocalizações de longo alcance como comunicação intra-grupal nos bugios (*Alouatta guariba*). *Neotropical Primates*, 13(2): 11-15.

STEVENSON, M.F., & RYLANDS, A.B. 1988. The marmosets, genus *Callithrix*. In: Mittermeier, R.A.; Rylands, A.B.; Coimbra-Filho, A. & Fonseca, G.A.B. (eds.). *Ecology and Behavior of Neotropical Primates - vol. 2*. Littera Maciel Ltda. p. 610.

STEVENSON, M.F.1988. The marmosets, genus *Callithrix*. *Ecology and behavior of neotropical primates*, 2: 131-222.

STONE, A. 2007b. Ecological risk aversion and foraging behaviors of juvenile squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *Ethology*, 13: 782-792.

STONE, A. I. 2007a. Responses of squirrel monkeys to seasonal changes in food availability in an eastern Amazonian forest. *American Journal of Primatology*, 69(2): 142-157.

SUGAI, L. S. M., SILVA, T. S. F., RIBEIRO Jr, J. W., & LLUSIA, D. 2019. Terrestrial passive acoustic monitoring: review and perspectives. *BioScience*, 69(1): 15-25.

SYMINGTON, M. M. 1990. Fission-fusion social organization in Ateles and Pan. *International Journal of Primatology*, 11: 47–61.

TAKAHASHI, D. Y., FENLEY, A. R., & GHAZANFAR, A. A. 2016. Early development of turn-taking with parents shapes vocal acoustics in infant marmoset monkeys. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1693): 20150370.

TALMAGE-RIGGS, G., WINTER, P., PLOOG, D., & MAYER, W. 1972. Effect of deafening on the vocal behavior of the squirrel monkey (*Saimiri sciureus*). *Folia Primatologica*, 17(5-6): 404–420.

TAMBURELLO, N., CÔTÉ, I. M., DULVY, N. K. 2015. Energy and the scaling of animal space use. *Am Nat* 186:196–211. Wauters LA, Gurnell J, Preatoni D, Tosi G (2001) Effects of spatial variation in food availability on spacing behaviour and demography of Eurasian red squirrels. *Ecography* 24:525–538

TEIXEIRA, D., MARON, M., & VAN RENSBURG., BJ. 2019. Bioacoustic monitoring of animal vocal behavior for conservation. *Conservation Science and Practice*, 1(8) 1: e72.

TLEIMAT, J. M. 2021. Monitoring the habitat and spatial associations of two threatened primates along a conservation area in western Ecuador (Unpublished thesis). Texas State University, San Marcos, Texas.

TOKUDA. M. & FRAGASZY. D. 2012. Flexible and conservative features of social systems in tufted capuchin monkeys: comparing the socioecology of *Sapajus libidinosus* and *Sapajus nigritus*. *American Journal of Primatology*, 74(4): 315-331.

VALENÇA-MONTENEGRO, M.M. 2011. Ecologia de *Cebus flavius* (Schreber, 1774) em remanescentes de Mata Atlântica no estado da Paraíba. Tese (Doutorado em Ecologia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. p.131.

VALENÇA-MONTENEGRO, M.M., BEZERRA, B.M., Martins, A.B., JERUSALINSKY, L., FIALHO, M.S. & LYNCH ALFARO, J.W. 2021. *Sapajus flavius* (amended version of 2020 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T136253A192592928.

VALENÇA-MONTENEGRO, M.M., BEZERRA, B.M., RUIZ-MIRANDA, C.R., PEREIRA, D.G., MIRANDA, J.M.D., BICCA-MARQUES, J.C., OLIVEIRA, L., DA CRUZ, M.A.O.M., VALLE, R.R. & MITTERMEIER, R.A. 2021. *Callithrix jacchus* (amended version of 2018 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T41518A191705043.

VALENÇA-MONTENEGRO, M.M., FIALHO, M.S., CARVALHO, A.S., RAVETTA, A.L., RÉGIS, T., DE MELO, F.R., JERUSALINSKY, L., VEIGA, L.M., MITTERMEIER, R.A., CORTES-ORTÍZ, L. & TALEBI, M. 2021. *Alouatta belzebul* (amended version of 2019 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T39957A190412426.

VAN BEEST, F. M., RIVRUD, I. M., LOE, L. E., MILNER, J. M., & MYSTERUD, A. 2011. What determines variation in home range size across spatiotemporal scales in a large browsing herbivore?. *Journal of Animal Ecology*, 80(4): 771-785.

VIELLIARD, J. M. E., & SILVA, M. L. 2010. Bioacústica - bases teóricas e regras práticas de uso em ornitologia. In: von Matter, S., Straube, F., Accordi, I., Piacentini, V. & Cândido-Jr., J. F. (Eds.), *Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento*. pp. 313–326. Rio de Janeiro, RJ: Technical books.

VITALE, A., ZANZONI, M., QUEYRAS, A., & CHIAROTTI, F. 2003. Degree of social contact affects the emission of food calls in the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *American Journal of Primatology*, 59(1): 21-28.

WASER, P. M., & BROWN, C. H. 1986. Habitat acoustics and primate communication. *American Journal of Primatology*, 10(2): 135-154.

WASER, P.M., WASER, M.S. 1977. Experimental studies of primate vocalization—specializations for long-distance propagation. *Zeit Tierpsych* 43:239–263.

WATSON, C. F., BUCHANAN-SMITH, H. M., & CALDWELL, C. A. 2014. Call playback artificially generates a temporary cultural style of high affiliation in marmosets. *Animal Behaviour*, 93: 163-171.

WAUTERS, L. A., MAZZAMUTO, M. V., SANTICCHIA, F., MARTINOLI, A., PREATONI, D. G., LURZ, P. W., ... & ROMEO, C. 2021. Personality traits, sex and food abundance shape space use in an arboreal mammal. *Oecologia*, 196: 65-76.

WICH, S.A., NUNN, C.L. 2002. Do male "long-distance calls" function in mate defense? A comparative study of long-distance calls in primates. *Behavioral Ecology Sociobiology* 52: 474–484.

WILEY, R. H. & RICHARDS, D. G. 1978. Physical constraints on acoustic communication in the atmosphere: implications for the evolution of animal vocalizations. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 3: 69-94.

WILKINS, M. R. 2013. Evolutionary divergence in acoustic signals: causes and consequences. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(3): 156-166

WINTER, P., PLOOG, D., & LATTA, J. 1966. Vocal repertoire of the squirrel monkey (*Saimiri sciureus*), its analysis and significance. *Experimental Brain Research*, 1: 359-384.

WOOD, C. M., BARCEINAS CRUZ, A., & KAHL, S. 2023. Pairing a user-friendly machine-learning animal sound detector with passive acoustic surveys for occupancy modeling of an endangered primate. *American Journal of Primatology*, 85 (8): e23507.

YAMAGUCHI, C., IZUMI, A., & NAKAMURA, K. 2010. Time course of vocal modulation during isolation in common marmosets (*Callithrix jacchus*). *American Journal of Primatology*, 72(8): 681-688.

Yamamoto, M. E., Araújo, A., de Sousa, M. B. C., & de Fátima Arruda, M. 2010. Social organization in *Callithrix jacchus*: cooperation and competition. In *Advances in the Study of Behavior*, Academic Press, 42:259-273.

ZALUAR, M.T., TARDIN, R., LLUSIA, D. et al. 2022. Impact of invasive marmosets (Primates, Callitrichidae) on bird acoustic diversity in a large neotropical urban forest. *Biological Invasions* 24:1725–1737.

ZAMBOLLI, A. H., MANZANO, M. C. R., HONDA, L. K., REZENDE, G. C., & CULOT, L. 2023. Performance of autonomous recorders to detect a cryptic and endangered primate species, the black lion-tamarin (*Leontopithecus chrysopygus*). *American Journal of Primatology*, 85: e23454.

ZHAO, L., RAD, B. B., & WANG, X. 2019. Long-lasting vocal plasticity in adult marmoset monkeys. *Proceedings of the Royal Society B*, 286(1905): 20190817.

ZIMMER, W. 2011. *Passive Acoustic Monitoring of Cetaceans*. Cambridge: Cambridge University Press. p.366.

ZIMMERMANN, E. 1995. Loud calls in nocturnal prosimians: structure, evolution, and ontogeny. In: *Current Topics in Primate Vocal Communication*, ZIMMERMANN, E.; NEWMAN, J.; JURGENS, U. (eds.), Plenum, New York, pp. 47-72.

ZUNINO, G. E. 1986. Algunos aspectos de la ecología y etología del mono aullador negro (*Alouatta caraya*) en habitat fragmentados. Tese de Doutorado, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

ZÜRCHER, Y., & BURKART, J. M. 2017. Evidence for dialects in three captive populations of common marmosets (*Callithrix jacchus*). *International Journal of Primatology*, 38: 780-793.

ZÜRCHER, Y., WILLEMS, E. P., & BURKART, J. M. 2021. Trade-offs between vocal accommodation and individual recognisability in common marmoset vocalizations. *Scientific Reports*, 11(1): 15683.



### **3 PARTE 2: A detecção de primatas por meio de monitoramento acústico passivo varia de acordo com a espécie e o bioma**

---

#### **3.1 Introdução**

O espaço acústico é um recurso limitado usado por todas as espécies vocais de uma comunidade (Krause, 1987) para reconhecimento de coespecíficos, escolha de parceiros, defesa de recursos e indicação de informações sobre o indivíduo sinalizador como tamanho corporal, por exemplo (Searcy & Andersson, 1986; Mendelson & Shaw, 2012; Walters *et al.*, 2021). Existem três hipóteses principais que tentam explicar a evolução dos sinais acústicos de animais em função de seu hábitat de origem: Hipótese da Adaptação Acústica (Morton, 1975; Hansen, 1979), Hipótese do Nicho Acústico (Krause 1993) e Hipótese de Habitat Acústico (Mullet *et al.*, 2017). A Hipótese da Adaptação Acústica afirma que os animais modificam a estrutura das vocalizações de longo alcance como uma forma de otimizar seu alcance e reduzir a degradação durante sua transmissão no ambiente (Morton, 1975). A Hipótese do Nicho Acústico sugere que duas espécies não podem compartilhar o mesmo nicho, pois uma delas será excluída por competição ou sofrerá adaptações, limitando o número de espécies coexistindo no mesmo ambiente (Krause, 1987). Segundo a Hipótese do Nicho Acústico, as espécies evitam emitir vocalizações ao mesmo tempo ou na mesma faixa de frequência para impedir a sobreposição de sons (Krause, 1987). A Hipótese de Habitat Acústico afirma que os sinais acústicos devem ser selecionados para uma transmissão adequada da informação em função das condições impostas pelo ambiente na atenuação do som e na filtragem de frequências (Mullet *et al.*, 2017).

Os primatas possuem vocalizações altas com características específicas adaptadas para transmissão por longas distâncias (Schneider *et al.*, 2008). Os sinais acústicos desses animais possuem informações que permitem o reconhecimento social, avisos de perigo, aprendizagem e períodos reprodutivos (Bezerra *et al.*, 2009). Os primatas ocorrem numa grande variedade de habitats florestais, com espécies podendo ocorrer em mais de um bioma. As diferenças nas propriedades acústicas destes ambientes como o ruído de fundo, atenuação, flutuação da amplitude e a reverberação, podem influenciar a estrutura e produção dos sinais acústicos desses animais (Brown & Waser, 2017). Assim, esses animais podem desenvolver estratégias como forma de evitar a degradação pelo ambiente durante a emissão dos sinais.

Os primatas evitam ambientes com alto nível de ruído ambiente para evitar o mascaramento dos seus sinais acústicos (Brown & Waser, 2017). O ruído do hábitat afeta a capacidade do receptor de detectar a presença de predadores, de ouvir sinais de alarmes e a identificação acústica e reconhecimento espécies. Portanto, o mascaramento é um problema potencial para todas as espécies de primatas em todos os tipos de habitat (Brown & Waser, 2017). Como uma alternativa para escapar da interferência acústica, os primatas podem monitorar esses eventos acústicos no ambiente e controlar os momentos e frequências desses sinais, para vocalizar quando outras espécies estão menos ativas acusticamente no ambiente, como em primatas do velho mundo: *Cercopithecus mitis*, *Lophocebus albigena*, *Cercopithecus aethiops* e *Papio cynocephalus* (Waser & Brown, 1986; Waser & Waser, 1977; Brown *et al.*, 1995). As fontes sonoras bióticas, o ruído do vento (ou pelo deslocamento de outros animais) e o movimento da vegetação induzido pelo vento são as principais fontes de ruído ambiente em todos os habitats, mas os seus efeitos na propagação do som diferem entre diferentes tipos de hábitat (Ey & Fischer, 2009).

A organização social também é um fator determinante na complexidade de repertórios e comportamento vocal de primatas. Espécies com organizações sociais mais complexas possuem repertórios vocais mais complexos (McComb & Semple, 2005). Em espécies que formam grupos multi-machos, por exemplo, há uma maior frequência de interação entre os machos com todos os membros do grupo (Lemasson *et al.*, 2013). Em organizações sociais do tipo fissão fusão, em que os indivíduos do mesmo grupo se subdividem em subgrupos (Izar, 2004; Presotto & Izar, 2010; Izar *et al.*, 2012), os indivíduos podem utilizar mais vocalizações à longas distâncias para manter o contato com os outros (Ramos-Fernández, 2005). O tamanho da área de vida também pode ser um fator seletivo para produção e transmissão de sinais acústicos (Hunter & Krebs, 1979; Zimmermann, 1995; Mitani & Stuht, 1998). Quando a área de vida é muito grande e existe separação grupal, primatas podem, por exemplo, emitir sinais acústicos em frequências mais baixas para facilitar a sua transmissão a longas distâncias (Mitani & Stuht, 1998; Wich & Nunn, 2002).

Considerando a capacidade e dependência de comunicação através de sinais acústicos em primatas, o monitoramento dos mesmos vem sendo realizado através de Monitoramento Acústico Passivo (MAP) com sucesso em diversas áreas, incluindo na Mata Atlântica (e.g., Bittencourt *et al.*, 2023; Manzando *et al.*, 2023; Zamboli *et al.*, 2023), no Pantanal (Pérez-Granados & Schuchmann, 2021; Do Nascimento *et al.*, 2021),

e no Cerrado (Pieretti *et al.*, 2015). O MAP é uma técnica não-invasiva que utiliza unidades de gravação autônomas (Enari *et al.*, 2019) para capturar os sons produzidos por esses animais passivamente. O acelerado desenvolvimento tecnológico de unidades de gravação passiva, tem proporcionado a disponibilização de gravadores com relativo baixo custo e a expansão dos estudos para diferentes grupos taxonômicos (Gibb *et al.*, 2018). MAP permite uma coleta de dados em um período diário e sazonal amplo (Melo *et al.*, 2021; Szymański *et al.*, 2021), mas gera um grande volume de dados que precisam ser armazenados e processados posteriormente (Browning *et al.*, 2017; Sugai *et al.*, 2018)

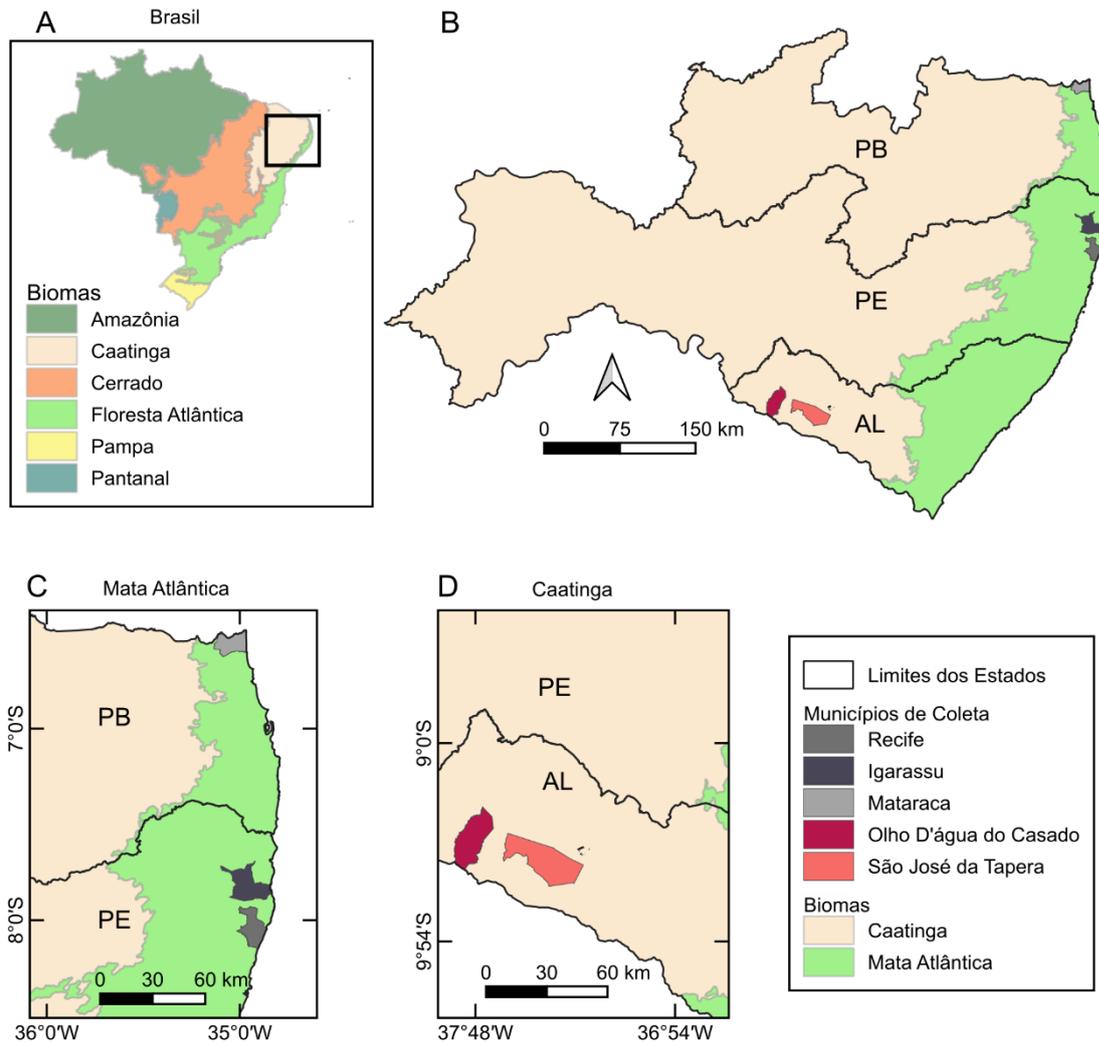
Aqui objetivamos realizar o monitoramento acústico passivo de primatas em três fragmentos de Mata Atlântica e dois fragmentos de Caatinga, focando em: i) identificar que vocalizações das espécies são detectáveis pelo MAP nas áreas; ii) comparar os horários de detecção dos sinais acústicos das diferentes espécies; iii) avaliar se existe relação entre presença de ruídos (antrópicos e naturais) e detecção de vocalizações de primatas; iv) avaliar se existe relação entre características das áreas (e.g. estrutura da vegetação e quantidade de habitat) e a detecção de vocalizações de primatas; e v) Avaliar se a estrutura da vocalização dos primatas variam de acordo com a área. Quatro espécies ocorrem nas áreas monitoradas (i.e., *Alouatta belzebul*, *Callithrix jacchus*, *Saimiri* spp e *Sapajus flavius*) podendo haver até três espécies por área. *Callithrix jacchus* é endêmica do Nordeste, mas o tráfico ilegal levou essa espécie para outras regiões do país (Rylands *et al.*, 2008). A espécie ocorre em áreas de Mata atlântica e Caatinga (Valença-Montenegro *et al.*, 2021). O *Saimiri* spp. é um primata amazônico (Silva Júnior *et al.*, 2021), mas populações desses animais foram introduzidas em Pernambuco em fragmentos de Mata Atlântica no litoral sul e na região metropolitana da cidade do Recife, na década de 1980 (Camarotti *et al.*, 2015).. *Alouata belzebul* ocorre na Mata Atlântica e na Amazônia (Valença-Montenegro *et al.*, 2021). *Sapajus flavius*, por sua vez, ocorre na Mata Atlântica e na Caatinga (Valença-Montenegro *et al.*, 2020). *Sapajus flavius* e *Alouatta belzebul* são ameaçados de extinção e consequentemente, alvo de políticas públicas de conservação de fauna (e.g., Plano de ação nacional para conservação de primatas ameaçados do Nordeste-PAE PRINE). As espécies-alvo desse estudo estão no Plano de Ação Estadual para Conservação dos Primatas de Pernambuco – PAEPriPE. Todas essas espécies são sociais, arborícolas, tem um repertório vocal complexo (Oliveira, 2002; Bezerra & Souto, 2008; Bastos *et al.*, 2015; Coe & Rosenblum, 2012), e fazem uso do espaço acústico para manter sua comunicação. Assim, são bons modelos para estudos voltados ao monitoramento acústico passivo ou ativo. Com nosso estudo,

esperamos elucidar quais são as vocalizações chave para o monitoramento acústico passivo de quatro espécies de primatas, elucidar aspectos do uso do espaço acústico por esses animais em áreas de simpatria, e elucidar como bioma e paisagem podem interferir na detecção dos sinais acústicos dos primatas-alvo.

## **3.2 Metodologia**

### **3.2.1 Áreas de estudo**

O estudo foi realizado em três fragmentos de Mata Atlântica e dois fragmentos de Caatinga no Nordeste do Brasil com ocorrência das espécies alvo do estudo e apresentando paisagens acústicas e estruturais variadas (Figura 1; Tabela 1; ANEXO 1). As áreas foram caracterizadas quanto a densidade da vegetação através do método do vizinho mais próximo (Nearest neighbour method, Beasom & Haucke 1975), a cobertura e uso do solo foi analisada através das imagens classificadas do Projeto MapBiomas e a biomassa através de análises do índice de diferença normalizada da vegetação (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI). No anexo I encontra-se a metodologia detalhada para a análise de cada uma das variáveis ambientais utilizadas (ANEXO 1).



**Figura 1.** Localização das áreas de coleta. A) Mapa do Brasil com limite dos biomas; B) Estados do Nordeste do Brasil onde realizamos coleta de dados (Paraíba, Pernambuco e Alagoas); C) Municípios de coleta nos Estados da Paraíba (i.e., Mataraca) e Pernambuco (i.e., Igarassu e Recife); D) Municípios de coleta no Estado de Alagoas (i.e., São José da Tapera e Olho D'água do Casado).

Tabela 1. Características básicas dos fragmentos de Mata Atlântica e Caatinga monitorados no nordeste do Brasil.

Área	Localização GPS	Localidade	Status de proteção	de Primatas ocorrendo na área	Bioma	Período de gravação	Breve descrição
1	06°29.902''S 034°29.704''W	Mataraca - PB	Área privada – Tronox Pigmentos SA	<i>Alouatta belzebul</i> , <i>Callithrix jacchus</i> , <i>Sapajus flavius</i>	Mata Atlântica	Fevereiro, março, abril, maio e julho de 2022	Possui 1186ha, consistindo em um mosaico de diferentes fitofisionomias (áreas de mata natural e reflorestada, mangue e várzea – Medeiros <i>et al.</i> , 2019) rodeado ainda por uma matriz de cana-de-açúcar, um parque eólico e uma matriz urbana.
2	8°04'50"S, 34°58'21"W	Recife - PE	Refúgio de Vida Silvestre Mata do Curado	<i>Saimiri sp</i> , <i>Callithrix jacchus</i>	Mata Atlântica	Fevereiro até agosto de 2022	Possui 106ha, sendo considerado um fragmento de mata urbano por estar inserido na Região Metropolitana de Recife.
3	9°33'13.34"S, 37°32'39.26"W	São José da Tapera- AL	Reserva Particular do Patrimônio Nacional Morro da Torre	<i>Callithrix jacchus</i> , <i>Sapajus Flavius</i>	Caatinga	Julho de 2022 até janeiro de 2023	Possui 20ha de extensão, tendo recebido o status de área protegida em abril de 2023.
4	9° 33' 24" S, 37° 52' 3" W	Olho D'água do Casado - AL	Monumento Natural do Rio São Francisco (MONA)	<i>Callithrix jacchus</i> , <i>Sapajus flavius</i>	Caatinga	Julho de 2022 até janeiro de 2023	O MONA possui 26.736,30ha cruzando 5 municípios do sertão Alagoano. A coleta ocorreu numa área conhecida como “Morro dos Macacos”.

5	07°47.162'S 035°00.788'W	- Igarassu, -PE	Área privada – Agroindustrial São José	– <i>Callithrix jacchus</i> , <i>Sapajus flavius</i> .	Mata Atlântica	Setembro de 2022 até março de 2023	A Mata dos Macacos possui 240 ha de floresta ombrófila densa inserida em uma matriz de cana-de-açúcar (Pereira, 2016).
---	-----------------------------	-----------------	--	---	-------------------	---	--

---

### 3.2.2 Coleta de dados acústicos

Fizemos o Monitoramento Acústico Passivo (MAP) das áreas de estudo com um gravador autônomo AudioMoth (Open Acoustic Devices) instalado em um ponto de cada um dos cinco fragmentos. A escolha dos pontos foi baseada na detecção prévia dos primatas na área amostrada. Os gravadores foram programados para gravar (em formato WAV) por 48h contínuas em cada um dos fragmentos, 16bit e 48kHz de taxa de amostragem. Foram realizados sete meses MAP em cada ponto de coleta, em semanas alternadas de cada mês por limitações logísticas.

### 3.2.3 Análise de dados

Analizamos as gravações da paisagem acústica utilizando o programa *Kaleidoscope Pro version 5.4.2* (Wildlife Acoustic Inc.) para construção de espectrogramas e agrupamento de registros sonoros em clusters que foram posteriormente classificados em quatro categorias: biofonia, antropofonia, geofonia e ruído não identificável – ANEXO 1). Da biofonia, foram extraídos de forma automatizada, todos os registros de vocalizações de primatas. Desses registros, consideramos a espécie de primata, os horários de emissão das vocalizações, os tipos de vocalizações e as características físicas das vocalizações.

Para identificar quais tipos de vocalizações das diferentes espécies foram detectáveis pelo MAP nas áreas de estudo, os tipos de vocalizações das espécies foram classificados qualitativamente e quantitativamente de acordo com Bezerra & Souto (2008) e Epple (1968) para vocalizações de *Callithrix jacchus*, Oliveira (2002) para *Alouatta belzebul*, Bastos *et al.*, (2015, 2018) para *Sapajus flavius*, e Coe & Rosenblum (2012) para *Saimiri* spp.

Usamos testes de qui-quadrado para comparar os horários de detecção dos sinais acústicos das diferentes espécies de primata ocorrendo nas áreas. Para tanto, consideramos cinco blocos de horários durante o dia (4:00-6:00; 7:00-9:00; 10:00-12:00; 13:00-15:00; 16:00 – 18:00) e agrupamos as detecções ocorridas nesses horários para cada espécie. Também usamos testes de qui-quadrado para comparar quantidade de detecções entre meses secos e chuvosos em cada área. Utilizamos a correlações de

Spearman para verificar se existe relação entre presença de ruídos com a média de detecção de biofonia, geofonia e antropofonia e a média de vocalizações dos primatas alvo. Além disso, também investigamos se existe relação entre características das áreas medidas *in situ*, como a quantidade de hábitat calculada pelo tamanho do fragmento dentro do buffer de 2,5 km, a média do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), e as médias do número, altura, densidade relativa e área basal dos indivíduos arbóreos e a média de detecção das vocalizações das espécies alvo. As espécies *Alouatta belzebul* e *Saimiri spp* não foram consideradas nessa última análise pois elas ocorrem em apenas uma área de estudo (*Alouatta belzebul* com ocorrência na área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB e *Saimiri spp*. com ocorrência na área 2: RVS Mata do Curado, Recife-PE).

Realizamos uma Análise de Função Discriminante (AFD) através do software Statistical Package for the Social Sciences v. 29.0.2.0 (SPSS - IBM Corporation) considerando quatro características físicas (frequência máxima, frequência mínima, amplitude e duração da vocalização) da *Phee Call* da espécie *Callithrix jacchus*. A AFD identifica as variáveis preditoras quantitativas que melhor descrevem as diferenças entre grupos (Klecka, 1980). Utilizamos a AFD para investigar se as características físicas das *Phee Calls* poderiam ser usadas para discriminar as *Phee Calls* gravados nas diferentes áreas de estudo. Consideramos 10 amostras de cada área (área 1, área 2, área 4 e área 5), com exceção da área 3 onde obtivemos apenas nove amostras. Utilizamos PERMANOVA para validar a AFD e testar se parâmetros acústicos das *Phee Calls* variam entre as áreas de estudo. Consideramos  $p < 0,05$  como significativo para todas as análises. As *Phee Calls* foram analisadas através dos espectrogramas gerados no Kaleidoscope Pro version 5.4.2 para extração de suas características físicas usadas para as AFD.

### **3.3 Resultados**

#### **3.3.1 Tipos de vocalizações detectáveis por MAP**

Através do MAP nas cinco áreas de coleta, com apenas um gravador por fragmento, obtivemos 3093 registros de vocalizações de primatas. Na área 1 (Mata da Tronox, Mataraca-PB), conseguimos detectar vocalizações das três espécies de primatas

que ocorrem na área (*Alouatta belzebul*, *Callithrix jacchus* e *Sapajus flavius*). A espécie que teve mais detecções foi *Callithrix jacchus* (n=129), seguido de *Sapajus flavius* (n=88) e *Alouatta belzebul* (n=45). Nas áreas de Caatinga (área 3- RPPN Morro da Torre, São José da Tapera- AL e área 4- MONA, Olho D'água do Casado- AL), detectamos apenas vocalizações de *Callithrix jacchus* (n = 9 na área 3 e n = 529 na área 4), apesar de existir *Sapajus flavius* nas duas áreas. Na área 2 (RVS Mata do Curado, Recife-PE), detectamos vocalizações das duas espécies de primatas que ocorrem na área (*Callithrix jacchus* – n = 423; *Saimiri sp* – n = 91). Na área 5 (área 5: Mata dos Macacos, Igarassu-PE), detectamos as duas espécies de primatas *Sapajus flavius* (n = 360) e *Callithrix jacchus* (n=1419).

Detectamos oito tipos de vocalizações para a espécie *Callithrix jacchus* : *Long Phee Call* (n=1982), *Brief Phee Call 1* (n=344), *Brief Phee Call 2* (n=77), *Brief Phee Call 3* (n=66), *Tisik Call* (n=8), *Very Brief Whistle* (n=5), *Scream Call* (n=1) e *Twitter Call* (n=1).

Detectamos 14 tipos de vocalizações para *Sapajus flavius* : *Huh* (n=91), *Huh-3var* (n=56), *Lost Call* (n=51), *Howl* (n=37), *Fear Call* (n=29), *Huh-1var* (n=25), *Hoot* (n=20), *Bellow* (n=6), *Huh-4var* (n=5), *Shout* (n=5), *Clack* (n=4), *Heh* (n=3), *Huh-2var* (n=2) e *Cheep* (n=1).

Detectamos dois tipos de vocalizações da espécie *Alouatta belzebul*: *Rugido pleno* (n=4) e *Rugido* (n=41).

Conseguimos detectar seis tipos de vocalizações para *Saimiri spp* : *Isolation Peep* (n=32), *Location Trill* (n=20), *Short Peep* (n=19), *Ascending Peep* (n=18), *Play Peep* (n=1) e *Roman Chucks* (n=1).

O anexo 2 mostra espectrogramas dos diferentes tipos de vocalizações detectadas para cada espécie.

### **3.3.2 Variação temporal na detecção dos sinais acústicos**

#### **3.3.2.1 Variação diurna**

Houve variações na detecção dos primatas nos diferentes horários do dia em cada área (Tabela 2). A espécie *Callithrix jacchus* se destacou pela elevada atividade acústica durante o dia em todas as áreas de estudo (Figura 2). Foi possível detectar vocalizações da espécie das 4h até às 18:00h, com picos de atividade acústica durante a manhã (Figura

2). As detecções de vocalizações de *Sapajus flavius* ocorreram durante o dia com picos no início da tarde (Figura 2). Vocalizações de *Alouatta belzebul* foram detectadas apenas em um fragmento de Mata Atlântica. O primata foi detectado apenas em dois momentos, às 05h (n=20) e 06h (n=25) (Figura 2). Detectamos vocalizações de *Saimiri* spp. em apenas um fragmento de Mata Atlântica (área 2- RVS Mata do Curado, Recife-PE) (Figura 2). A espécie foi detectada durante o dia com picos de atividade acústica às 05h (n=28) e 09h (n=13) e às 13h (n=39) (Figura 2). Não detectamos vocalizações de *Saimiri* spp às 04h, 08h, 10h e às 15h, 16h, 17h e 18h (Figura 2).

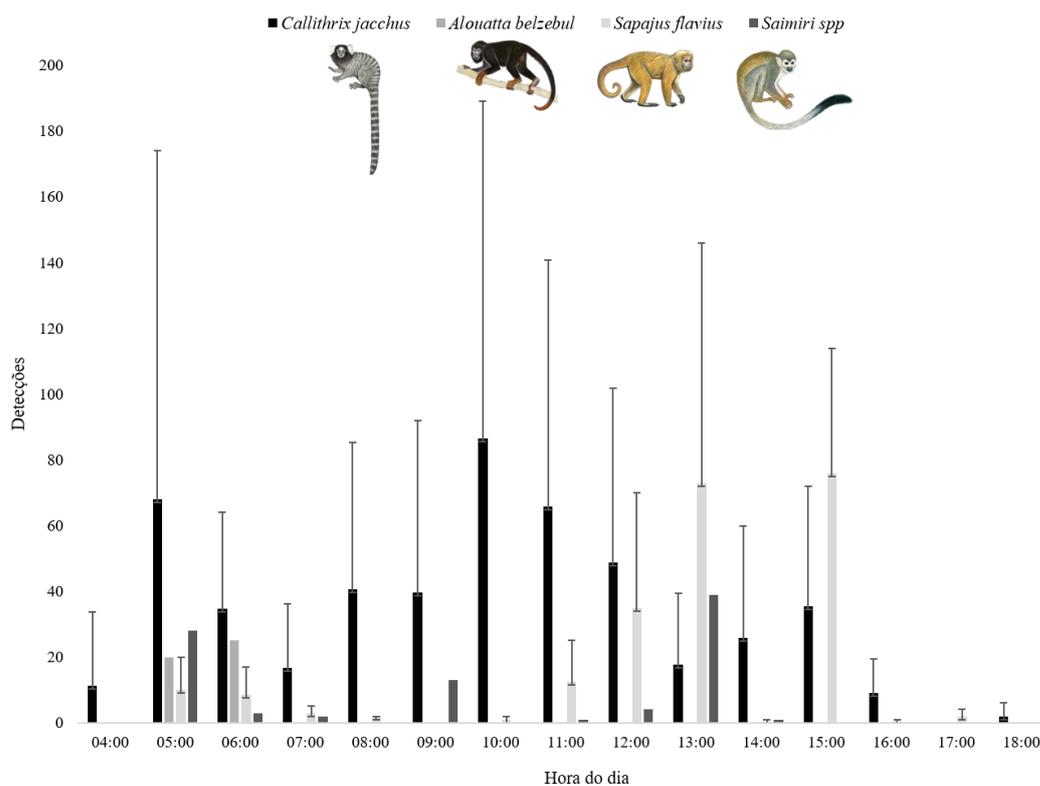


Figura 2. Detecções das espécies *Callithrix jacchus*, *Sapajus flavius*, *Alouatta belzebul* e *Saimiri* spp ao longo do dia nos fragmentos de Mata Atlântica e Caatinga analisados no estudo.

Na área 1, em relação ao horário de detecção das vocalizações, notamos que para as três espécies que ocorrem na área (i.e., *Alouatta belzebul*, *Callithrix jacchus* e *Sapajus flavius*) as detecções das espécies ocorreram ao longo do dia, com exceção da espécie *Alouatta belzebul* que teve suas vocalizações detectadas apenas nos horários de 5h e 6h. Na área 2 (RVS Mata do Curado, Recife-PE), detectamos *Callithrix jacchus* a partir de

6h da até 13h da e depois às 18h. A espécie exibiu um pico de emissão às 10h (n=151) e 11h (n=99) da manhã. Para *Saimiri spp*, detectamos vocalizações às 05h da (n=28) e 13h da (n=39). Na área 3 (RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL), detectamos vocalização apenas às 8h (n=9). Na área 4 (MONA, Olho D'água do Casado-AL), detectamos 529 registros de vocalizações de *Callithrix jacchus* distribuídos no período de 05h até às 16h d. O maior número de detecções ocorreu nos horários de 12h (n=86), 13h (n=58), 14h (n=85) e 15h (n=97). Na área 5 (Mata dos Macacos, Igarassu-PE), detectamos 1419 registros de vocalizações de *Callithrix jacchus* distribuídos no período entre 4h e 16h . A maior parte dos registros para a espécie ocorreram às 5h (n=275) e 10h (n=259). Detectamos 360 registros de vocalizações de *Sapajus flavius*, ocorrendo com mais frequência a partir das 11h , exibindo um pico de detecções às 13h (n=146).

Tabela 2. Comparação da detecção de vocalizações de primatas entre os diferentes blocos de horas do dia (i.e., 4:00-6:00; 7:00-9:00; 10:00-12:00; 13:00-15:00; 16:00 – 18:00). Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL; 4 – MONA, Olho D'água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.

<b>Fragmento</b>	<b>Espécie</b>	<b>Variação diurna (Testes de Qui Quadrado)</b>
1	<i>Callithrix jacchus</i>	(GL=4; N = 129; X2: 16384; p<0,001
	<i>Sapajus Flavius</i>	(GL=4; N = 88; X2: 7569; p<0,001
	<i>Alouatta belzebul</i>	(GL=4; N = 45; X2: 1936; p<0,001
2	<i>Callithrix jacchus</i>	(GL=4; N = 423; X2: 178084; p<0,001
	<i>Saimiri spp.</i>	(GL=4; N = 91; X2: 8100; p<0,001
3	<i>Callithrix jacchus</i>	(GL=4; N = 9; X2: 64; p<0,001
4	<i>Callithrix jacchus</i>	(GL=4 N = 529; X2: 278784; p<0,001
5	<i>Callithrix jacchus</i>	(GL=4; N = 1419; X2: 2010724; p<0,001
	<i>Sapajus Flavius</i>	(GL=4; N = 360; X2: 128881; p<0,001

### 3.3.2.2 Variação mensal

Houve variações na detecção dos primatas nos diferentes meses de coleta nas áreas de estudo (Tabela 3). Na área 1 (Mata da Tronox, Mataraca-PB), o maior número de detecções foi registrado no mês de abril para espécies *Callithrix jacchus* (n=95) e

*Sapajus flavius* (n=84). Apenas registramos as vocalizações de *Alouatta belzebul* no mês de fevereiro (n=45). Na área 2 (RVS Mata do Curado, Recife-PE), as detecções foram registradas nos meses de fevereiro, março, abril, maio, junho e julho. Para *Callithrix jacchus*, o maior número de detecções foi registrado no mês de maio (n=144), para *Saimiri spp*, o maior número de detecções foi registrado no mês de julho (n=46). Na área 3 (RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL), detectamos apenas nove sinais acústicos da espécie *Callithrix jacchus* e que foram registradas em setembro de 2022. Na área 4 (MONA, Olho D'água do Casado-AL), detectamos 529 sinais acústicos de *Callithrix jacchus*, distribuídos nos meses de setembro, outubro e novembro de 2022 e em janeiro de 2023. Na área 5 (Mata dos Macacos, Igarassu -PE), detectamos 1419 vocalizações da espécie *Callithrix jacchus* que foram registradas em todos os meses de coleta (i.e., setembro de 2022 até março de 2023) e 360 vocalizações da espécie *Sapajus flavius* que foram registradas nos meses de outubro, novembro, dezembro de 2022 e em janeiro e fevereiro de 2023. O mês de outubro se destaca com o maior número de detecções para as espécies *C. jacchus* (n=327) e *S. flavius* (n=148).

Tabela 3. Variação na detecção de vocalizações de primatas nos meses de coleta. Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL; 4 – MONA, Olho D'água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.

Área	Espécie	Média de detecções por mês ± SD	Variação mensal (Testes de Qui Quadrado)
1	<i>Callithrix jacchus</i>	18,14 ± 31,80	GL=6; $X^2$ : 15876; p<0,001
	<i>Sapajus Flavius</i>	12,57 ± 29,19	GL=6; $X^2$ : 7569; p<0,001
	<i>Alouatta belzebul</i>	6,42 ± 15,74	GL=6; $X^2$ : 1936; p<0,001
2	<i>Callithrix jacchus</i>	60,57 ± 43,52	GL=6; $X^2$ : 178929; p<0,001
	<i>Saimiri spp</i>	13 ± 13,59	GL=6; $X^2$ : 8100; p<0,001
3	<i>Callithrix jacchus</i>	1,28 ± 3,14	GL=6; $X^2$ : 64; p<0,001
4	<i>Callithrix jacchus</i>	75,57 ± 143,58	GL=6; $X^2$ : 278784; p<0,001
5	<i>Callithrix jacchus</i>	213,57 ± 122,18	GL=6; $X^2$ :2232036; p<0,001
	<i>Sapajus Flavius</i>	50,28 ± 59,36	GL=6; $X^2$ : 123201; p<0,001

### 3.3.3 Ruído ambiente e detecção de vocalizações

Em relação aos cinco blocos de horários durante o dia (4:00-6:00; 7:00-9:00; 10:00-12:00; 13:00-15:00; 16:00-18:00), para *Callithrix jacchus*, não encontramos uma correlação entre os blocos de horários com as detecções de antropofonia, geofonia e biofonia nas áreas de estudo: área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL; 4 – MONA, Olho D'água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE (Tabela 4).

Tabela 4. Correlação de Spearman entre a média de registros de vocalizações de *Callithrix jacchus* em cinco blocos de horários e as detecções de antropofonia, geofonia e biofonia. Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL; 4 – MONA, Olho D'água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.

Áreas de estudo	<i>Callithrix jacchus</i>	Antropofonia	Biofonia	Geofonia
Área 1	Coefficiente de Correlação	-0.700	-0.200	-0.308
	Sig. (2 extremidades)	0.188	0.747	0.614
	N	5	5	5
Área 2	Coefficiente de Correlação	0.600	-0.200	-0.200
	Sig. (2 extremidades)	0.285	0.747	0.747
	N	5	5	5
Área 3	Coefficiente de Correlação	0	0.000	0
	Sig. (2 extremidades)	-	1.000	-
	N	5	5	5
Área 4	Coefficiente de Correlação	-0.300	0.100	0
	Sig. (2 extremidades)	0.624	0.873	-
	N	5	5	5
Área 5	Coefficiente de Correlação	0.564	-0.300	0.300
	Sig. (2 extremidades)	0.322	0.624	0.624
	N	5	5	5

Em relação aos cinco blocos de horários durante o dia (4:00-6:00; 7:00-9:00; 10:00-12:00; 13:00-15:00; 16:00 – 18:00), para *Sapajus flavius*, não encontramos uma correlação entre os blocos de horários com as detecções de antropofonia, geofonia e biofonia nas áreas de estudo: área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE (Tabela 5).

Tabela 5. Correlação de Spearman entre a média de registros de vocalizações de *Sapajus flavius* em cinco blocos de horários com as detecções de antropofonia, geofonia e biofonia. Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.

Áreas de estudo	<i>Sapajus flavius</i>	Antropofonia	Biofonia	Geofonia
Área 1	Coeficiente de Correlação	-0.300	0.000	0.051
	Sig. (2 extremidades)	0.624	1.000	0.935
	N	5	5	5
Área 5	Coeficiente de Correlação	-0.237	-0.872	0.872
	Sig. (2 extremidades)	0.701	0.054	0.054
	N	5	5	5

Em relação aos cinco blocos de horários durante o dia (4:00-6:00; 7:00-9:00; 10:00-12:00; 13:00-15:00; 16:00 – 18:00), para *Alouatta belzebul* não encontramos uma correlação entre os registros de vocalizações de *A. belzebul* nos blocos de horários com as detecções de antropofonia, geofonia e biofonia na área 1: Mata da Tronox, Mataraca – PB (Tabela 6). Mas encontramos uma correlação positiva entre os registros de vocalizações de *Saimiri spp* e as detecções de geofonia (i.e., chuva) na área 2- RVS Mata do Curado, Recife – PE (Tabela 6). Ou seja, quanto maior a detecção de geofonia, maior o registro de vocalizações de *Saimiri spp*.

Tabela 6. Correlação de Spearman entre a média de registros de vocalização de *Alouatta belzebul* e *Saimiri spp* em cinco blocos de horários com as detecções de antropofonia, biofonia e geofonia. Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife - PE.

Áreas de estudo	<i>Alouatta belzebul</i>	Antropofonia	Biofonia	Geofonia
Área 1	Coeficiente de Correlação	-0.707	0.000	0.725
	Sig. (2 extremidades)	0.182	1.000	0.165
	N	5	5	5
Área 2	<i>Saimiri spp</i>			
	Coeficiente de Correlação	-0.500	-0.600	0,900
	Sig. (2 extremidades)	0.391	0.285	0.037
	N	5	5	5

### 3.3.4 Correlação entre detecção das espécies nas áreas de simpatria

Nas áreas onde detectamos mais de uma espécie, não encontramos correlação entre os cinco blocos de horários de atividade acústica das espécies: *Callithrix jacchus*, *Sapajus flavius* e *Alouatta belzebul* na área 1 Mata da Tronox, Mataraca-PB; *Callithrix jacchus* e *Saimiri spp* na área 2 em RVS Mata do Curado, Recife – PE; *Callithrix jacchus* e *Sapajus flavius* na área 5 na Mata dos Macacos, Igarassu-PE (Tabela 7).

Tabela 7. Correlação de Spearman entre a média de registro de vocalizações nos cinco blocos de horários de atividade acústica com espécies que ocorrem na mesma área. Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.

<b>Espécies Área 1</b>	<b>Correlação de Spearman</b>	<b><i>C. jacchus</i></b>	<b><i>A. belzebul</i></b>	<b><i>S. flavius</i></b>
<i>C.jacchus</i>	R	1.000	0.354	0.7
	Sig.	.	0.559	0.188
	N	5	5	5
<i>A.belzebul</i>	R	0.354	1.000	0.354
	Sig.	0.559	.	0.559
	N	5	5	5
<i>S. flavius</i>	R	0.7	0.54	1.000
	Sig.	0.188	0.559	
	N	5	5	5
<b>Espécies Área 2</b>		<b><i>C. jacchus</i></b>	<b><i>Samiri spp</i></b>	
<i>C.jacchus</i>	R	1.000	-0.4	
	Sig.	.	0.505	
	N	5	5	
<i>Saimiri spp</i>	R	-0.4	1.000	
	Sig.	0.505	.	
	N	5	5	
<b>Espécies Área 5</b>		<b><i>C. jacchus</i></b>	<b><i>S. flavius</i></b>	
<i>C.jacchus</i>	R	1.000	0.154	
	Sig.	.	0.805	
	N	5	5	
<i>S. flavius</i>	R	0.154	1.000	
	Sig.	0.805		
	N	5	5	

### 3.3.5 Relação entre características das áreas e detecção de vocalizações

Não encontramos uma correlação entre as características *in situ* e a média de NDVI e as médias de detecção de antropofonia, biofonia e geofonia de cada área de

estudo com a frequência de registro de vocalizações das espécies *Callithrix jacchus* de cada área. Entretanto, encontramos uma forte correlação positiva entre o registro de vocalizações de *Sapajus flavius* e o NDVI médio (Tabela 8). Ou seja, quanto maior o NDVI médio da área, maior é o registro de detecção de *S. flavius* nas áreas (área 1: Mata da Tronox, Mataraca -PB, área 3:RPPN Morro da Torre, São José da Tapera -AL e área 4: MONA, Olho D'água do Casado- AL área 5: Mata dos Macacos, Igarassu-PE). Também observamos uma correlação positiva entre a detecção do ruído de geofonia (i.e. chuva) e o registro de vocalizações de *Sapajus flavius* (Tabela 8). Ou seja, quanto maior a detecção do ruído de geofonia, maior é o registro de vocalizações de *Sapajus flavius*. A espécie *C. jacchus* foi registrada em todas as áreas de coleta, mas *S. flavius* foi registrada em duas áreas de Mata Atlântica (área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB e área 5: Mata dos Macacos, Igarassu-PE). Mesmo não havendo detecção *S. flavius* nas áreas de Caatinga, há registros visuais de que a espécie ocorre nas áreas de estudo (área 3:RPPN Morro da Torre, São José da Tapera -AL e área 4: MONA, Olho D'água do Casado- AL).

Tabela 8. Correlação de Spearman entre a média de registros de vocalizações das espécies *Callithrix jacchus* e *Sapajus flavius* e as características ambientais e acústicas das áreas de estudo: Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera -AL; 4 – MONA, Olho D'água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE. Qnt\_Hab: quantidade de hábitat; M\_Nº\_Indv: média do número de indivíduos arbóreos; M\_Alt: média da altura do indivíduos arbóreos; M\_DR: média da densidade relativa; M\_Basal: média da área basal dos indivíduos arbóreos; M\_ndvi: média de NDVI; Ruído\_A: média do registro de antropofonia; Ruído\_B: média do registro de biofonia; Ruído\_G: média do registro de geofonia.

Espécies	Variáveis								
	Qnt_Hab	M_Nº_Indv	M_Alt	M_DR	M_Basal	M_ndvi	Ruído_A	Ruído_B	Ruído_G
<b><i>C. jacchus</i></b>									
<b>R</b>	0,600	0,300	0,300	-0,300	-0,500	0,300	0,821	0,600	0,474
<b>Sig. (2 extremidades)</b>	0,285	0,624	0,624	0,624	0,391	0,624	0,089	0,285	0,420
<b>N</b>	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<b><i>S. flavius</i></b>									
<b>R</b>	-0,211	0,632	0,738	-0,316	0,211	0,949	0,105	0,105	1,000

<b>Sig. (2 extremidades)</b>	0,789	0,368	0,262	0,684	0,789	0,051	0,895	0,895	.
<b>N</b>	4	4	4	4	4	4	4	4	4

### 3.3.6 Características acústicas do *Phee Call* nas áreas de estudo

Usando os quatro parâmetros acústicos dos *Phee Calls* emitidos por *Callithrix jacchus* nas cinco áreas de estudo, a ADF mostrou que todas as variáveis usadas contribuíram para diferenciar as vocalizações dos *C. jacchus* por área, com exceção de duração (Tabela 9 e Tabela 10). Com base nestes parâmetros, foram calculadas duas funções discriminantes (Figura 3). A primeira função explicou 94.1% da variância acústica e a segunda função explicou 5.9% da variância acústica entre as áreas de estudo (Figura 3). Tivemos 83,7% dos *Phee Calls* corretamente classificados por área de estudo, baixando para 79.6% considerando correção por validação cruzada.

Tabela 9. Medidas descritivas dos parâmetros acústicos de *Phee Calls* emitidos por *Callithrix jacchus* nas cinco áreas de estudo: Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera; 4 – MONA, Olho D’água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.

Áreas de estudo	N	Freq_Máx (kHz)	Freq_Mín (kHz)	Amplitude (kHz)	Duração (ms)
Área 1	10	7,70 ± 0,20	6,96 ± 0,11	0,74 ± 0,21	1204,50 ± 120,12
Área 2	10	6,34 ± 0,53	5,42 ± 0,30	0,92 ± 0,26	1101,20 ± 323,51
Área 3	9	8,47 ± 0,156	7,67 ± 0,21	0,80 ± 0,28	1290,88 ± 209,51
Área 4	10	9,31 ± 0,56	7,78 ± 0,41	1,53 ± 0,64	1408,10 ± 272,29
Área 5	10	8,40 ± 0,64	6,88 ± 0,47	1,52 ± 0,66	1375,80 ± 368,42

Tabela 10. Variáveis acústicas dos *Phee Calls* emitidos por *Callithrix jacchus* usadas para discriminar as áreas de estudo: Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera; 4 – MONA, Olho D’água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.

Variáveis	Wilks' Lambda	F	df1	df2	Significância (P)
Freq_Máx (Hz)	0,166	55,408	4	44	<0,001
Freq_Mín (Hz)	0,121	79,631	4	44	<0,001
Amplitude (Hz)	0,610	7,040	4	44	<0,001
Duração (ms)	0,840	2,102	4	44	0,097

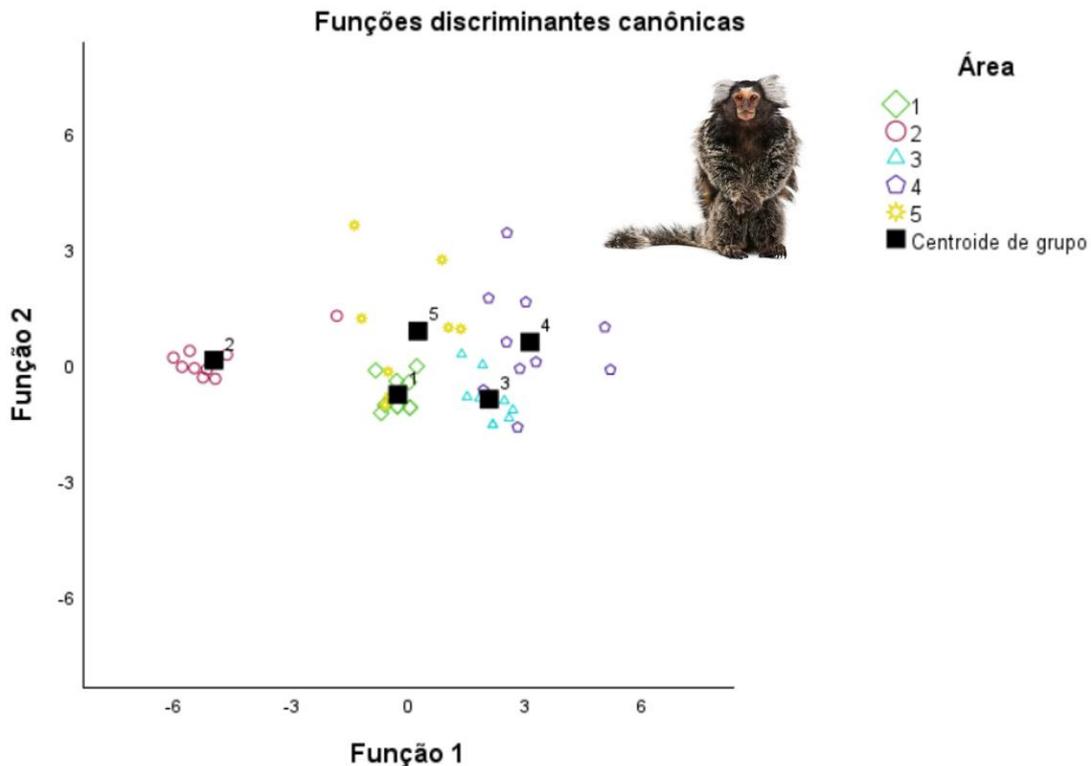


Figura 3. Funções canônicas geradas para discriminar a frequência mínima e a amplitude dos *Phee Calls* emitidos por *Callithrix jacchus* nas cinco áreas de estudos: Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera; 4 – MONA, Olho D'água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.

O resultado da PERMANOVA confirmou a diferença (PERMANOVA: Pseudo-F= 14.595; Número de permutações únicas: 9928; df: 4;  $p < 0,001$ ) entre os parâmetros acústicos dos *Phee Calls* analisados nas áreas de estudo (Tabela 11). E os parâmetros acústicos que mais contribuem para essa diferença são os relacionados à frequência mínima e amplitude (Figura 4). Já a ordenação MDS para os padrões acústicos apresentou um estresse final de 0.11 (Figura 5).

Tabela 11. Comparações entre pares dos Phee Calls emitidos por *Callithrix jacchus* nas áreas de estudo: 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera; 4 – MONA, Olho D’água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.

Áreas	t	P (perm)	Nº de Permutações únicas
Área 1 x Área 2	4.5722	0.0002	9228
Área 1x Área 3	3.027	0.0001	9259
Área 1x Área 4	4.1995	0.0001	9384
Área 1x Área 5	2.5733	0.0014	9392
Área 2 x Área 3	6.1281	0.0001	9324
Área 2 x Área 4	5.9945	0.0001	9310
Área 2 x Área 5	3.8404	0.0002	9285
Área 3 x Área 4	2.668	0.0037	9373
Área 3 x Área 5	2.3111	0.0016	9388
Área 4 x Área 5	1.6239	0.0544	9435

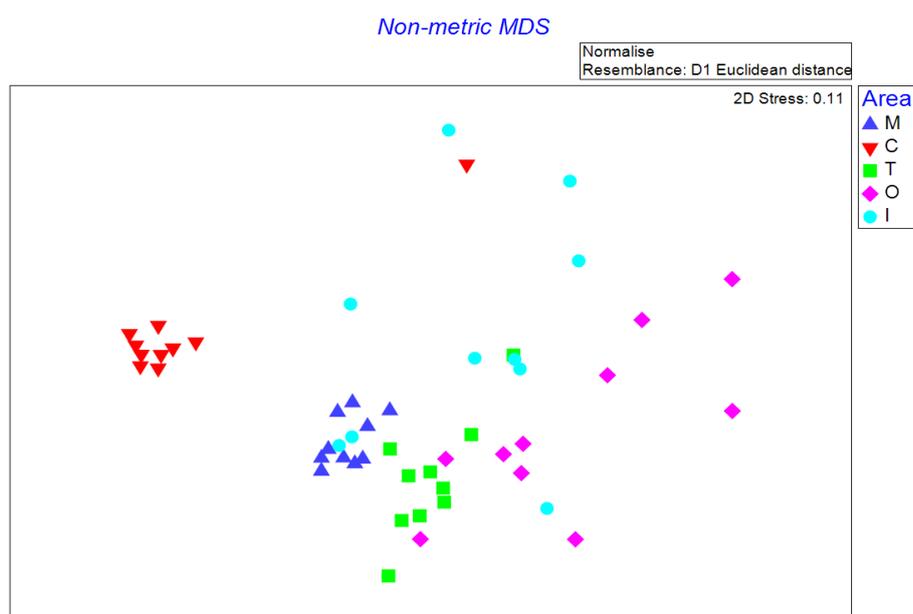


Figura 4. Ordenação MDS dos *Phee Calls* usando os parâmetros acústicos (frequência máxima, frequência mínima, amplitude e duração da vocalização). M: Área 1- Mata da Tronox, Mataraca-PB; C: 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; T: 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera; O: 4 – MONA, Olho D’água do Casado-AL; I: 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE

### 3.4 Discussão

#### 3.4.1 Detecção dos primatas por Monitoramento Acústico Passivo

Através do Monitoramento Acústico Passivo é possível detectar e identificar vocalizações emitidas por quatro espécies de primatas neotropicais que co-ocorrem em ambientes diferentes. Essa identificação só foi possível graças aos avanços nos estudos básicos dos repertórios vocais das espécies alvo e.g., Bezerra & Souto (2008) e Epple, (1968) para vocalizações de *Callithrix jacchus*, Oliveira (2002) para *Alouatta belzebul*, Bastos *et al.*, (2015, 2018) para *Sapajus flavius*, e Coe & Rosenblum (2012) para *Saimiri sp.* Portanto, nossos resultados comprovam a eficiência na detecção das espécies pelo Monitoramento Acústico Passivo (MAP). Nossos resultados mostram que algumas espécies foram detectadas com mais frequência do que outras. Pelas gravações passivas nos fragmentos analisados, é notável como *Callithrix jacchus* se destaca pela elevada detecção de vocalizações de longo alcance emitidas durante o dia e em ambientes diferentes como a Mata Atlântica e Caatinga.

A eficiência na detecção de espécies pelo MAP pode ser afetada pelos padrões de deslocamento entre as espécies de primatas que podem interferir na identificação da espécie no ambiente (Pérez-Granados & Schuchmann, 2021). Além disso, as vocalizações de longo alcance (que são mais prováveis de serem detectadas pelo MAP) são mais estudadas em calitriquídeos (Pola & Snowdon, 1975; Mcconnell & Snowdon, 1986) e atelídeos (Eisenberg, 1976; Mendes, 1995; Ades & Mendes, 1997; Oliveira, 2002; Steinmetz, 2005; Costa, 2006), e há pouca informação sobre propriedades de propagação dessas vocalizações em outros primatas neotropicais (Robinson, 1979a, 1979b; Sobroza, 2015; Caselli, 2013). O modo de uso do espaço pelos primatas é relacionado ao movimento do grupo durante o dia (Robinson, 1986). O tamanho da área de vida e o modo de uso do espaço entre os primatas podem depender tanto de fatores comportamentais quanto ecológicos, como aspectos sociais (Milton & May, 1976), estratégias alimentares (Peres, 1994; Rylands, 1996; Dietz *et al.*, 1997), as quais podem mudar com a disponibilidade e abundância de alimento em diferentes áreas de floresta e ao longo do tempo; lugares adequados para descanso (Altmann, 1974; Hankerson *et al.*,

2007), e a conectividade e diversidade do dossel da floresta (Raboy *et al.*, 2004). O tipo de dieta determina quanto o animal deve investir na procura e aquisição do alimento (Fleagle, 1988). Um recurso alimentar de grande importância na dieta de *Callithrix jacchus* é a goma de algumas espécies arbóreas. A goma está disponível durante o ano inteiro, e pode compor mais de 50% da alimentação vegetal (Auricchio, 1995). Dessa forma, somente algumas árvores são necessárias para a suprir a alimentação do grupo (Rylands, 1993). Isso permite que a espécie utilize uma área de vida comparativamente menor do que outros primatas frugívoros que, devido à dispersão das árvores com frutos comestíveis, precisam se deslocar por maiores distâncias (Stevenson, 1988; Kinzey, 1997) e como havia só um gravador fixo em cada área de coleta, as espécies de primatas que apresentam alimentação suficiente em uma área pequena devem precisar se deslocar menos e assim são mais facilmente registrados pelo gravador passivo.

O macaco-prego-galego (*Sapajus flavius*) pode ser encontrado na Mata Atlântica e na Caatinga do Brasil. Porém, em nossos resultados, detectamos sinais acústicos da espécie apenas em fragmentos de Mata Atlântica (área 1-Mata da Tronox, Mataraca-PB e área 5-Mata dos Macacos, Igarassu-PE). Mesmo havendo registros da ocorrência da espécie nos fragmentos de Caatinga deste estudo (área 3- RPPN Morro da Torre, São José da Tapera e área 4-MONA, Olho D'água do Casado-AL, Observação pessoal; Lima *et al.*, 2024), não conseguimos detectar sinais acústicos da espécie nos pontos de coleta pelo monitoramento passivo. A não detecção da espécie nos pontos de monitoramento acústicos passivos pode ter acontecido pelo fato dos grupos de *S. flavius* não usarem as áreas com tanta frequência no período escolhido para o monitoramento passivo. O gênero *Sapajus* é o mais onívoro dos primatas neotropicais (Nelio *et al.*, 2008), e precisa de uma dieta energética para sustentar seu comportamento de forrageador ativo (Bicca-Marques *et al.*, 2006). Além disso, o gênero *Sapajus* apresenta uma organização social na qual o grupo se subdivide em subgrupos, e o tamanho (número de indivíduos), composição e distância entre eles pode mudar em um determinado período de tempo (Izar, 2004; Presotto & Izar, 2010; Izar *et al.*, 2012). Essa organização social é denominada de fissão-fusão e pode ser derivada, principalmente, da flutuação na distribuição de fontes de alimentos no ambiente (Izar, 2004; Izar *et al.*, 2012). Durante a escassez de alimentos, os grupos ficam mais dispersos, passando maior parte do tempo se deslocando e forrageando com o intuito de encontrar recursos alimentares para suprir suas necessidades (Izar, 2004; Izar *et al.*, 2012). As áreas de coleta nos fragmentos de Caatinga são consideravelmente grandes e levando em consideração que a espécie passa mais tempo se deslocando à

procura de recurso alimentar no ambiente, usar a técnica de MAP com apenas um gravador passivo, pode ter sido o limitante na detecção da espécie. Então, uma possível solução seria a instalação de mais gravadores dispersos espacialmente na área de estudo, aumentando as chances de detecção da espécie alvo.

Através do MAP, conseguimos registrar sinais acústicos da espécie *Saimiri spp.* ou “macacos-de-cheiro”, como é popularmente conhecida. Esses primatas amazônicos foram introduzidos em diversas áreas fora da sua distribuição natural e podem ser encontrados em fragmentos de Mata Atlântica como na área 2 (RVS Mata do Curado, Recife-PE) devido a introdução ilegal por humanos (Campêlo *et al.*, 2019). Esses primatas exibem uma flexibilidade comportamental e alimentar que permite que eles ocupem uma grande variedade de habitats fora da sua distribuição original (Rowe, 1996; Redmond & Goodall, 2008) são onívoros com uma dieta comporta por insetos e/ou frutas. Além disso, a falta de predadores pode influenciar no crescimento da população e na eficiência de habitar no ambiente (Primack & Rodrigues, 2001). O tamanho da área de vida e as distâncias percorridas no deslocamento diário de primatas depende da disponibilidade de recursos alimentares (Peres, 1994; Rylands, 1996; Dietz *et al.*, 1997) e do tamanho da área florestal (Robinson, 1986; Milton & May, 1976). As espécies frugívoras tendem a ter uma área de vida maior do que as espécies insetívoras devido a distribuição espaço-temporal dispersa das árvores frutíferas (Milton & May, 1976). Um estudo realizado na mesma área, observou que o orçamento de atividades de *Saimiri spp.*, como locomoção e procura de alimentos foram as mais realizadas (Campêlo *et al.*, 2019). Entretanto fatores como a disponibilidade de recursos e o tamanho da área florestal, podem ter contribuído para a redução do tamanho da área de vida desses primatas no local (Campêlo *et al.*, 2019), o que pode ter favorecido a detecção constante da espécie pelo MAP. Além disso, a espécie apresenta vocalizações de longo alcance em seu repertório vocal (*Isolation Peeps*), que por sinal, foram detectadas com frequência nas gravações passivas. A emissão dessas vocalizações pode ter contribuído na detecção da espécie pelo MAP, já que foi registrada constantemente em nossos resultados. Portanto, a área de alcance das vocalizações pode estar associada ao tamanho do território dos indivíduos.

Apesar de estudos comprovarem a eficiência do MAP em detectar e reconhecer vocalizações de espécies do gênero *Alouatta* (Do Nascimento *et al.*, 2021; Pérez-Granados & Schuchmann, 2021; Paula, 2022; Wood *et al.*, 2023), em nosso estudo, notamos que a espécie *Alouatta belzebul*, foi a menos detectada pelo MAP. As vocalizações da espécie detectadas pelo MAP, consistem em vocalizações de longo

alcance denominadas de Rugidos. A pouca eficiência na detecção da espécie pelo MAP, pode ter acontecido pela pouca quantidade de pontos de coleta e de gravadores autônomos utilizados no nosso monitoramento passivo. Outros estudos que investigaram a detecção e reconhecimento das vocalizações de *Alouatta* pelo MAP utilizaram mais de um gravador passivo para monitorar mais pontos de coleta em sítios com alta frequência de grupos (Pérez-Granados & Schuchmann, 2021; Do Nascimento *et al.*, 2021; Paula, 2022), o que pode aumentar a probabilidade de detecção das espécies. Esta é uma limitação importante nos estudos de MAP, pois há limitações por não se saber a distância exata entre os gravadores e a espécie alvo (Pérez-Granados & Schuchmann, 2021). A baixa detecção da espécie também pode ser compreendida pela baixa atividade e pequena porcentagem de tempo gasto em deslocamento na área escolhida para monitorar a espécie. Geralmente os grupos de *Alouatta* percorrem diariamente pequenas distâncias, provavelmente como estratégia energética, pois quando a qualidade de alimento é baixa (dieta folívora), há uma tendência em diminuir o gasto energético reduzindo o tempo de locomoção durante o forrageamento (Zunino, 1986). Além disso, a área de estudo monitorada desde 2010 só começou a ter presença de *Alouatta belzebul* a partir de fevereiro 2022 quando dois indivíduos foram vistos no local, provavelmente resultantes de dispersão de fragmentos vizinhos (Bezerra informação pessoal). Assim, a baixa quantidade de indivíduos no fragmento também pode ter contribuído para baixa detecção.

### **3.4.2 Tipos de vocalizações mais emitidas pelas espécies do estudo**

Dentre os primatas neotropicais, *Callithrix jacchus* se destaca por ser bastante estudado no que diz respeito ao seu repertório vocal (Geiss & Schrader, 1996; Watson *et al.*, 2014; Agamaite *et al.*, 2015; Osmanski *et al.*, 2016). Os sinais acústicos são de grande importância no comportamento social dessas espécies, eles possuem um repertório vocal vasto que é produzido em muitos contextos sociais (Epple, 1968; Rylands, 1993). As chamadas de contato *Phee Calls* (*Long phee call*, *brief phee call 1*, *brief phee call 2* e *brief phee call 3*) se destacam por serem as mais emitidas pelos saguis (Pistorio *et al.*, 2006), e quando emitidas na natureza, são capazes de percorrer distâncias consideráveis (Jones *et al.*, 1993). Foi possível detectar sete tipos de vocalizações emitidas por *Callithrix jacchus* (Tabela). Os nossos resultados comprovam que as chamadas *Phee Calls* foram as mais emitidas pela espécie nas cinco áreas de estudo. Essas vocalizações são geralmente utilizadas quando os membros do grupo estão dispersos, supostamente

como forma de agregar novamente o grupo, avisar a chegada de outro grupo numa determinada área ou indicar o movimento do grupo (Epple, 1968; Bezerra & Souto, 2008).

O repertório vocal do *Sapajus flavius* é considerado rico e complexo, apresentando 31 tipos de vocalizações emitidas em diferentes contextos individuais e sociais, o que permite a transmissão de uma vasta gama de informações (Bastos *et al.*, 2015). Detectamos 14 tipos de sinais acústicos emitidos pela espécie (*Yell, Hoot, Whoop, Shout, Trill, Huh-1var, Bellow, Cheep, Lost Call, Fear Call, Huh-3var, Huh-2var, Heh, Howl, Huh-4var, Huh*, e *Clack*). As chamadas mais emitidas foram *Howl, Lost Call* e *Huh-1var*. A vocalização *Lost Call* está na classe de chamadas com e sem deslocamento e podem ser emitidas antes e durante o deslocamento ou locomoção do animal no ambiente (Gros-Louis *et al.*, 2008; Bastos *et al.*, 2015). Essa vocalização também pode ser emitida quando o animal está fora do contato visual do grupo ou quando o animal está respondendo à outra chamada perdida (Gros-Louis *et al.*, 2008). Dessa forma, essa chamada pode ter importância na coordenação e estruturação dos grupos sociais. Esse sinal acústico é considerado como a chamada mais alta em volume do repertório vocal do *Sapajus flavius* (Bastos *et al.*, 2015). Na classe de chamadas associadas à alimentação, detectamos as vocalizações *Huh-1var* e que é emitida durante o forrageamento e alimentação. No estudo de Bastos *et al.* (2015), as vocalizações relacionadas à alimentação foram as mais emitidas pelo *Sapajus flavius*. O estudo ainda classificou a chamada *Huh-1var* como a mais comum para a alimentação de *S. flavius*, que vocalizava sempre que visualizava algum tipo de alimento. A vocalização *Howl* está agrupada na categoria de Gritos, e foi a mais detectada pelo MAP. O contexto específico dessa vocalização emitida por *S. flavius* ainda não é conhecido. Entretanto, o estudo referente ao repertório do *Cebus capucinos*, revelou que os gritos podem ser emitidos nas situações agonísticas mais extremas que envolvem contato físico. (Gros-Louis *et al.*, 2008).

Os bugios ou guaribas (gênero *Alouatta*) são notáveis pela emissão de vocalizações de longo alcance (Oliveira, 2002). Bonvicino (1989) estudou o comportamento vocal da subespécie *Alouatta belzebul belzebul*, descobrindo que a emissão de rugidos pela espécie ao amanhecer e ao entardecer, além de ter observado a vocalização de latidos emitidos em contexto de alarme, associada à agregação e alerta dos membros do grupo (Oliveira, 2002). Em nosso estudo, detectamos dois tipos de vocalizações de longo alcance do repertório vocal do *Alouatta belzebul* (Rugido e rugido

breve ou pleno) que foram detectadas apenas ao amanhecer. Os rugidos são caracterizados por uma emissão longa de som rouco, produzidos por machos adultos (Oliveira, 2002). A vocalização de rugidos pode atuar como um meio de evitar a competição sexual, enquanto nas fêmeas, essa vocalização pode ser emitida como uma maneira de promover a competição entre machos ou afastar fêmeas intrusas (Sekulic & Chivers, 1986; Oliveira, 2002).

*Saimiri* spp. usam vocalizações em uma ampla gama de contextos (Coe & Rosenblum, 2012) e essas vocalizações são parte integral do comportamento social da espécie (Talmage-Riggs *et al.*, 1972). Nas gravações passivas, detectamos sete tipos de vocalizações do repertório vocal do *Saimiri* spp. (Tabela). As chamadas mais emitidas foram (*Isolation Peep*, *Location Trill*, *Short peep* e *Ascending peep*) que estão associadas à coesão grupal. A vocalização *Isolation Peep* só é emitida por adultos quando há perda de contato entre os indivíduos do grupo (Coe & Rosenblum, 2012). A mesma vocalização pode ser emitida quando infantes estão em momentos de sofrimento (Coe & Rosenblum, 2012). A chamada *Isolation Peep* tem recebido atenção especial em estudos anteriores por ser bem definida em contextos comportamentais (Coe & Rosenblum, 2012). A estrutura acústica dessa vocalização tem facilitado análises quantitativas que permitem investigar diferenças estruturais em relação a idade e entre indivíduos de diferentes origens geográficas (Coe & Rosenblum, 2012). As vocalizações *Short peep* e *Ascending peep* são emitidas para manter contato em curtas distâncias (Hammerschmidt *et al.*, 2001). Mas a chamada *Short peep* pode ser emitida por infantes quando estão explorando objetos novos ou quando entram em contato com outros membros do grupo (Coe & Rosenblum, 2012). A vocalização *Location trill* está relacionada com a interação mãe-infante, e é emitida quando as fêmeas interagem com seus infantes ou com infantes de outras fêmeas (Coe & Rosenblum, 2012).

### **3.4.3 Variação temporal na detecção dos sinais acústicos nas áreas de estudo**

A hora do dia está relacionada com variações nas taxas de vocalizações de espécies de primatas (Bezerra *et al.*, 2009). Observamos que houve variação temporal nos períodos de atividade acústica das espécies alvo deste estudo.

Estudos em outra população de *Alouatta belzebul* apontaram um ritmo de atividade acústica marcado por uma alta emissão de rugidos ao amanhecer e um pico secundário de emissão ao entardecer (Bonvicino, 1989). Em nosso estudo, a espécie concentrou sua atividade vocal nas primeiras horas do dia, seguindo um padrão mais comum para o gênero (Baldwin & Baldwin, 1976; Sekulic, 1982; Whitehead, 1995; da Cunha *et al.*, 2015; Van Belle *et al.*, 2013). Entretanto, registramos poucas vocalizações de longo alcance no início da manhã (4:00-6:00 h) e apenas durante um mês da estação seca. Essa estimativa parece ser baixa quando comparada com o padrão de atividade acústica descrita para o gênero *Alouatta* (da Cunha *et al.*, 2015). O baixo registro de vocalizações em nosso estudo, pode estar associado com a dimensão do fragmento de estudo (área 1132 ha) e do tamanho da população da espécie na área. Indivíduos só começaram a ser registrados no fragmento a partir de 2022 (Bezerra informação pessoal).

A atividade acústica da espécie *Saimiri spp.* foi registrada durante os blocos 1, 2, 3 e 4 (bloco 1: 4:00-6:00, bloco 2: 7:00-9:00, bloco 3: 10:00-12:00 e bloco 4: 13:00-15:00) durante a estação seca e chuvosa. Observamos que a atividade acústica da espécie na Mata Atlântica foi maior em meses chuvosos, seguindo o mesmo padrão de comportamento dos grupos monitorados por Pinheiro *et al.* (2013) na Floresta Amazônica. Por serem muito ativos, esses primatas dedicam a maior parte do tempo à locomoção e à procura de alimentos com pouco tempo em repouso (Terborgh, 1983; Pinheiro *et al.*, 2013; Boinski, 1987; Stone, 2007). Para os grupos da Mata Atlântica, o tempo gasto na locomoção durante a estação chuvosa, pode estar associado com a localização de árvores frutíferas, que geralmente tem uma distribuição espaço/temporal variável (Oliveira-Silva *et al.*, 2018; Mendoza *et al.*, 2017). Portanto, aumentar o gasto energético na procura de alimentos, talvez não seja tão benéfico para os grupos de *Saimiri spp.* que ocorrem na área 2 (RVS Mata do Curado, Recife- PE), por conta da alta probabilidade de encontrar fontes de alimento provenientes de espécies arbóreas exóticas (Campêlo *et al.*, 2019).

A atividade acústica de *Sapajus flavius* foi detectada com frequência durante os blocos 1 e 4 (bloco 1: 4:00-6:00 e bloco 4: 13:00-15:00) nos meses chuvosos na área 1 (Mata da Tronox, Mataraca-PB), e durante os blocos 3 e 4 (bloco 3: 10:00-12:00 e bloco 4: 13:00-15:00) nos meses secos na área 5 (Mata dos Macacos, Igarassu-PE).. Vimos que vocalizações relacionadas à alimentação foram as mais detectadas pelo MAP durante a meses chuvosos (área 1- Mata da Tronox, Mataraca-PB) e com mais frequência nos meses secos (área 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE). Os padrões de atividade dos grupos de *Sapajus flavius* variam entre os períodos secos e chuvosos (Pinto, 2006; Rodrigues, 2013)

Os macacos-prego gastam mais tempo se deslocando e procurando por alimentos, e pouco tempo em interações sociais e descanso (Fragaszy *et al.*, 2004; Freese & Oppenheimer, 1981; Martins, 2010). Segundo Rodrigues (2013), durante o período chuvoso, os grupos se deslocaram mais à procura de alimentos devido ao aumento da disponibilidade e a distribuição agregada de frutos na área de estudo. Os frutos são considerados uma ótima fonte energética (Garber, 1987), permitindo que os indivíduos de *S. flavius* invistam em outras atividades como deslocamento, descanso e interações sociais (Rodrigues, 2013).

A espécie *C. jacchus* é um primata de pequeno porte que apresenta grande adaptabilidade a diversos ambientes (Modesto & Bergallo, 2008). Em nossos resultados, observamos que a espécie *C. jacchus* emitiu frequentemente vocalizações *Phee Calls* tanto em áreas de Mata Atlântica (área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; área 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; área 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE) quanto nas áreas de Caatinga (área 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL; área 4 – MONA, Olho D'água do Casado-AL), mas em horários diferentes do dia. Nas áreas de Mata Atlântica, a espécie *C. jacchus* foi extremamente vocal durante o início e fim da manhã (bloco 1: 4:00-6:00, bloco 2: 7:00-9:00 e bloco 3: 10:00-12:00), havendo uma redução nas atividades acústicas durante os horários dos blocos 4 e 5 (bloco 4: 13:00-15:00 e bloco 5: 16:00-18:00). A hora do dia influencia no comportamento de saguis comuns, seja em relação ao uso da área de vida, em atividades de forrageamento e na taxa de atividade vocal (Mendes Pontes & Monteiro da Cruz 1995; Alonso & Langguth, 1989; Bezerra *et al.*, 2009). *C. jacchus* apresenta uma atividade diurna que vai do nascer até o pôr do sol (Yamamoto, 1991; Kantha & Suzuki, 2006). Segundo o estudo de Bezerra *et al.* (2009), os indivíduos adultos de *C. jacchus*, vocalizaram na maior parte do tempo durante a manhã e o meio-dia e com encontros intergrupais ocorrendo frequentemente antes de 15:00. Em espécies de primatas, atividades de defesa territorial e coesão grupal são organizadas pelos adultos do grupo, além disso, encontros intergrupais são frequentes em grupos de *C. jacchus* de vida livre (Lazaro-Perea, 2001). Dessa forma, a coesão grupal por adultos de *C. jacchus* no início da manhã juntamente com encontros intergrupais mais frequentes, podem explicar a atividade vocal de saguis comuns durante o início e fim da manhã (Bezerra *et al.*, 2009). Mas outras condições ambientais podem estar relacionadas com a hora do dia e que podem afetar a frequência de emissão de vocalizações, como a temperatura, correntes de vento, densidade da vegetação, umidade, que podem afetar a propagação das vocalizações no ambiente (Campêlo *et al.*, 2019; Silva, 2013; Bezerra *et al.*, 2009).

Com relação à variação mensal dos padrões de atividades é esperado que eles variem de acordo com a disponibilidade de recursos na área (Rylands, 1982; Ferrari, 1988; Alonso & Langguth, 1989). Na área 1 (Mata da Tronox, Mataraca – PB), vimos que a espécie *C. jacchus* emitiu mais vocalizações durante os meses chuvosos nas áreas 1 (Mata da Tronox, Mataraca-PB) e na área 2 (RVS Mata do Curado, Recife- PE) e nos meses secos na área 5 (Mata dos Macacos, Igarassu-PE). As diferenças no tamanho da área de vida e no padrão do uso do espaço do gênero *Callithrix*, são influenciados pela estrutura e composição florística do hábitat, pela distribuição e abundância de invertebrados, árvores de goma e a presença de grupos vizinhos (Rylands 1986, Scanlon *et al.* 1989). Segundo o estudo de Castro (2003), os grupos de *C. jacchus* ampliaram o uso do espaço nos meses chuvosos. Isso teve relação com a variação na abundância de frutos e quando alguns recursos estavam escassos, os grupos passaram a explorar mais as fontes de goma (Castro *et al.*, 2000). Na área 5, o período de coleta de dados acústicos foi durante a estação seca, e durante esse tempo, a espécie *C. jacchus* foi extremamente ativa. Na estação seca, quando há uma provável diminuição da oferta de recursos (Castro *et al.*, 2000; Janzen, 1973), há uma grande utilização de goma na dieta, cujas fontes estão localizadas próximas umas das outras, o que permite um menor deslocamento do grupo. E por fazerem mais o uso de exsudados durante a estação seca, os grupos de *C. jacchus* não apresentam variações significativas no tamanho da área de uso, períodos de atividades ou estabilidade grupal durante o ano em áreas de Mata Atlântica (Ferrari & Ferrari, 1989). Então, mesmo diante da escassez de alguns recursos, a distribuição sazonal de recursos nessa área parece não ter influenciado na atividade acústica de *Callithrix jacchus*.

Nas áreas de Caatinga, detectamos vocalizações de *C. jacchus* poucas vezes na área 3 (RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL) durante às 8h da manhã (bloco 2: 7:00-9:00), e na área 4 (MONA, Olho D'água do Casado-AL) a espécie foi mais ativa durante os blocos 1, 3 e 4 (bloco1: 4:00-6:00, bloco 3: 10:00-12:00 e bloco 4: 13:00-15:00). Também observamos que as vocalizações da espécie foram detectadas apenas nos meses secos. Essa baixa detecção de vocalizações para *C. jacchus* na área 3 pode estar relacionado com o rendimento do gravador passivo que funcionava durante poucas horas quando submetido a ambientes com temperaturas mais elevadas da Caatinga. Por isso, devido ao baixo registro de detecções de *C. jacchus* nessa área, não podemos afirmar que exista um padrão de atividade acústica específica, e assim como foi exposto para *Alouatta belzebul* na área 1 (Mata da Tronox, Mataraca-PB), precisamos de mais pesquisas

voltadas para o comportamento acústico dessa população e assim, determinar o padrão de atividades acústicas e associar com a hora do dia e a variação mensal e sazonal de produção de sinais acústicas.

Há estudos que comprovam que os animais modificam ou diminuem a sua atividade vocal em resposta as alterações ambientais (Clink *et al.*, 2020). Por exemplo, os indivíduos machos de *Simias concolor* evitam vocalizar durante as horas mais quentes do dia e emitem sinais acústicos mais curtos durante os períodos de calor (Erb *et al.*, 2016). De acordo com o estudo de De la Fuente *et al.* (2014), os grupos de saguis comuns que habitam a Caatinga ajustam seus padrões comportamentais para lidar com as elevadas temperaturas e à escassez de recursos que caracterizam esse bioma. Esses grupos de saguis passaram a maior parte do tempo descansando como um mecanismo comportamental para evitar o estresse térmico (De la Fuente *et al.*, 2014). Além disso, a locomoção foi reduzida por ser uma atividade que exige mais esforço físico com o aumento da temperatura, apesar disso, a atividade de forrageamento não foi reduzida porque eles continuaram na procura por alimento (De la Fuente *et al.*, 2014). Isso pode ajudar a explicar o fato de termos registrado uma baixa atividade vocal de *C. jacchus* na área 3 (RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL). Assim, esses animais devem reduzir a sua atividade vocal como um mecanismo para evitar o gasto energético em momentos de alta temperatura, e ainda, manter o comportamento de forrageamento por recursos no ambiente.

Em relação aos períodos de atividade acústica na área 4 (MONA, Olho D'água do Casado-AL), observamos uma atividade vocal diferente, os indivíduos de *C. jacchus* emitiram mais vocalizações durante o dia e principalmente nos horários mais quentes. Apesar de não encontrarmos correlação entre os registros de atividade acústica com a antropofonia da área 4 (MONA, Olho D'água do Casado-AL), esse comportamento vocal pode ter sido influenciado pelas pressões antrópicas proveniente de embarcações destinadas as atividades turísticas que ocorrem com frequência na área. Segundo Bittencourt *et al.* (2023), indivíduos de *Callithrix penicillata* que habitam uma área de transição entre Cerrado e Mata Atlântica, intensificaram a emissão de vocalizações de contato na área próxima ao ruído antrópico. O que sugere um esforço dos animais para adaptar sua atividade vocal a um ambiente mais ruidoso (Bittencourt *et al.*, 2023, Santos *et al.*, 2017). Em ambientes ruidosos, as vocalizações dispendiosas provavelmente são mascaradas pelo ruído e não são tão eficazes em termos de custo energético. Já as chamadas de contato, são mais eficazes na manutenção da coesão grupal com um custo

comparativamente mais baixo (Bittencourt *et al.*, 2023). Mesmo se tratando de um bioma diferente, os *C. jacchus* da área 4 (MONA, Olho D'água do Casado-AL) devem utilizar desse mesmo mecanismo compensatório para evitar o mascaramento de suas vocalizações pelo ruído antrópico das embarcações turísticas e utilizando chamadas de contato com frequência como uma estratégia energética mediante as altas temperaturas na Caatinga.

Em relação a variação mensal em ambientes de Caatinga, o registro das vocalizações de *C. jacchus* na área 3 (RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL) e na área 4 (MONA, Olho D'água do Casado-AL), foram detectados durante os meses secos. A Caatinga se configura como um ambiente semiárido com elevada radiação solar, altas temperaturas, baixa umidade, precipitação irregular e com escassez de recursos durante a estação seca (Abreu *et al.*, 2016; Prado, 2003; Araújo *et al.*, 2007; Albuquerque *et al.*, 2012; Medeiros *et al.*, 2012). Na Caatinga, há uma necessidade de compensar a escassez de alimentos através da alta dependência de exsudatos de plantas por saguis comuns, já que a goma é um recurso que está disponível durante o ano todo (De la Fuente *et al.*, 201; Abreu *et al.*, 2016). Entretanto estudos observaram que em vez de se alimentarem de goma, os saguis comuns da Caatinga usavam itens alimentares alternativos, como as folhas (Amora *et al.*, 2013) e cactos espinhosos (Abreu *et al.*, 2016). O consumo de cactos aumenta a adaptabilidade e a flexibilidade dos saguis que vivem na Caatinga, pois a inclusão desse recurso alternativo na dieta, fornece água para termorregulação e energia para as atividades diárias (Arnold & Drawe 1979; Mellink & Riojas-López 2002; Abreu *et al.*, 2016). Portanto, *C. jacchus* pode sobreviver em condições difíceis devido aos ajustes no seu comportamento e mudanças na sua dieta (Abreu *et al.*, 2006). E por ser um primata diurno com capacidade de se acostumar à presença humana, a espécie se torna um bom modelo para entender melhor os ajustes comportamentais usados pelos mamíferos para sobreviver em um ambiente semiárido (De la Fuente *et al.*, 201; Abreu *et al.*, 2016).

#### **3.4.4 Ruído ambiente e atividade vocal de primatas**

Os primatas arborícolas possuem uma grande necessidade de comunicação acústica em ambientes onde outras formas de transmissão (tátil, olfativa e visual) são menos eficientes por conta das limitações impostas pelo seu ambiente (Auricchio, 1995; Waser & Brown, 1986). Os ruídos antropogênicos podem ter efeitos negativos,

especialmente em espécies que dependem da comunicação acústica. Nas gravações passivas realizadas nas áreas de estudo, observamos que alguns ruídos eram constantemente emitidos no ambiente durante o horário de atividades acústicas das espécies. Mas apesar dessa elevada detecção de ruído antrópico, não houve correlações entre a detecção do ruído antrópico e o registro de vocalizações das espécies de estudo. Nas áreas de Mata Atlântica (área 1- Mata da Tronox, Mataraca-PB; área 2- RVS Mata do Curado- PE; área 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE), apesar de registrarmos muitos ruídos antrópicos, provenientes de diferentes fontes de atividade humana (i.e. tráfego de carros, maquinário, música, vozes humanas), foi possível detectar as atividades acústicas das espécies de primatas ao longo do dia. A espécie *Callithrix jacchus* foi altamente vocal no decorrer do dia, principalmente durante os ruídos antropogênicos. Já para a espécie *Saimiri spp*, as atividades acústicas diminuía nos momentos de pico dos ruídos antropogênicos. Na área 3 (RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL), registramos latidos constantes de cachorros ao longo do dia e na área 4 (MONA, Olho D'água do Casado-AL), detectamos ruídos de embarcações associadas as atividades turísticas locais. Esses ruídos (bióticos e antrópicos) podem ter influenciado nos horários de atividades acústicas dos primatas que ocorrem na área, visto que só foi possível detectar *Callithrix jacchus* emitindo vocalizações às 8h da manhã na área 3 (RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL), porém a espécie foi extremamente vocal ao longo do dia na área 4 (MONA, Olho D'água do Casado-AL). Uma possibilidade de influência para essas variações ao longo do dia podem ser também as variações do ruído ambiente no decorrer do dia, muitos animais têm seus sinais acústicos mascarados em virtudes de ruídos do ambiente, como ventos, chuvas, vocalizações de outros animais e até mesmo ruídos antropogênicos (Gutiérrez-Vannucchi *et al.*, 2019; Herreramontes & Aide, 2011). O possível mascaramento de sinais acústicos levou a evolução de mecanismos que podem implicar em mudanças nas características das vocalizações (regulação da amplitude, duração, frequência e/ou intensidade) (Brumm & Slabberkoorn, 2005). Sendo essas modificações mecanismos para lidar com os ruídos do seu ambiente acústico e com isso não desperdiçar energia produzindo sinais sonoros sem propósito (Gutiérrez-Vannucchi *et al.*, 2019).

Os ruídos e os sinais acústicos de diferentes espécies que se comunicam no mesmo ambiente também podem afetar a detecção e o reconhecimento das vocalizações (Campêlo *et al.*, 2019; Ficken & Hailman, 1974; Albuquerque, 2019). A emissão de sinais acústico em tempos ou frequências diferentes utilizadas por outras espécies, pode ser uma

boa estratégia para impedir o impacto do mascaramento desses sinais e diminuir a competição acústica entre espécies diferentes (Planqué & Slabbekoorn, 2008). A competição acústica é mais prevalente em ambientes fechados (com alta densidade de vegetação) quando comparada com ambientes mais abertos (com baixa densidade de vegetação) (Waser & Brown, 1986). Ambientes mais abertos com vegetação menos densa como a Caatinga, proporcionam condições mais variáveis para a propagação do som (Ey & Fischer, 2009). Em ambientes com vegetação fechada, a absorção e reverberação das ondas sonoras é mais intensa, ocasionando em maiores pressões seletivas sobre a transmissão do sinal acústico e conseqüentemente interferindo na eficiência da propagação das vocalizações pelo emissor (Ey & Fischer, 2009; Waser & Brown, 1986).

Nossos resultados mostram que quanto maior a detecção de ruídos provenientes da geofonia (i. e. chuva), maior foi o registro de vocalizações de *Saimiri spp* durante o dia na área 2 (RVS Mata do Curado, Recife- PE). Neste estudo, detectamos ruídos da geofonia provenientes dos sons da chuva e vimos que a atividade acústica de *Saimiri spp*. aumentou com a incidência de chuvas nos dias de gravação durante a estação chuvosa. A chuva pode ter uma grande influência em como o som propaga através do ambiente e a resposta vocal dos animais parece ser específica para cada táxon. Por exemplo, corujas-da-torre (*Strix aluco*) diminuem a emissão de vocalizações durante os períodos de chuva (Lengagne *et al.*, 2002). Em indivíduos de rãs-túngaras (*Physalaemus pustulosus*), aumentam a frequência e a complexidade das vocalizações em condições de chuvosas (Halfwerk *et al.*, 2016). O ruído da chuva também pode alterar o comportamento vocal dos primatas, como foi visto para as espécies de Gibões (*Hylobates muelleri*), que reduziram a frequência de emissão de vocalizações em dias chuvosos (Clink *et al.*, 2020). Mas neste estudo, é possível que o aumento da emissão de vocalizações de *Saimiri spp*. com a incidências de chuvas esteja relacionado à atividade de deslocamento pela procura de árvores frutíferas durante dias chuvosos, assim como foi visto em Pinheiro *et al* (2013) na Floresta Amazônica e em Mendoza *et al* (2017) na Mata Atlântica.

### **3.4.5 Características do hábitat e a detecção acústica de primatas**

Observamos uma correlação positiva entre a média de NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), a detecção de geofonia (i.e. chuva) e o registro de vocalizações de *Sapajus flavius* em quatro áreas de estudo, sendo duas de Mata Atlântica

e duas de Caatinga (área 1: Mata da Tronox - Mataraca-PB; área 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL; área 4 – MONA, Olho D'água do Casado-AL; área 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE). Apesar da significância da correlação, não podemos afirmar que o NDVI e a geofonia interfiram no registro de vocalizações de *S. flavius*, visto que não houve registro de detecção da espécie nas áreas de Caatinga. Então, é possível que essa falta de registros de *S. flavius* na Caatinga esteja associada a outros fatores como o padrão de deslocamento da espécie (fissão/fusão) em áreas muito extensas (área 3: 415 ha e área 4: 690 ha) ou até a eficiência dos gravadores passivos em detectar a espécie nas áreas de Caatinga. As espécies do gênero *Sapajus* apresentam ampla distribuição, ocupando diferentes ambientes, como Mata Atlântica, Manguezal, Caatinga e Cerrado (Fragaszy *et al.*, 2004<sup>a</sup>). A capacidade desse gênero de se adaptar a esses ambientes está associada à sua flexibilidade comportamental (Fragaszy *et al.*, 2004<sup>a</sup>). O gênero *Sapajus* possui uma organização social chamada de fissão/fusão, que consiste numa estratégia sazonal de regulação de tamanho de grupo devido à diminuição da oferta de alimento (Nakai, 2007). Então, durante a escassez de recursos, esses animais passam mais tempo se deslocando e forrageando à procura de alimentos e assim, suprindo suas necessidades alimentares (Izar *et al.*, 2012; Izar, 2004). É provável que nossas chances de detecção da espécie tenham sido reduzidas devido a grande quantidade de hábitat disponível nas áreas de Caatinga deste estudo e também pela organização social desses animais, que gastam mais tempo se locomovendo à procura de alimento, fazendo uso de todo seu hábitat. Assim, fica difícil de realizar o Monitoramento Acústico Passivo, visto que há limitações por não saber a distância entre gravadores passivos e a espécie alvo (Pérez-Granados & Schuchmann, 2021). Uma forma de evitar essa falha na detecção da espécie, pode ser a instalação de mais gravadores passivos distribuídos espacialmente nas áreas de Caatinga, aumentando a probabilidade de detectar a atividade acústica das espécies estudadas (Blumstein *et al.*, 2011; Manzano *et al.*, 2023).

As medidas que caracterizam a vegetação *in situ* e as características da paisagem acústica não interferiram no registro de detecção de vocalizações de *Callithrix jacchus* em fragmentos de Mata Atlântica e Caatinga. *C. jacchus* são primatas que possuem uma considerável plasticidade de adaptação (Aurichio, 1995), tanto em relação à fisionomia e vegetação como ao clima (Garber *et al.*, 2019). A espécie se adapta facilmente a diferentes ambientes (Silva, 2013; De La Fuente, 2014; Abreu, 2015), como em áreas de reflorestamento, em locais onde a espécie não é endêmica (Zaluar *et al.*, 2022) e em áreas com níveis relativamente altos de distúrbios antropogênicos (Brumm *et al.*, 2004). O que

nos leva a refletir que a espécie possivelmente, está utilizando de outras estratégias adaptativas para se comunicar durante as variações diárias e de sazonalidade em áreas de Mata Atlântica e Caatinga. As vocalizações de muitas espécies sofreram pressões seletivas para diminuir o impacto das características do hábitat na comunicação vocal (Lameira & Wich, 2008, Penna & Moreno-Gómez, 2015). As vocalizações de longo alcance tendem a ser otimizadas por essas pressões seletivas (Saunders & Slotow, 2004; Peters & Peters, 2010; Martin, 2017). Esses sinais acústicos tendem a percorrer longas distâncias, até chegar ao seu receptor, carregando informações necessárias sem que sejam completamente degradadas pelas características do hábitat (Morton, 1975). Os Phee Calls emitidos pelos saguis comuns, são vocalizações de longo alcance moldadas para defesa territorial e interação social (Silva, 2013; Santos *et al.*, 2017). A Hipótese da Adaptação Acústica (Morton, 1975), afirma que o ambiente exerce uma pressão seletiva que adapta e favorece a estrutura física das vocalizações de longa distância como forma de maximizar o alcance para chegar em mais receptores (Altmann, 1974; Bezerra *et al.*, 2012). Os diferentes tipos de hábitats afetam a degradação e atenuação das estruturas acústicas de formas diferentes (Waser & Brown, 1986). No estudo de Silva (2013), a amplitude das vocalizações de *Callithrix jacchus* sofreu mudanças durante os períodos de sazonalidade da Mata Atlântica e Caatinga. Essas alterações podem estar relacionadas à perda da vegetação durante o período seco na Caatinga, e ao período chuvoso na Mata Atlântica com temperatura amena e umidade elevada (Silva, 2013). Então, tendo em vista que a propagação do som é influenciada pelas flutuações na temperatura e umidade (Silva, 2015; De La Fuente *et al.*, 2014; Silva, 2013), as mudanças na estrutura física das vocalizações de *C. jacchus* poderiam ser moldadas por outros fatores meteorológicos, visto que estes variam com a sazonalidade.

#### **3.4.6 Variação das características acústicas dos Phee Calls nas áreas de estudo**

Estudos em cativeiro mostraram que as estruturas acústicas dos Phee Calls apresentam diferenças entre os sexos, os machos tendem a emitir esse chamado em frequências mais altas e com maior variabilidade entre sílabas do que as fêmeas (Norcross & Newman, 1993; Norcross *et al.*, 1999). Além disso, estudos sugerem que Phee Calls contém uma assinatura vocal individual que permanece estável ao longo do tempo e que o reconhecimento de indivíduos por meios auditivos pode ser importante em vários

contextos (Jones et al., 1993; Snowdon et al., 1983). Portanto, a capacidade de um indivíduo reconhecer os membros do seu grupo é essencial para coesão intragrupo e na defesa territorial, principalmente em ambientes que limitam o contato visual de longo alcance (Jones et al., 1993).

Encontramos diferenças nos parâmetros espectrais de *Phee Calls* entre as áreas de estudo. As diferenças nos parâmetros acústicos de frequência mínima encontrada entre as áreas de Mata Atlântica e Caatinga, com valores relativamente menores na Mata Atlântica, pode ser o resultado de pressões antrópicas que resultam na produção de ruídos antrópicos nas áreas. Nas áreas de Mata Atlântica, especialmente na área 2 (RVS Mata do Curado, Recife- PE), onde o parâmetro acústico foi mais baixo, é constante o ruído antrópico resultante da ação humana, como o ruído provocado pelo tráfego de carros e caminhões em uma rodovia próxima da área de estudo e sons provenientes das atividades dos moradores locais (i.e. vozes e música alta). Diferente do que foi encontrado nas áreas de Mata Atlântica, *Callithrix jacchus* emitiu mais vocalizações com frequência mínima mais alta nas áreas de Caatinga. Na área 4 (MONA, Olho D'água do Casado-AL) onde a frequência mínima foi mais alta, o ruído antrópico também foi mais intenso. O ponto de coleta dessa área foi instalado no topo de um morro bem próximo do Rio São Francisco, neste local, o trânsito de embarcações é constante durante o dia, por fazer parte de uma atração turística local.

Então, a interferência do ruído antrópico pode ter interferido na propagação das vocalizações nas áreas de estudo, levando esses animais a vocalizar mais em frequências mais baixas ou mais altas, modulando a estrutura de suas vocalizações como um modo de otimizar a propagação no meio. No estudo de Bittencourt et al (2023), indivíduos de *Callithrix penicillata* emitiram *Phee Calls* com mais frequência nas áreas mais ruidosas e os parâmetros acústicos de frequência máxima e mínima foram mais baixos nas áreas próximas aos ruídos. O aumento na taxa de vocalizações nas áreas mais ruidosas pode ser uma tentativa de manter a coesão grupal, aumentando a eficiência da vocalização através da repetição desses sinais acústicos (Bittencourt et al., 2023). Entretanto, no estudo de Duarte et al (2018), as chamadas de longa distância dos indivíduos de *Callicebus nigrifrons* foram mais longas em áreas mais afastadas do ruído antrópico, enquanto nas áreas com maior grau de ruído, a atividade vocal foi reduzida com chamadas mais curtas. Essa diferença pode ser atribuída às características das vocalizações de cada espécie. No caso do *Callicebus nigrifrons*, as vocalizações de longo alcance exibem um custo energético mais elevado que as chamadas de contato *Phee Call* em *Callithrix jacchus*

(Bittencourt *et al.*, 2023). Então, em áreas com maior grau de ruído, emitir vocalizações dispendiosas não é tão eficaz em termos de custo, mas para saguis, os *Phee Calls* são eficientes para manutenção do grupo e exibem um custo energético mais baixo (Bittencourt *et al.*, 2023). O impacto antrópico pode alterar a forma como os sinais acústicos são utilizados pelos animais para se comunicar (Rabin *et al.*, 2003). Os sinais acústicos não se propagam igualmente em todos os ambientes, portanto, os animais podem modular suas vocalizações de formas diferentes de modo que a vocalização seja propagada adequadamente no ambiente (Richards & Wiley, 1980). Como foi visto em nossos resultados, os saguis que ocorrem na Mata Atlântica aumentam a repetição de suas vocalizações em frequências mais baixas (Bittencourt *et al.*, 2023). Então, provavelmente, os saguis da Caatinga aumentam a repetição de suas vocalizações em frequências mínimas mais altas, para melhorar o seu alcance de comunicação em um ambiente diferente da Mata Atlântica e manter contato entre indivíduos mais distantes do grupo.

Observamos que a frequência mínima e a amplitude foram os parâmetros acústicos que variaram nas áreas de Mata Atlântica e Caatinga. Os animais podem utilizar de várias estratégias para reduzir os efeitos do ruído, por exemplo, alterando as estruturas físicas de suas vocalizações através do aumento da amplitude (Santos *et al.*, 2017). As alterações vocais em resposta ao ruído podem levar ao aumento involuntário da amplitude, que é cientificamente conhecido como efeito Lombard (Eliades & Wang, 2012). Segundo o estudo de Brumm *et al.* (2004), os saguis comuns aumentam a amplitude das suas chamadas *Twitter Calls* em função do aumento do nível de ruído ambiente. Isso mostra a capacidade dos primatas em controlar a produção de suas vocalizações, regulando individualmente os parâmetros de suas chamadas, como um modo de reduzir o mascaramento do ruído ambiente (Brumm *et al.*, 2004; Eliades & Wang, 2012; Egnor *et al.*, 2007). Em duas áreas de Mata Atlântica (áreas 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE) e uma de Caatinga (área 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL), encontramos amplitudes comparativamente mais baixas do que nas demais áreas (área 4: MONA, Olho D'água do Casado-AL e área 5: Mata dos Macacos, Igarassu-PE). Em ambientes ruidosos, os saguis também podem modular a intensidade do sinal acústico diminuindo a amplitude de suas vocalizações *Phee Calls*, para reduzir o custo fisiológico de vocalizações de alta intensidade (Löschner, 2023). Isto pode ter levado a evolução de mecanismos que otimizam a transmissão dessas vocalizações de alto custo energético, como vocalizar em momentos silenciosos ou

diminuir a intensidade dos sinais acústicos durante os períodos ruidosos (Löschner, 2023).

Para *Callithrix jacchus*, a amplitude vocal é uma característica acústica flexível que pode ser modulada de acordo com as exigências ecológicas da transmissão de sinais (Brumm, 2004). O estudo de Silva (2013) encontrou algumas diferenças interessantes na propagação dos *Phee Calls* nos ambientes de Mata Atlântica e Caatinga, nas duas sazonalidades. O estudo aponta que a amplitude dos *Phee Calls* se propagou significativamente melhor na Caatinga durante o período seco, devido a perda de folhas da vegetação, propiciando uma melhor corrente de ar. Enquanto na Mata Atlântica, a segunda melhor propagação foi durante o período chuvoso por causa da umidade mais elevada (Silva, 2013). Isso mostra que a Caatinga pode proporcionar uma maior facilidade na comunicação dos saguis, visto que uma vegetação menos densa fornece condições mais variáveis para a propagação do som (Albuquerque, 2019). Essa eficiência da transmissão de sinais acústicos em *Callithrix jacchus* poderia estar relacionada à plasticidade ecológica e comportamental da espécie, que já ocorre nos dois biomas (Rylands *et al.* 2009). Mas apesar das diferenças na eficiência da propagação em biomas diferentes, é possível que o nível de ruído ambiente tenha influenciado mais na propagação das vocalizações do que a densidade da vegetação das nossas áreas de estudo. Dessa forma, a eficiência da propagação de vocalizações de *Callithrix jacchus* pode estar associada com a habilidade da espécie de ajustar suas vocalizações de acordo com a intensidade do ruído ambiente (Miller *et al.*, 2009, Roy *et al.*, 2011). Assim, o sagui comum pode servir de modelo para explicar o comportamento de alguns animais em ambientes adversos, devido a sua plasticidade comportamental.

### **3.4.7 Conclusão**

Este estudo comprova a eficiência do Monitoramento Acústico Passivo (MAP) em detectar e identificar vocalizações emitidas por quatro espécies de primatas neotropicais que coocorrem em ambientes diferentes. As chamadas de longa distância, foram constantes durante a atividade acústica das espécies porque são mais passíveis de serem detectadas pelo MAP. Entretanto, a eficiência do MAP pode ser afetada pelo tamanho da área de vida e o modo de uso do espaço entre as espécies que podem interferir na identificação no ambiente. *Callithrix jacchus* foi detectado em todas as áreas de estudo provavelmente por apresentar uma área de vida comparativamente menor do que outros

primatas e, assim, aumentar as chances de estar perto do gravador. Apesar de detectar a espécie *Sapajus flavius* na Mata Atlântica, não houve detecções da espécie nas áreas de Caatinga. Isso pode ter acontecido pela metodologia utilizada para monitorar a espécie em um ambiente diferente, visto que a espécie exibe um padrão de deslocamento que investe mais tempo se deslocando e forrageando à procura de comida. Observamos que houve variação temporal nos períodos de atividade acústica das espécies alvo deste estudo, pois a hora do dia está relacionada com variações nas taxas de vocalizações de espécies de primatas. Com relação à variação mensal dos padrões de atividades, esses animais variam seu comportamento de acordo com a disponibilidade de recursos na área durante os meses das estações seca e chuvosa. As características da vegetação *in situ* e a paisagem acústica das áreas de coleta, não interferiram no registro de atividade acústica de *Callithrix jacchus*. Portanto, acreditamos que a espécie pode estar utilizando outros mecanismos compensatórios para otimizar a comunicação vocal nas áreas de Mata Atlântica e Caatinga. Isso porque essas vocalizações tendem a ser moldadas pelas pressões seletivas de cada ambiente para otimizar a propagação em áreas ruidosas. A estrutura física dos *Phee Calls* emitidos na Mata Atlântica exibiram frequência mínima comparativamente mais baixas que os emitidos na Caatinga. Enquanto que a amplitude foi mais baixa em duas áreas de Mata Atlântica e em uma de Caatinga. Então, sabendo que os sinais acústicos não se propagam igualmente nos ambientes, acreditamos que esses animais estejam modulando sua frequência e amplitude para que a vocalização seja propagada adequadamente nas áreas de estudo. Assim, o sagui comum pode servir de modelo para explicar o comportamento de alguns animais em ambientes adversos, devido a sua plasticidade comportamental. Por fim, incentivamos o desenvolvimento de mais pesquisas relacionados as influências das características ambientais e da paisagem acústica que levam a otimização da estrutura acústica das vocalizações de espécies de primatas.

### 3.5 Referências Bibliográficas

ABREU, F., DE LA FUENTE, M. F. C., SCHIEL, N., & SOUTO, A. 2016. Feeding ecology and behavioral adjustments: flexibility of a small neotropical primate (*Callithrix jacchus*) to survive in a semiarid environment. *Mammal Research*, 61(3): 221–229.

ABREU, F.A.P. 2015. Ecologia comportamental de *Callithrix jacchus* (Primates, Callitrichidae) em ambiente de caatinga. 86 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ACCIOLY, A. P. C. 2000. Ecologia e comportamento de *Callithrix penicillata* (Primates-Callitrichidae). Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário de Brasília Faculdade de Ciências da Saúde.

ADES, C. & MENDES, F.D.C. 1997. Uma aproximação às vocalizações do miqui (*Brachyteles arachnoides*). Temas em Psicologia, 3: 135-149.

AGAMAITE, J. A., CHANG, C. J., OSMANSKI, M. S., & WANG, X. 2015. A quantitative acoustic analysis of the vocal repertoire of the common marmoset (*Callithrix jacchus*). The Journal of the Acoustical Society of America, 138(5): 2906-2928

ALBUQUERQUE, H.F. 2019. Sons da caatinga: testando a hipótese do nicho acústico. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

DE ALBUQUERQUE, U. P., DE LIMA ARAUJO, E., EL-DEIR, A. C. A., DE LIMA, A. L. A., SOUTO, A., BEZERRA, B. M., ... & SEVERI, W. 2012. Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. The Scientific World Journal, 2012(1): 205182.

ALONSO, C., & LANGGUTH, A. 1989. Ecologia e comportamento de *Callithrix jacchus* (Primates: Callitrichidae) numa ilha de floresta atlântica. Revista Nordestina de Biologia, 6(2): 105-137.

ALTMANN, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. Behaviour, 40: 227-267.

ARAÚJO, E. L., CASTRO, E. C., ALBUQUERQUE, U. P. 2007. Dynamic of Brazilian Caatinga review concerning plants, environment and people. Functional Ecosystems and communities, 1(1):15–28

ARNOLD, L. A., DRAWE, D. L. 1979. Seasonal food habits of white-tailed deer in the south Texas plains. *J Range Manag* 32:175–176

ARROYO-RODRIGUEZ, V., DIAS, P.A.D. 2010. Effects of habitat fragmentation and disturbance on howler monkeys: a review. *American Journal of Primatology*, 72(1):1–16.

AURICCHIO, P. *Primatas do Brasil*. São Paulo: Terra Brasilis, 1995.168p.

BALDWIN, J. D., & BALDWIN, J. I. 1976. Vocalizations of Howler monkeys (*Alouatta palliata*) in southwestern Panama. *Folia Primatologica*, 26: 81–108.

BASTOS, M., MEDEIROS, K., JONES, G., & BEZERRA, B. 2018. 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*, 80(3): e22744.

BASTOS, M., SOUTO, A., JONES, G., EASON, P., BIONE, C., SCHIEL, N., & BEZERRA, B. 2015. Vocal repertoire of wild blonde capuchins (*Sapajus flavius*) and contextual use of calls. *American Journal of Primatology*, 77(6), 605–617.

BEASOM, S. L., & HAUCKE, H. H. 1975. A comparison of four distance sampling techniques in South Texas live oak mottes. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 28(2): 142-144.

BEZERRA, B. M., SOUTO, A. S., & JONES, G. 2012. Propagation of the loud “tchó” call of golden-backed uakaris, *Cacajao melanocephalus*, in the black-swamp forests of the upper Amazon. *Primates*, 53: 317-325.

BEZERRA, B. M., SOUTO, A., DE OLIVEIRA, M. A. B., & HALSEY, L. G. 2009. Vocalizations of wild common marmosets are influenced by diurnal and ontogenetic factors. *Primates*, 50(3): 231–237.

BEZERRA, B.M., & SOUTO, A. 2008. Structure and usage of the vocal repertoire of *Callithrix jacchus*. *International Journal of Primatology*, 29: 671-701.

BICCA-MARQUES, J. C., SILVA, V.M. GOMES, D.F. 2006. Ordem Primates. In: N.R. Reis; A.L. Peracchi; W.A. Pedro; I.P. Lima (eds.). (Org.). Mamíferos do Brasil. Curitiba: Gráfica oficial do Estado do Paraná e Sociedade Brasileira de Zoologia, p.101-148

BITTENCOURT, E., VASCONCELLOS, A.D.S., SOUSA-LIMA, R.S., YOUNG, R.J., DUARTE, M.H.L. 2023. Acoustic Monitoring of Black-Tufted Marmosets in a Tropical Forest Disturbed by Mining Noise. *Animals*, 13: 352.

BLUMSTEIN, D. T., MENNILL, D. J., CLEMINS, P., GIROD, L., YAO, K., PATRICELLI, G., & KIRSCHER, A. N. G. 2011. Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: Applications, technological considerations and prospectus. *Journal of Applied Ecology*, 48: 758–767.

BOINSKI, S. 1987. Habitat use by squirrel monkeys (*Saimiri oerstedii*) in Costa Rica. *Folia Primatol* 49:151–167

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

BRISEÑO-JARAMILLO, M., BIQUAND, V., ESTRADA, A., & LEMASSON, A. 2017. Vocal repertoire of free-ranging black howler monkeys' (*Alouatta pigra*): Call types, contexts, and sex-related contributions. *American Journal of Primatology*, 79(5): e22630.

BROWN, C.H., GOMEZ, R., WASER, P.M. 1995. Old world monkey vocalizations: adaptations to the local habitat? *Animal Behaviour* 50:945–961.

BROWN, C.H., WASER, P.M. 2017. Primate habitat acoustics. In: Quam, R., Ramsier, M., Fay, R., Popper, A. (eds) *Primate Hearing and Communication*. Springer Handbook of Auditory Research, vol 63. Springer, Cham.

BROWNING, E., GIBB, R., GLOVER-KAPFER, P. and JONES, K.E. 2017. Passive acoustic monitoring in ecology and conservation. Woking, UK, WWF-UK, 76pp. (WWF Conservation Technology Series 1(2)).

BRUMM, H. & SLABBEKOORN, H. 2005. Acoustic communication in noise. *Adv. Study Behaviour*, 35: 151-209.

BRUMM, H. 2004. Acoustic communication in noise: regulation of call characteristics in a New World monkey. *Journal of Experimental Biology*, 207(3): 443–448.

CAMAROTTI, F. L. M., SILVA, V. L. D., & OLIVEIRA, M. A. B. D. 2015. Efeitos da introdução do macaco-de-cheiro amazônico sobre o comportamento do sagui-do-nordeste. *Acta Amazonica*, 45: 29-34.

CAMPELO, A. C., SOUZA-ALVES, J. P., LIMA, I. M. S. D., ARAÚJO, A. C. L., OLIVEIRA-SILVA, L. R. B., & BEZERRA, B. 2019. Home sweet home? Adjustments in the ecology, behaviour and vocalizations of Amazonian squirrel monkeys inhabiting an Atlantic forest fragment. *Ethology Ecology & Evolution*, 31(2): 173-197.

CAMPÊLO, A. C., SOUZA-ALVES, J. P., LIMA, I. M. S. de, ARAÚJO, A. C. L., OLIVEIRA-SILVA, L. R. B., & BEZERRA, B. 2018. Home sweet home? Adjustments in the ecology, behaviour and vocalisations of Amazonian squirrel monkeys inhabiting an Atlantic Forest fragment. *Ethology Ecology & Evolution*, 1–25.

CASELLI, C. B. 2013. Comportamento territorial de *Callicebus nigrifrons* Spix, 1823 (Pitheciidae): influência da disponibilidade de frutos e possíveis funções das vocalizações de longo alcance (Doctoral dissertation, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Instituto de Biologia).

CASTRO, C. S. S. D. 2003. Tamanho da área de vida e padrão de uso do espaço em grupos de sagüis, *Callithrix jacchus* (Linnaeus) (Primates, Callitrichidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 20: 91-96.

CASTRO, C. S. S., ARAÚJO, A., ALHO, C., & DIAS FILHO, M. M. 2000. Influência da distribuição e disponibilidade de frutos na dieta e uso do espaço em sagüis-do-Nordeste (*Callithrix jacchus*). *A Primatologia no Brasil*, 7: 65-80.

CHIARELLO, A. G. 1995. Role of loud calls in brown howlers, *Alouatta fusca*. American Journal of Primatology, 36(3): 213–222.

CLINK, D. J., HAMID AHMAD, A., & KLINCK, H. 2020. Gibbons aren't singing in the rain: presence and amount of rainfall influences ape calling behavior in Sabah, Malaysia. Scientific Reports, 10(1).

COE, C. L., & ROSENBLUM, L. A. (Eds.). 2012. Handbook of squirrel monkey research. Springer Science & Business Media.

CORNICK, L. A., & MARKOWITZ, H. 2002. Diurnal vocal patterns of the Black Howler Monkey (*Alouatta pigra*) at Lamanai, Belize. Journal of Mammalogy, 83: 159–166.

COSTA, C. A. D. 2016. Descrição do repertório vocal e análise da função das vocalizações de curto alcance do bugio ruivo (*Alouatta guariba clamitans*). Dissertação (Mestrado em Ecologia e Tecnologia Ambiental). Universidade Federal de Alfenas-MG.

CPB/ICMBio (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros/ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – MMA). 2019. Sumário executivo do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Primatas do Nordeste. Disponível em <<https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-pan/pan-primatas-do-nordeste/2-ciclo/pan-primatas-do-nordeste-sumario.pdf>> Acessado em 03/06/2023.

DA CUNHA, R. G. T., DE OLIVEIRA, D. A. G., HOLZMANN, I., & KITCHEN, D. M. 2015. Production of loud and quiet calls in Howler Monkeys. In M. Kowalewski, P. Garber, L. Cortés-Ortiz, B. Urbani, & D. Youlatos (Eds.), Howler Monkeys 337–368. Springer.

DE LA FUENTE, M. F. C., SOUTO, A., SAMPAIO, M. B., & SCHIEL, N. 2014. Behavioral adjustments by a small neotropical primate (*Callithrix jacchus*) in a semiarid Caatinga environment. The Scientific World Journal, 2014(1): 326-524

- DE LA TORRE, S & SNOWDON, C.T. 2002. Environmental correlates of vocal communication of wild pygmy marmosets, *Cebuella pygmaea*. *Animal behaviour*, 63(5): 847-856.
- DIETZ, J.M., PERES, C.A., PINDER, L. 1997. Foraging ecology and use of space in wild Golden Lion Tamarins (*Leontopithecus rosalia*). *American Journal of Primatology*, 41: 289-305.
- DO NASCIMENTO, L. A., PÉREZ-GRANADOS, C., & BEARD, K. H. 2021. Passive acoustic monitoring and automatic detection of diel patterns and acoustic structure of howler monkey roars. *Diversity*, 13(11): 566.
- DUARTE, M. H. L., KAIZER, M. C., YOUNG, R. J., RODRIGUES, M., & SOUSA-LIMA, R. S. 2018. Mining noise affects loud call structures and emission patterns of wild black-fronted titi monkeys. *Primates*, 59: 89-97.
- EGNOR, S. R., WICKELGREN, J. G., & HAUSER, M. D. 2007. Tracking silence: adjusting vocal production to avoid acoustic interference. *Journal of Comparative Physiology A*, 193: 477-483.
- EISENBERG, J.F. 1976. Communication mechanisms and social integration in the black spider monkey, *Ateles fusciceps robustus*, and related species. *Smithsonian Contributions to Zoology*, No. 213: 1-108.
- ELIADES, S. J., & WANG, X. 2012. Neural correlates of the Lombard effect in primate auditory cortex. *Journal of Neuroscience*, 32(31): 10737-10748.
- ENARI, H., ENARI, H. S., OKUDA, K., MARUYAMA, T., & OKUDA, K. N. 2019. An evaluation of the efficiency of passive acoustic monitoring in detecting deer and primates in comparison with camera traps. *Ecological Indicators*, 98: 753–762.
- EPPLE, G. 1968. Comparative studies on vocalization in marmoset monkeys (Hapalidae). *Folia Primatologica*, 8(1): 1–40.

ERB, W. M., ZIEGLER, T., LESTARI, N. S. & HAMMERSCHMIDT, K. 2013. Are simakobu (*Simias concolor*) loud calls energetically costly signals? *American Journal of Physical Anthropology*. 161 :44–52.

EY E. & FISCHER J., 2009: The “acoustic adaptation hypothesis” – a review of the evidence from birds, anurans and mammals. *Bioacoustics*, 19: 21–48.

FERRARI, S. F. 1988. The behaviour and ecology of the buffy-headed marmoset, *Callithrix flaviceps* (O. Thomas, 1903) (Doctoral dissertation, University of London).

FERRARI, S. F., & FERRARI, M. A. L. 1989. A re-evaluation of the social organization of the Callitrichidae, with reference to the ecological differences between genera. *Folia Primatologica*, 52(3-4): 132-147.

FICKEN, R. W., FICKEN, M. S. & HAILMAN, J. P. 1974. Temporal pattern shifts to avoid acoustic interference in singing birds. *Science* 18: 762—763.

FLEAGLE, J. G. 1998. *Primate Adaptation and Evolution*. 2. ed. New York: Academic Press, 611 p.

FRAGASZY, D. M., VISALBERGHI, E., & FEDIGAN, L. M. 2004. The complete capuchin: the biology of the genus *Cebus*. Cambridge University Press, Cambridge. p.339.

FRAGASZY, D.M., VISALBERGHI, E., FEDIGAN, L., RYLANDS, A.B. 2004a. Taxonomy, distribution and conservation: where and what are they, and how did they get there? In: Fragaszy D, Fedigan L, Visalberghi E, editors. *The complete capuchin: the biology of the genus Cebus*. Cambridge: Cambridge University Press. p 13–35.

FREESE, C., OPPENHEIMER, J. R. 1981. The capuchin monkeys, genus *Cebus*. In: Coimbra-Filho, A. F. e Mittermeier, R. A. (editores.). *Ecology and Behavior of Neotropical Primates*, vol. 1. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências. p.331-390.

GARBER, P. A. 1987. Foraging strategies among living primates. *Annual review of Anthropology*, 16(1): 339-364.

GARBER, P. A., CASELLI, C. B., MCKENNEY, A. C., ABREU, F., DE LA FUENTE, M. F., ARAÚJO, A., ... & BICCA-MARQUES, J. C. 2019. Trait variation and trait stability in common marmosets (*Callithrix jacchus*) inhabiting ecologically distinct habitats in northeastern Brazil. *American Journal of Primatology*, 81(7): e23018.

GEISS, S., & SCHRADER, L. 1996. Temporal and structural features of infant calls in relation to caregiving behaviour in common marmosets, *Callithrix jacchus*. *Behavioural processes*, 38(2): 183-191.

GIBB, R., BROWNING, E., GLOVER-KAPFER, P., & JONES, K. E. 2019. Emerging opportunities and challenges for passive acoustics in ecological assessment and monitoring. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(2): 169-185.

GROS-LOUIS, J. et al., 2008. Vocal repertoire of *Cebus capucinus*: acoustic structure, context, and usage. *International Journal of Primatology*. 29: 64-670.

GUTIÉRREZ-VANNUCCHI, A. C., RODRÍGUEZ-UMAÑA, P., SANDOVAL, L., & GARCÍA-RODRÍGUEZ, A. 2019. Variación en la actividad acústica de *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Anura: Centrolenidae) en un ambiente urbano con diferentes niveles de ruido antropogénico. *Revista de Biología Tropical*, 67(2): 249-258.

HALFWERK, W., RYAN, M. J., & WILSON, P. S. 2016. Wind-and rain-induced vibrations impose different selection pressures on multimodal signaling. *The American Naturalist*, 188(3): 279-288.

HAMMERSCHMIDT, K., JÜRGENS, U., & FREUDENSTEIN, T. 2001. Vocal development in squirrel monkeys. *Behaviour*, 138(9): 1179–1204.

HANKERSON, S.J.; FRANKLIN, S.P.; DIETZ, J.M. 2007. Tree and forest characteristics influence sleeping site choice by golden lion tamarins. *American Journal of Primatology*, 69 (9): 976 – 988

HANSEN, P. 1979. Vocal learning: its role in adapting sound structures to long-distance propagation, and a hypothesis on its evolution. *Animal Behaviour*, 27: 1270-1271.

HARDT, B., & BENEDICT, L. 2021. Can you hear me now? A review of signal transmission and experimental evidence for the acoustic adaptation hypothesis. *Bioacoustics*, 30(6): 716-742.

HERRERA-MONTES, M. I., & AIDE, T. M. 2011. Impacts of traffic noise on anuran and bird communities. *Urban Ecosystems*, 14(3): 415-427.

HUNTER, M. L., & KREBS, J. R. 1979. Geographical Variation in the Song of the Great Tit (*Parus major*) in Relation to Ecological Factors. *The Journal of Animal Ecology*, 48(3): 759.

IZAR, P., VERDERANE, M. P., PETERNELLI-DOS-SANTOS, L., MENDONÇA-FURTADO, O., PRESOTTO, A., TOKUDA, M., & FRAGASZY, D. 2012. Flexible and conservative features of social systems in tufted capuchin monkeys: comparing the socioecology of *Sapajus libidinosus* and *Sapajus nigritus*. *American Journal of Primatology*, 74(4): 315-331.

IZAR, P. 2004. Female social relationships of *Cebus apella nigritus* in a southeastern Atlantic forest: an analysis through ecological models of primate social evolution. *Behaviour*, 141(1): 71-99.

JANZEN, D. H. 1973. Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, times of day and insularity. *Ecology*, 54: 687-708.

JONES, B. S., HARRIS, D. H. R., & CATCHPOLE, C. K. 1993. The stability of the vocal signature in phee calls of the common marmoset, *Callithrix jacchus*. *American Journal of Primatology*, 31(1): 67-75.

- KANTHA, S. S., & SUZUKI, J. 2006. Sleep quantitation in common marmoset, cotton top tamarin and squirrel monkey by non-invasive actigraphy. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 144(2): 203-210.
- KINZEY, W. G. 1997. *New World primates: ecology, evolution, and behavior* (pp. 192-199). New York: Aldine de Gruyter.
- Klecka, W. R. 1980. *Discriminant analysis*. Beverly Hills, CA: Sage
- KRAUSE, B. 1987. The niche hypothesis: How animals taught us to dance and sing. *Whole Earth Review*, 57(57): 14-16.
- KRAUSE, B. L. 1993 The niche hypothesis: a virtual symphony of animal sounds, the origins of musical expression and the health of habitats. *Soundscape Newsletters*. 6: 4–6.
- LAMEIRA, A. R., & WICH, S. A. 2008. Orangutan long call degradation and individuality over distance: a playback approach. *International Journal of Primatology*, 29: 615-625.
- LAZARO-PEREA, C. 2001. Intergroup interactions in wild common marmosets, *Callithrix jacchus*: territorial defence and assessment of neighbours. *Animal Behaviour*, 62(1): 11-21.
- LEMASSON, A., GUILLOUX, M., BARBU, S., LACROIX, A., & KODA, H. 2013. Age and sex-dependent contact call usage in Japanese macaques. *Primates*, 54: 283–291.
- LENGAGNE, T., & SLATER, P. J. 2002. The effects of rain on acoustic communication: tawny owls have good reason for calling less in wet weather. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 269(1505): 2121-2125.
- LIMA, E. M., & FERRARI, S. F. 2003. Diet of a free-ranging group of squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) in eastern Brazilian Amazonia. *Folia Primatologica*, 74(3): 150-158.

LIMA, G.C.B., LACERDA, J.C., TAYNOR, R. et al. 2024. A new addition to the toolbox: stone tool use in blonde capuchin monkeys (*Sapajus flavius*). *Primates*, 1-7 pp.

LÖSCHNER, J. 2023. Distinct vocal strategies to cope with ambient noise in marmoset monkeys (Doctoral dissertation, Universität Tübingen), 70 pp.

MANZANO, M. C. R., FELIPPI, D. A., SUGAI, L. S. M., SAWAYA, R., DA SILVA, M. L., & REZENDE, G. C. 2023. Calling for the future of conservation: a protocol for passive acoustic monitoring of small arboreal primates. *Brazilian Journal of Mammalogy*, (e92), e922023122-e922023122.

MARTIN, K., TUCKER, M. A., & ROGERS, T. L. 2017. Does size matter? examining the drivers of mammalian vocalizations. *Evolution*, 71(2): 249-260.

MARTINS, W. P. 2010. Densidade Populacional e Ecologia de um grupo macaco-prego-de-crista (*Cebus robustus*; Kuhl, 1820) na Reserva Natural Vale. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais.

MCCOMB, K., & SEMPLE, S. 2005. Coevolution of vocal communication and sociality in primates. *Biology Letters*, 1: 381–385.

MCCONNELL, P.B. & SNOWDON, C.T. 1986. Vocal interactions between unfamiliar groups of captive cotton-top tamarins. *Behaviour*, 97: 273-296.

MEDEIROS, R. M., DE BRITO, J. I. B., & BORGES, C. K. 2013. Análise Hidroclimática do Município de Cabaceiras, PB (Hydroclimatic analysis of Cabaceiras city, PB). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5(5): 1174-1190.

MELLINK, E., RIOJAS-LÓPEZ, M.E. 2002. Consumption of *Platyopuntias* by wild vertebrates. In: Nobel PS (ed) *Cacti biology and uses*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, pp 109–123.

- MELO, I., LLUSIA, D., BASTOS, R. P., & SIGNORELLI, L. 2021. Active or passive acoustic monitoring? Assessing methods to track anuran communities in tropical savanna wetlands. *Ecological Indicators*, 132, 108305.
- MENDELSON, T. C., & SHAW, K. L. 2012. The (mis) concept of species recognition. *Trends in ecology & evolution*, 27(8): 421-427.
- MENDES PONTES, A. R., MONTEIRO DA CRUZ, M. A. O. 1995. Home range, inter-group transfers, and reproductive status of common marmosets *Callithrix jacchus* in a forest fragment in North-eastern Brazil. *Primates* 36:335–347.
- MENDES, F.D.C. 1995. Interações vocais do muriqui (*Brachyteles arachnoides*). Tese de Doutorado. Instituto de Psicologia - Universidade de São Paulo, São Paulo, 134 pp.
- MENDOZA, I., PERES, C. A., & MORELLATO, L. P. C. 2017. Continental-scale patterns and climatic drivers of fruiting phenology: a quantitative neotropical review. *Global and Planetary Change*, 148: 227-241.
- MILLER, C. T., ELIADES, S. J., & WANG, X. 2009. Motor planning for vocal production in common marmosets. *Animal Behaviour*, 78(5): 1195-1203.
- MILTON, K. 1980. The foraging strategy of Howler Monkeys: A study in primate economics. Columbia University Press, New York.
- MILTON, K., & MAY, M. L. 1976. Body weight, diet and home range area in primates. *Nature*, 259: 459-462.
- MITANI, J. C., & STUHT, J. 1998. The evolution of nonhuman primate loud calls: Acoustic adaptation for long-distance transmission. *Primates*, 39(2): 171–182.
- MODESTO, T. C., & BERGALLO, H. G. 2008. Ambientes diferentes, diferentes gastos do tempo entre atividades: o caso de dois grupos mistos do exótico *Callithrix* spp. na Ilha Grande, RJ, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation*, 3(3): 112-118.

MORTON, E. S. 1975. Ecological sources of selection on avian sounds. *The American Naturalist*, 109(965): 17-34.

MULLET, T.C., FARINA, A. & GAGE, S.H. 2017. The Acoustic Habitat Hypothesis: An Ecoacoustics Perspective on Species Habitat Selection. *Biosemiotics*. 10: 319–336.

NAGUIB, M., & WILEY, R. 2001. Estimating the distance to a source of sound: mechanisms and adaptations for long-range communication. *Animal Behavior*, 62(5): 825-837.

NAKAI, É. S. 2007. Fissão-fusão em *Cebus nigrinus*: flexibilidade social como estratégia de ocupação de ambientes limitantes (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo), 116 pp.

NELIO, R. R., A. L. PERACCHI, & R. A. ANDRADE. 2008. *Primatas brasileiros*. 1º edição. Technical books, Londrina.

NORCROSS, J. L., & NEWMAN, J. D. 1993. Context and gender-specific differences in the acoustic structure of common marmoset (*Callithrix jacchus*) phee calls. *American Journal of Primatology*, 30(1): 37–54.

NORCROSS, J. L., NEWMAN, J. D., & COFRANCESCO, L. M. 1999. Context and sex differences exist in the acoustic structure of phee calls by newly-paired common marmosets (*Callithrix jacchus*). *American Journal of Primatology*, 49(2): 165-181.

OLIVEIRA, D. A. G. 2002. Vocalizações de longo alcance de *Alouatta fusca clamitans* e *Alouatta belzebul belzebul*: estrutura e contextos. Tese (Doutorado), Instituto de Psicologia - Universidade de São Paulo.

OSMANSKI, M. S., SONG, X., GUO, Y., & WANG, X. 2016. Frequency discrimination in the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *Hearing research*, 341: 1-8.

PAULA, B. C., PINTER, A., & PADOVESE, L. 2022. Passive Acoustic Monitoring application to evaluate the vocal behavior of wild howler monkeys (*Alouatta guariba clamitans*).

PENNA, M., & MORENO-GÓMEZ, F. 2015. Contrasting propagation of natural calls of two anuran species from the South American temperate forest. *PloS One*, 10(7): 1-16.

PERES, C.A. 1994. Primates responses to phenological changes in an Amazonian Terra Firme Forest. *Biotropica*, 26(1): 98-112.

PEREIRA, L. D. A., AMORIM, B. S., ALVES, M., SOMNER, G. V., & BARBOSA, M. R. D. V. 2016. Flora da Usina São José, Igarassu, Pernambuco: Sapindaceae. *Rodriguésia*, 67, 1047-1059.

PÉREZ-GRANADOS, C., & SCHUCHMANN, K. 2021. Passive acoustic monitoring of the diel and annual vocal behavior of the Black and Gold Howler Monkey. *American Journal of Primatology*, 83(3).

PETERS, G., & PETERS, M. K. 2010. Long-distance call evolution in the Felidae: effects of body weight, habitat, and phylogeny. *Biological Journal of the Linnean Society*, 101: 487-500.

PIRETTI, N., DUARTE, M. H. L., SOUSA-LIMA, R. S., RODRIGUES, M., YOUNG, R. J., & FARINA, A. 2015. Determining Temporal Sampling Schemes for Passive Acoustic Studies in Different Tropical Ecosystems. *Tropical Conservation Science*, 8(1): 215–234.

PINHEIRO, T., FERRARI, S. F., & LOPES, M. A. 2013. Activity budget, diet, and use of space by two groups of squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) in eastern Amazonia. *Primates*, 54(3): 301–308.

PINTO, M. C. M. 2006. Padrão comportamental de um grupo de macacos-prego (*Cebus apella cay* Illiger, 1815) no Parque Estadual Matas do Segredo, Campo Grande (MS).

PISTORIO, A. L., VINTCH, B., & WANG, X. 2006. Acoustic analysis of vocal development in a New World primate, the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 120(3): 1655-1670.

PLANQUE, R., & SLABBEKOORN, H. 2008. Spectral overlap in songs and temporal avoidance in a Peruvian bird assemblage. *Ethology*, 114(3): 262-271.

POLLA, Y.V. & SNOWDON, C.T. 1975. The vocalizations of pigmy marmosets (*Cebuella pygmaea*). *Animal Behaviour*, 23: 826-842.

PRADO, D. 2003. "As caatingas da América do Sul," in *Ecologia e conservação da Caatinga*, I. R. Leal, M. Tabarelli, and J. M. C. Da Silva, Eds., pp. 3–74, Editora Universitaria, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brazil.

PRESOTTO, A., & IZAR. P. 2010. Spatial reference of black capuchin monkeys in Brazilian Atlantic Forest: egocentric or allocentric?. *Animal Behaviour*, 80(1): 125-132.

PRIMACK, R. B., & RODRIGUES, E. 2001. *Biologia da conservação e diversidade biológica*. Biologia da Conservação. Londrina: Editora Vida, 01-68.

RABIN, L. A., MCCOWAN, B., HOOPER, S. L., & OWINGS, D. H. 2003. Anthropogenic noise and its effect on animal communication: an interface between comparative psychology and conservation biology. *International Journal of Comparative Psychology*, 16(2).

RABOY, B.E., & DIETZ, J.M. 2004. Diet, foraging and use of space in wild Golden-Headed Lion Tamarins. *American Journal of Primatology*, 63: 1-15.

RAMOS-FERNÁNDEZ, G. 2005. Vocal Communication in a Fission-Fusion Society: Do Spider Monkeys Stay in Touch With Close Associates? *International Journal of Primatology*, 26(5): 1077–1092.

REDMOND, I., & GOODALL, J. 2008. *The primate family tree. The amazing diversity of our closest relatives*. Firefly books, Buffalo.

RICHARDS, D. G., & WILEY, R. H. 1980. Reverberations and amplitude fluctuations in the propagation of sound in a forest: implications for animal communication. *The American Naturalist*, 115(3): 381-399.

RÍMOLI, J. 2001. Ecologia de macacos-prego (*Cebus apella nigrinus*, Goldfuss, 1809) na Estação Biológica de Caratinga (MG): Implicações para a conservação de fragmentos de Mata Atlântica. Belém-PA: Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

ROBINSON, J. G. 1982. Vocal systems regulating within-group spacing. In *Primate Communication*, Cambridge University Press, Snowdon, C. T., Brown, C. H., and Petersen M. (eds.), Cambridge.

ROBINSON, J.G. 1979a. An analysis of the organization of vocal communication in the titi monkey *Callicebus moloch*. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 49: 381-405.

ROBINSON, J.G. 1979b. Vocal regulation of use of space by groups of titi monkeys *Callicebus moloch*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 5: 1-15.

RODRIGUES, K. C. 2013. 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.

ROWE, N. 1996. *The Pictorial guide to the living primates*. Pogonias Press.

ROY, S., MILLER, C. T., GOTTSCH, D., & WANG, X. 2011. Vocal control by the common marmoset in the presence of interfering noise. *Journal of Experimental Biology*, 214(21): 3619–3629.

RYLANDS, A. B. 1982. The behaviour and ecology of three species of marmosets and tamarins (Callitrichidae, Primates) in Brazil, Ph.D. thesis, University of Cambridge, England.

RYLANDS, A. B. 1986. Ranging behaviour and habitat preference of a wild marmoset group, *Callithrix humeralifer* (Callitrichidae, Primates). *Journal of Zoology*, 210(4): 489-514.

RYLANDS, A. B., COIMBRA-FILHO, A. F., MITTERMEIER, R. A. 1993. Systematics, distributions, and some notes on the conservation status of the Callitrichidae. In: A. B. Rylands (ed.), *Marmosets and Tamarins: Systematics, Behaviour and Ecology*, p. 11-77. Oxford University Press, Oxford, UK.

RYLANDS, A. B., MITTERMEIER, R. A. & COIMBRA-FILHO, A. F. 2008. The systematics and distributions of the marmosets (*Callithrix*, *Callibella*, *Cebuella*, and *Mico*) and *Callimico* (*Callimico*) (Callitrichidae, Primates). In: S. M. Ford, L. C. Davis and L. Porter (eds), *The smallest anthropoids: The Marmoset/Callimico Radiation*, Springer, New York, USA.

RYLANDS, A. 1993. Habitats, feeding ecology, and home range size in the genus *Callithrix*. *Marmosets and tamarins: systematics behaviour and ecology*, p. 262-272.

RYLANDS, A.B. 1996. Habitat and Evolution of social and reproductive behavior in Callitrichidae. *American Journal of Primatology*, 38: 5-18.

SABATINI, V., & RUIZ-MIRANDA, C. R. 2008. Acoustical aspects of the propagation of long calls of wild *Leontopithecus rosalia*. *International Journal of Primatology*, 29, 207-223.

SANTOS, S.G., DUARTE, M.H.L., SOUSA-LIMA, R.S. *et al.* 2017. Comparing Contact Calling Between Black Tufted-Ear Marmosets (*Callithrix penicillata*) in a Noisy Urban Environment and in a Quiet Forest. *Int J Primatol* 38: 1130–1137.

SAUNDERS, J., & SLOTOW, R. 2004. The evolution of song structure in southern African birds: an assessment of the acoustic adaptation hypothesis. *Ostrich Journal African Ornithology*, 75, 147–155.

SCANLON, C. E., CHALMERS, N. R., & DA CRUZ, M. M. 1989. Home range use and the exploitation of gum in the marmoset *Callithrix jacchus jacchus*. *International Journal of Primatology*, 10: 123-136.

SCHNEIDER, C., HODGES, K., FISCHER, J., & HAMMERSCHMIDT, K. 2008. Acoustic Niches of Siberut Primates. *International Journal of Primatology*, 29: 601–613.

Searcy, W. A., & Andersson, M. 1986. Sexual selection and the evolution of song. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 507-533.

SEKULIC, R. 1982. Daily and seasonal patterns of roaring and spacing in four Red Howler *Alouatta seniculus* troops. *Folia Primatologica*, 39: 22–48.

SEKULIC, R., & CHIVERS, D.J. 1986. The significance of call duration in howler monkeys. *International Journal of Primatology*, 7: 183-190.

SILVA JÚNIOR, J.S., MITTERMEIER, R.A., LYNCH ALFARO, J.W., VALENÇA-MONTENEGRO, M.M. & Carvalho, A.S. 2021. *Saimiri sciureus* (amended version of 2020 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T43968A192584742. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T43968A192584742.en>. Accessed on 26 June 2024.

SILVA, J. M. D. 2015. Ecologia, conservação e comportamento de guariba-de-mãos-ruivas (*Alouatta belzebul belzebul*) no município de Água Preta, Pernambuco, Brasil (Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco).

SILVA, Olga Camila da. Um estudo comparativo sobre a propagação do phee-call do sagui comum em caatinga e mata atlântica no Nordeste do Brasil. 2013. 52 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SILVA, V. M. D. 2006. Análise biogeográfica da distribuição de primatas neotropicais (primates, platyrrhini) (Master's thesis, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul).

SNOWDON C.T., CLEVELAND J., FRENCH, J.A. 1983. Responses to context-and individual-specific cues in cotton-top tamarin long calls. *Animal Behaviour*, 31(1):92-101.

SOBROZA, T. V. 2015. Ecologia comportamental de *Saguinus midas* e *Saguinus bicolor* (Primates: Callitrichidae) em áreas de contato entre distribuições geográficas.

SOBROZA, T. V., PEQUENO, P. A. C. L., GORDO, M., KINAP, N. M., BARNETT, A. P. A., & SPIRONELLO, W. R. 2021. Does co-occurrence drive vertical niche partitioning in parapatric tamarins (*Saguinus* spp.)?. *Austral Ecology*, 46(8): 1335-1342.

STEINMETZ, S. 2005. Vocalizações de longo alcance como comunicação intra-grupal nos bugios (*Alouatta guariba*). *Neotropical Primates*, 13(2): 11-15.

STEVENSON, Miranda F.1988. The marmosets, genus *Callithrix*. Ecology and behavior of neotropical primates, 2: 131-222.

STONE, A. I. 2007. Responses of squirrel monkeys to seasonal change in food availability in an eastern Amazonian forest. *American Journal of Primatology* 69:142–157.

SUGAI, L. S. M., SILVA, T. S. F., RIBEIRO Jr, J. W., & LLUSIA, D. 2019. Terrestrial passive acoustic monitoring: review and perspectives. *BioScience*, 69(1): 15-25.

SZYMAŃSKI, P., OLSZOWIAK, K., WHEELDON, A., BUDKA, M., & OSIEJUK, T. S. 2021. Passive acoustic monitoring gives new insight into year-round duetting behaviour of a tropical songbird. *Ecological Indicators*, 122: 107271.

T. D. AMORA, R. BELTRAO-MENDES, & S. F. FERRARI. 2013. “Use of alternative plant resources by common marmosets (*Callithrix jacchus*) in the semi-arid Caatinga scrub forests of Northeastern Brazil,” *The American Journal of Primatology*, 75 (4):333–341.

TALMAGE-RIGGS, G., WINTER, P., PLOOG, D., & MAYER, W. 1972. Effect of Deafening on the Vocal Behavior of the Squirrel Monkey (*Saimiri sciureus*). *Folia Primatologica*, 17(5-6): 404–420.

TERBORGH, J. 1983. Five new world primates: a study in comparative ecology. Princeton University Press, New Jersey, v. 46.

VALENÇA-MONTENEGRO, M.M., BEZERRA, B.M., MARTINS, A.B., JERUSALINSKY, L., FIALHO, M.S. & LYNCH ALFARO, J.W. 2021. *Sapajus flavius* (amended version of 2020 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T136253A192592928. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T136253A192592928.en>. Accessed on 26 June 2024.

VALENÇA-MONTENEGRO, M.M., BEZERRA, B.M., RUIZ-MIRANDA, C.R., PEREIRA, D.G., MIRANDA, J.M.D., BICCA-MARQUES, J.C., OLIVEIRA, L., DA CRUZ, M.A.O.M., VALLE, R.R. & MITTERMEIER, R.A. 2021. *Callithrix jacchus* (amended version of 2018 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T41518A191705043. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T41518A191705043.en>. Accessed on 26 June 2024.

VALENÇA-MONTENEGRO, M.M., FIALHO, M.S., CARVALHO, A.S., RAVETTA, A.L., RÉGIS, T., de MELO, F.R., JERUSALINSKY, L., VEIGA, L.M., MITTERMEIER, R.A., CORTES-ORTÍZ, L. & TALEBI, M. 2021. *Alouatta belzebul* (amended version of 2019 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T39957A190412426. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T39957A190412426.en>. Accessed on 26 June 2024.

VAN BELLE, S., ESTRADA, A., & GARBER, P. A. 2013. Spatial and diurnal distribution of loud calling in black howlers (*Alouatta pigra*). *International Journal of Primatology*, 34: 1209–1224.

WASER PM, WASER MS. 1977. Experimental studies of primate vocalization—specializations for long-distance propagation. *Zeit Tierpsych* 43:239–263.

WASER, P. M., & BROWN, C. H. 1986. Habitat acoustics and primate communication. *American Journal of Primatology*, 10(2): 135-154.

WATERS, S., EL HARRAD, A., BELL, S., & SETCHELL, J. M. 2021. Decolonizing primate conservation practice: A case study from North Morocco. *International Journal of Primatology*, 1-21.

WATSON, C. F., BUCHANAN-SMITH, H. M., & CALDWELL, C. A. 2014. Call playback artificially generates a temporary cultural style of high affiliation in marmosets. *Animal Behaviour*, 93: 163-171.

WHITEHEAD, J. M. 1995. Vox Alouattinae: A preliminary survey of the acoustic characteristics of long-distance calls of howling monkeys. *International Journal of Primatology*, 16: 121–144.

WICH, A.S., NUNN, C.L. 2002. Do male "long-distance calls" function in mate defense? A comparative study of long-distance calls in primates. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 52 (6): 474-484.

WOOD, C. M., BARCEINAS CRUZ, A., & KAHL, S. 2023. Pairing a user-friendly machine-learning animal sound detector with passive acoustic surveys for occupancy modeling of an endangered primate. *American Journal of Primatology*, 85(8): e23507.

YAMAMOTO, M. E. 1991. Comportamento social do gênero *Callithrix* em cativeiro. In: Rylands AB, Bernardes AT (eds) *A Primatologia no Brasil 3*. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Primatologia.

ZALUAR, M.T., TARDIN, R., LLUSIA, D. et al. 2022. Impact of invasive marmosets (Primates, Callitrichidae) on bird acoustic diversity in a large neotropical urban forest. *Biol Invasions* 24: 1725–1737.

ZAMBOLLI, A. H., MANZANO, M. C. R., HONDA, L. K., REZENDE, G. C., & CULOT, L. 2023. Performance of autonomous recorders to detect a cryptic and

endangered primate species, the black lion-tamarin (*Leontopithecus chrysopygus*). American Journal of Primatology, 85(1): e23454.

ZHANG, S. Y. 1995. Activity and ranging patterns in relation to fruit utilization by brown capuchins (*Cebus apella*) in French Guiana. International Journal of Primatology, 16: 489-507.

ZIMMERMANN, E. 1995. Loud calls in nocturnal prosimians: structure, evolution, and ontogeny. In: Current Topics in Primate Vocal Communication, 47-72.

ZUNINO, G. E. 1986. Algunos aspectos de la ecología y etología del mono aullador negro (*Alouatta caraya*) en habitat fragmentados. Tese de Doutorado, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

## **4 PARTE 3. Conclusões gerais e recomendações para o monitoramento acústico passivo de primatas**

---

### **4.1 Conclusões gerais da parte 1 da dissertação**

*Objetivo: Elucidar o estado da arte sobre o Monitoramento Acústico Passivo (MAP) e o uso do espaço acústico por primatas das Américas.*

- A aplicação do Monitoramento Acústico Passivo (MAP) no estudo da comunicação vocal no grupo dos primatas vem se expandindo nas últimas décadas. Entretanto, o MAP ainda é considerado uma técnica recente e rara para o estudo de primatas. Assim, pesquisas devem ser direcionadas para ampliar o uso do MAP em primatas como forma de desenvolver o nosso conhecimento sobre a ecologia, comportamento, conservação e evolução desses animais, usando uma técnica relativamente moderna e eficiente.
- Os estudos referentes ao uso do espaço acústico em primatas vêm sendo desenvolvido desde a década de 60. Isso reflete no interesse em investigar como as espécies vocais utilizam desse recurso limitado, apesar das interferências abióticas e bióticas impostas pelo ambiente. Esse interesse foi muito expressivo, pois hoje, sabemos que esses animais conseguem desenvolver mecanismos compensatórios como forma de evitar o mascaramento e otimizar a propagação de seus sinais acústicos no ambiente. Portanto, investigar como os primatas exploram o espaço acústico, pode nos ajudar a entender a evolução do comportamento social e ecologia dessas espécies.
- Dentre os 19 gêneros de primatas das Américas, é nítido com o gênero *Callithrix* se destaca dos demais pela elevada quantidade de estudos conduzidos em cativeiro. As pesquisas em cativeiro apresentam uma vasta gama de aplicações, como a investigação de mudanças na estrutura acústica durante os estágios de vida, em contextos e sexos diferentes, a perturbação sonora, *turn-taking*, reconhecimento individual, vocalizações ultrassônicas. O gênero merece esse destaque pelo motivo de apresentarem um sistema social complexo, serem

extremamente vocais, se reproduzirem bem em cativeiro e são fáceis de conviver em uma colônia integrativa. Assim, o gênero *Callithrix* é considerado um modelo promissor para estudos direcionados a comportamento, percepção e produção vocal.

## 4.2 Conclusões gerais da parte 2 da dissertação

***Objetivo 1: Identificar os tipos de vocalizações dos primatas das áreas de estudos que são detectáveis por MAP.***

- As chamadas de longa distância, foram constantes durante a atividade acústica das espécies potencialmente porque são mais passíveis de serem detectadas pelo monitoramento acústico passivo. Para *Callithrix jacchus*, as chamadas de longa distância *Phee Calls* foram as mais emitidas nas áreas de estudo. Essas vocalizações são utilizadas para coesão grupal, como avisar a chegada de outro grupo na área, quando os indivíduos do grupo estão dispersos e devem se reunir novamente e indicar o movimento do grupo.
- Para *Sapajus flavius*, as vocalizações mais detectadas foram *Howl*, *Lost Call* e *Huh-Ivar*. A vocalização *Howl* ainda não tem um contexto específico escrito para seu uso por *S. flavius*, mas poderia estar associado a um comportamento agonístico como foi visto para outras espécies do mesmo gênero. A vocalização *Lost Call* é considerada a chamada mais alta em volume do repertório da espécie e são emitidas para coesão grupal, durante o deslocamento do animal no ambiente ou quando o indivíduo está fora do alcance visual do grupo. Já vocalização *Huh-Ivar* é a mais comum emitida durante o forrageamento e alimentação, usada sempre que o animal visualizava um tipo de alimento.
- A vocalização mais detectada para a espécie *Alouatta belzebul* foi o Rugido, que são emitidos por machos adultos como um meio de evitar a competição sexual e defesa de território, enquanto as fêmeas emitem para promover a competição entre os machos e afastar fêmeas intrusas. A espécie *Alouatta belzebul* foi a espécie

menos detectada pelo MAP, esse resultado pode refletir na baixa atividade e pequena porcentagem de tempo gasto em deslocamento na área escolhida para monitorar a espécie e também na baixa quantidade de indivíduos no fragmento escolhido. Além disso, essa baixa detecção pode ser consequência do uso de apenas um ponto de coleta para realizar o monitoramento passivo na área escolhida. Uma forma de aumentar a taxa de detecção da espécie, seria a instalação de gravadores nas áreas para monitorar mais pontos de coleta em sítios com alta frequência de grupos. Além de configurar os gravadores passivos para iniciar o monitoramento nos horários de picos de atividade acústica da espécie (início da manhã e fim da tarde).

- Para a espécie *Saimiri spp.* as vocalizações mais detectadas foram as associadas a coesão grupal como a chamada *Isolation Peep*. A vocalização *Isolation Peep* só é emitida por adultos quando há perda de contato entre os indivíduos do grupo ou por infantes quando estão em momentos de sofrimento. Além da alta emissão das vocalizações de longo alcance, a elevada detecção da espécie *Saimiri spp.* pode ter sido influenciada pela disponibilidade de recursos e o tamanho da área florestal que podem ter favorecido a detecção constante da espécie pelo MAP.

***Objetivo 2: Avaliar a influência da paisagem (localidade, estrutura da vegetação e paisagem acústica) sobre padrão de detecção acústica de primatas.***

- As medidas que caracterizam a vegetação *in situ* e as características da paisagem acústica não interferiram no registro de detecção de vocalizações de *Callithrix jacchus* em fragmentos de Mata Atlântica e Caatinga. Portanto, acreditamos que a espécie pode estar utilizando outros mecanismos compensatórios para otimizar a comunicação vocal nas áreas de Mata Atlântica e Caatinga. A eficiência do MAP pode ser afetada pelo tamanho da área de vida e o modo de uso do espaço entre as espécies que podem interferir na identificação no ambiente. *Callithrix jacchus* foi detectado em todas as áreas de estudo por apresentar uma área de vida comparativamente menor do que outros primatas, então, esses animais não precisam se deslocar tanto pelo ambiente devido a disponibilidade de exsudatos

durante o ano todo, assim somente algumas árvores são necessárias para a suprir a alimentação do grupo.

- A média de NDVI e a detecção de geofonia podem ter interferido no padrão de atividades acústicas de *Sapajus flavius*. Mas não podemos confirmar com certeza que o NDVI e a geofonia influenciam na atividade vocal de *S. flavius*, visto que não houve detecção da espécie nas áreas de Caatinga. Então, é possível que essa falta de registros de *S. flavius* na Caatinga esteja associada a fatores como o padrão de deslocamento da espécie em áreas muito extensas ou a eficiência dos gravadores passivos em detectar a espécie em ambientes adversos. Para evitar essa falha na detecção da espécie em áreas de Caatinga, recomendamos a instalação de mais gravadores que estejam bem distribuídos espacialmente na área escolhida para monitoramento. Assim, aumenta a probabilidade de detectar a atividade acústica da espécie em áreas de Caatinga.

***Objetivo 3: Avaliar a influência temporal (diária e mensal) sobre o padrão de detecção acústica de primatas.***

- A espécie *Callithrix jacchus*, emitiu vocalizações *Phee Calls* tanto em áreas de Mata Atlântica quanto em áreas de Caatinga, mas em horários diferentes do dia. Nas áreas de Mata Atlântica, a espécie foi altamente vocal durante a manhã e com uma baixa na atividade vocal no início e fim da tarde. Assim, a coesão grupal por indivíduos de *C. jacchus* no início da manhã e os encontros intergrupais, podem explicar a alta atividade vocal de saguis comuns durante o início e fim da manhã. Dessa forma, a hora do dia influencia no uso da área de vida, em atividades de forrageamento e na taxa de atividade vocal da espécie. Com relação a variação mensal, a espécie foi ativa durante os meses da estação seca e chuvosa nas áreas de Mata Atlântica. Durante os meses chuvosos, *C. jacchus* tende a ampliar o uso do espaço devido a variação na abundância de frutos e quando alguns recursos estavam escassos, os grupos passaram a explorar mais as fontes de goma. Então, mesmo diante da escassez de alguns recursos, a distribuição sazonal de recursos parece não influenciar na atividade acústica de *Callithrix jacchus*.

- Nas áreas de Caatinga, a espécie *C. jacchus* foi detectada apenas nos meses da estação seca. Na área 3, a baixa detecção da espécie pode estar relacionada com o rendimento do gravador passivo em ambientes com temperaturas mais elevadas da Caatinga. Assim, acreditamos que esses animais devem reduzir a sua atividade vocal como uma estratégia para evitar o gasto energético durante a alta temperatura, e ainda, manter o comportamento de forrageamento por recursos no ambiente. Por isso, precisamos de mais pesquisas direcionadas para o comportamento acústico dessa população e assim, determinar o padrão de atividades acústicas e associar com a hora do dia e a variação mensal na produção de sinais acústicas. Na área 4, a alta atividade acústica da espécie pode ter sido influenciado pelo ruído antrópico de atividade turística na área, sugerindo o esforço dos animais para adaptar sua atividade vocal em um ambiente ruidoso.
- A espécie *Sapajus flavius* foi detectada ao longo do dia e durante os meses da estação seca e chuvosa. As vocalizações relacionadas à alimentação foram uma das mais detectadas pelo MAP durante a meses chuvosos e secos, pois as vocalizações associadas ao forrageio e a alimentação, são frequentes no padrão vocal de *Sapajus flavius*. Os macacos-prego são primatas ativos que tendem a gastar mais tempo se deslocando e procurando por alimentos e despendem pouco tempo em interações sociais e descanso. Durante os meses da estação chuvosa os grupos se deslocam mais devido ao aumento da disponibilidade e distribuição agregada de frutos na área. Durante os meses da estação seca, com disponibilidade de recursos limitada, os macacos-prego ajustam seu comportamento destinando mais tempo na aquisição e ingestão de alimentos.
- A espécie *Alouatta belzebul* concentrou sua atividade acústica ao amanhecer e apenas durante um mês da estação seca. Como registramos poucas vocalizações para a espécie, não podemos dizer com certeza, que existe um padrão de vocalizações específica. Portanto, precisamos de mais estudos focados em estudar a população de *A. belzebul* na área de estudo, visando determinar seu padrão de atividade vocal.

- A espécie *Saimiri spp.* foi detectada durante a maior parte do dia e os meses da estação seca e com uma maior detecção nos meses da estação chuvosa. Assim como *S. flavius*, esses animais gastam mais tempo se locomovendo à procura de alimentos, é possível que essa alta detecção durante a estação chuvosa esteja associada com a distribuição das árvores frutíferas. Portanto, aumentar o gasto energético na procura de alimentos, talvez não seja tão viável para os grupos de *Saimiri spp* que ocorrem na área devido à alta probabilidade de encontrar fontes de alimentos na área estudada.

***Objetivo 4: Avaliar se a estrutura da vocalização dos primatas pode variar de acordo com localidade, utilizando uma espécie que ocorreu em todas as cinco áreas de estudo como modelo.***

- Os parâmetros acústicos de frequência mínima e amplitude dos Phee Calls foram diferentes nas áreas de Mata Atlântica e Caatinga. A frequência mínima foi comparativamente mais baixa nas áreas de Mata Atlântica do que na Caatinga. Esses valores mais baixos podem ser o resultado do elevado ruído antrópico resultante da ação humana. Entretanto, nas áreas de Caatinga, os *Phee Calls* do *C. jacchus* exibiram frequência mínima mais alta, principalmente na área 4 onde o ruído antrópico foi mais intenso. Então, é possível que a influência do ruído antrópico pode ter interferido na propagação das vocalizações nas áreas de estudo, levando esses animais a vocalizar em frequências mínimas mais baixas ou mais altas, ajustando a estrutura de suas vocalizações como um modo de otimizar a propagação no meio.
- A amplitude do *Phee Call* foi mais baixa em duas áreas de Mata Atlântica e em uma de Caatinga. Em *Callithrix jacchus*, a amplitude vocal é uma característica acústica flexível que pode ser modulada de acordo com as exigências ecológicas na propagação de sinais acústicos. Então, além da frequência mínima, os saguis comuns também podem ajustar a intensidade do sinal acústico diminuindo a amplitude de suas vocalizações para reduzir o gasto energético na produção de vocalizações de alta intensidade. Isto pode ter levado a evolução de estratégias que otimizam a transmissão dessas vocalizações de elevado custo energético, como vocalizar em momentos

silenciosos ou diminuir a intensidade dos sinais acústicos durante os períodos ruidosos.

- Apesar das diferenças na eficiência da propagação em ambientes diferentes, é possível que o nível de ruído ambiente tenha influenciado mais na propagação das vocalizações do que as características *in situ* da vegetação das nossas áreas de estudo. Dessa forma, a eficiência da propagação de vocalizações de *Callithrix jacchus* pode estar associada com a habilidade da espécie de modular seus sinais acústicos de acordo com a intensidade do ruído ambiente. Assim, o sagui comum pode ser considerado um modelo promissor para explicar o comportamento de alguns animais em ambientes adversos, devido a sua plasticidade comportamental.

## 5 ANEXO 1. Paisagem das áreas de estudo.

---

### 5.1 Caracterização da paisagem acústica das áreas de estudo

Realizamos 48h de gravações mensais por sete meses, usando o gravador Audiomoth (Open Acoustic Devices) para caracterizar a paisagem acústica de cada fragmento. Assim, analisamos 1.680h de gravações da paisagem acústica dos cinco fragmentos de estudo durante sete meses de coleta. Espectrogramas foram criados com o programa Kaleidoscope Pro version 5.4.2., com posterior geração automática de clusters para os tipos sonoros e identificação manual dos mesmos.

Através da inspeção manual de clusters, classificamos as detecções acústicas em biofonia, geofonia e antropofonia, totalizando em 424.887 registros sonoros. A maior parte desses registros foram classificados como biofonia (n=419.031) e foi possível categorizar a biofonia em insetos (n=151.833), anuros (n=153.582), aves (n=110.209) e mamíferos (n=3.407). Para a geofonia, identificamos apenas sons de chuva (n=4.369) e para antropofonia (n=1.487), registramos sons de máquinas, humanos, carros e embarcações. Também registramos fontes sonoras que não foram possíveis de ser identificadas (n=25.517)

No fragmento 1, Mata Atlântica localizada na Mata da Tronox, Mataraca-PB, detectamos 82.215 registros sonoros. Para biofonia (n=80.666), detectamos sons de insetos (n=24.354), anuros (n=22.271), aves (n=33.473) e mamíferos (n=568) (primatas das espécies *Sapajus flavius*, *Callithrix jacchus* e *Alouatta belzebul*). As atividades acústicas dos insetos e anuros foram registrados durante todas as 24h do dia, havendo alta de detecção durante 00h-05h e 17h-23h, e uma baixa de registros durante 06h-16h. As aves também foram detectadas em todas as 24h do dia, apresentando um aumento durante às 06h-17h. Já os mamíferos (espécies de primatas), foram detectados no decorrer do dia, durante 04h-18h. Já os sons provenientes da antropofonia, foram detectados durante 04h-23h. Para geofonia, detectamos apenas os registros de chuva (n=1.004) e para antropofonia (n=545), registramos sons de carros, caminhões, humanos e máquinas.

No fragmento 2, Mata Atlântica localizada no RVS Mata do Curado, Recife-PE, detectamos 81.567 registros sonoros. Para biofonia (n=79.874), detectamos sons de insetos (n=24.761), anuros (n=36.785), aves (n=17.808) e mamíferos (n= (primatas das espécies *Callithrix jacchus* e *Saimiri spp.*). As atividades acústicas dos insetos, anuros e aves foram registradas durante todas as 24h do dia, havendo algumas diferenças nos períodos de atividades acústicas. Para os insetos, os sinais acústicos aumentaram durante 15h-00h, e diminuíam durante 01h-14h, os sinais acústicos dos anuros foram constantes durante as 24h e a atividade acústica só diminuiu em alguns horários (01h, 04h, 09h, 18h, 19h e 20h). As aves também foram detectadas em todas as 24h do

dia, exibindo um aumento durante 09h-17h. Já os mamíferos (espécies de primatas), foram detectados durante 05h-14h e também foram detectados durante 18h-19h. Para geofonia, detectamos apenas registros de chuva (n=1.281) e para antropofonia (n=412), registramos sons de carros, sirenes, máquinas, humanos e música.

No fragmento 3, Caatinga localizada na RPPN Morro da Torre, São José da Tapera -AL, detectamos 40.216 registros sonoros. Para biofonia (n=40.2016), detectamos sons de insetos (n=17.590), anuros (n=14.873), aves (n=7.556) e mamíferos (n=197) (cachorro e primata da espécie *Callitrix jacchus*). As atividades acústicas dos insetos, anuros e aves foram registradas durante as 24h do dia com algumas diferenças nos períodos de atividade de cada subgrupo. Os insetos foram mais detectados durante 11h-23h, apresentando uma diminuição de sinais acústicos durante 00h-10h. Os anuros foram mais detectados durante 22h-02h, apresentando uma diminuição na emissão de sinais acústicos durante 03h-21h. As aves foram mais detectadas durante 05h-16h, com uma diminuição no registro de sinais acústicos durante 17h-23h e 00h-04h. Para os mamíferos, detectamos *Callithrix jacchus* apenas às 8h da manhã e também detectamos latidos de cachorros durante a tarde às 13h e a noite às 17h-22h. Não detectamos nenhuma fonte sonora de geofonia e antropofonia.

No fragmento 4, Caatinga localizado no MONA, Olho D'água do Casado-AL, detectamos (n=76.794). Para biofonia (n=76.307), detectamos sons de insetos (n=34.685), anuros (n=15.713), aves (n=25.369) e mamíferos (n=540) (primata da espécie *Callitrix jacchus* e cachorro). As atividades acústicas dos insetos, anuros e aves foram registradas durante as 24h do dia com algumas diferenças nos períodos de atividade de cada subgrupo. Os insetos aumentaram a emissão de sinais acústicos durante 12h-23h, os anuros foram mais detectados durante 22h-06h e as aves foram mais detectadas durante 04h-17h. Para os mamíferos (primata da espécie *Callithrix jacchus* e cachorro), os sinais acústicos de *Callithrix jacchus* foram emitidos durante 05h-16h e identificamos latidos de cachorro nos horários de 06h e 07h da manhã. Para antropofonia (n=487), registramos sons de embarcações, música e humanos. Não detectamos nenhuma fonte sonora de geofonia.

No fragmento 5, Mata Atlântica localizado na Mata dos Macacos, Igarassu -PE, detectamos 144.095 registros sonoros. Para biofonia (n=142.169), detectamos sons de inseto (n=50.443), anuros (n=63.940), aves (n=26.003) e mamíferos (n=1783) (primatas das espécies *Callithrix jacchus* e *Sapajus flavius*). As atividades acústicas dos insetos, anuros e aves foram registradas durante todas as 24h do dia com algumas diferenças nos períodos de atividades dos subgrupos. Para os insetos, a atividade acústica diminuiu apenas em alguns horários (05h, 06h e 13h), os anuros foram mais detectados durante 00h-17h, apresentando uma diminuição da atividade

acústica durante 18h-23h e as aves foram mais detectadas durante 05h-16h. Já os mamíferos (espécies de primatas), foram detectados durante 04h-16h. Para geofonia (n=1883), detectamos apenas registros de chuva e para antropofonia (n=43), registramos sons de carros e caminhões.

## 5.2 Caracterização estrutural da paisagem

### 5.2.1 Caracterização

Realizamos a caracterização da densidade da vegetação de cada área através do método vizinho mais próximo (*Nearest neighbour method*, Beasom & Haucke 1975), com contagem do número total de árvores em dez quadrantes de 25m<sup>2</sup>, considerando as árvores com circunferência CAP (circunferência à altura do peito) de tronco de 5cm -1,50m (adaptado de Curtis & Mcintosh, 1950). A distância entre os troncos foi medida 1m acima do solo (Metodologia adaptada de Souto *et al.*, 2007) e a altura foi medida por estimativa visual com treinamento. A partir dessas medidas que foram coletadas de cada quadrante, também calculamos os parâmetros fitossociológicos (área basal, frequência relativa e densidade relativa) de cada área de coleta para obtenção de uma descrição mais detalhada da estrutura horizontal da floresta.

Contabilizamos 534 árvores considerando as cinco áreas de estudo. Contabilizamos 397 árvores nos fragmentos de Mata Atlântica, e 137 árvores nos fragmentos de Caatinga. Para o Teste de Qui-Quadrado, os fragmentos apresentaram diferenças significativas nas médias de número de indivíduos arbóreos e para a altura da vegetação, mas não apresentaram diferenças significativas para a distância do vizinho mais próximo e da CAP (Figura 1 e Tabela 1).

Os fragmentos de Mata Atlântica da Mata dos Macacos, Igarassu-PE e o RVS Mata do Curado, Recife-PE, tiveram médias altas para o número de indivíduos arbóreos por quadrante e valores baixos para a distância do vizinho mais próximo (Figura 1). Já o fragmento de Mata Atlântica na Mata da Tronox, Mataraca-PB apresentou média baixa para o número de indivíduos arbóreos por quadrante e com menores distâncias entre eles (Figura 1). O fragmento da Mata da Tronox, Mataraca-PB apresentou maior valor para a média de CAP quando comparado com os fragmentos da Mata dos Macacos, Igarassu-PE e o RVS Mata do Curado, Recife-PE (Figura 1). Para os dois fragmentos de Caatinga localizadas em Alagoas, vimos que o fragmento da RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL exibiu média alta para o número de indivíduos arbóreos por quadrante do que o fragmento do MONA, Olho D'água do Casado-AL (Figura 1). E a média da circunferência de tronco das árvores foi maior no fragmento MONA, Olho D'água do Casado-AL (Figura 1).

Tabela 1. Variação na densidade e altura da vegetação entre as áreas de estudo. Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera -AL; 4 – MONA, Olho D’água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE

Variáveis	Densidade e altura da Vegetação (Testes de Qui Quadrado)
Número de indivíduos arbóreos	GL=4; N = 534; X <sup>2</sup> : 12.07378277; p= 0,05
Distância para o vizinho mais próximo	GL=4; N = 534; X <sup>2</sup> : 0.319062747; p= 0,05
Circunferência a altura do peito (CAP)	GL=4; N = 534; X <sup>2</sup> : 4.574849075; p= 0,05
Altura do indivíduo arbóreo	GL=4; N = 534; X <sup>2</sup> : 109.1750886; p= 0,05

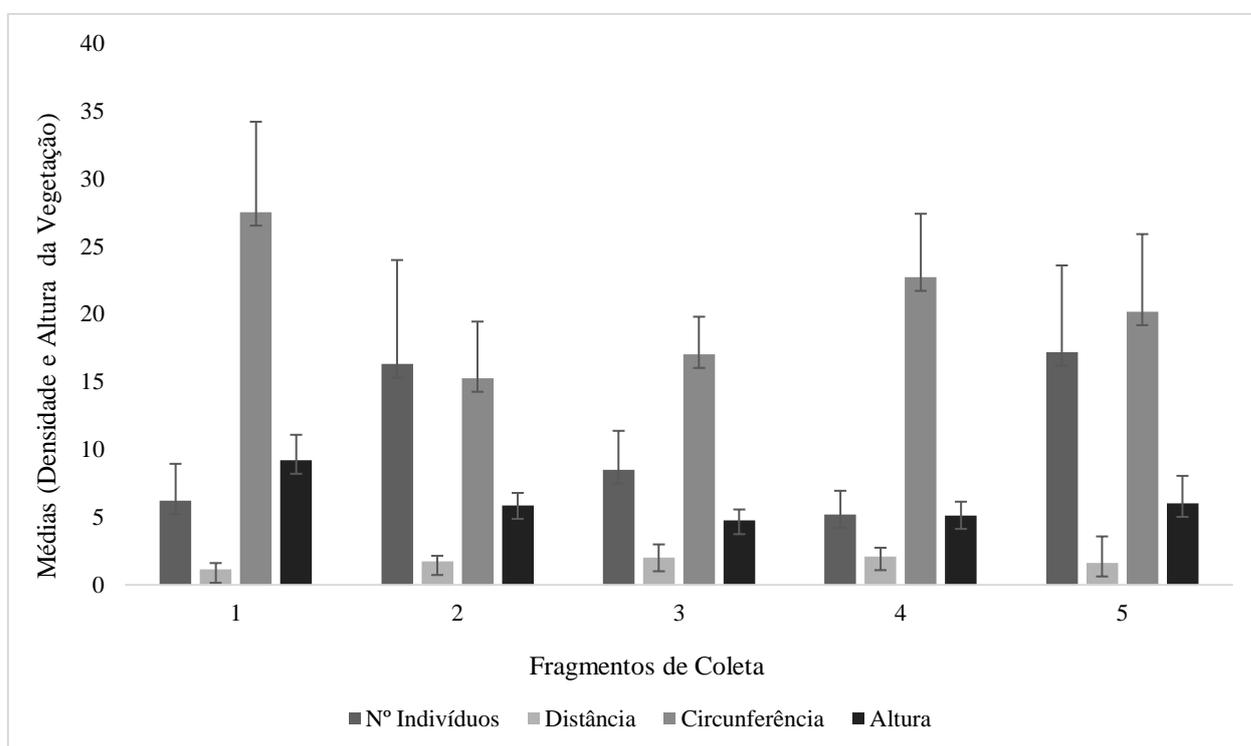


Figura 1. Densidade da vegetação nos fragmentos de Mata Atlântica e Catinga com as medidas de número de indivíduos arbóreos por quadrante, distância para o vizinho mais próximo, circunferência do tronco e altura dos indivíduos arbóreos. Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera -AL; 4 – MONA, Olho D’água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE

Quanto à altura da vegetação, o Teste Qui-Quadrado mostrou maior valor para esse parâmetro, indicando diferenças significativas para as médias de altura da vegetação nos cinco fragmentos de estudo. O fragmento de Mata Atlântica de Mata da Tronox, Mataraca-PB exibiu a maior média de árvores altas por quadrante (Figura 1). O fragmento da Mata dos Macacos, Igarassu-PE e o RVS Mata do Curado-PE, apresentaram médias baixas para a altura das árvores em cada quadrante (Figura 1). Para as áreas de Caatinga, os fragmentos apresentam valores baixos para a altura das árvores, com o fragmento do MONA, Olho D'água do Casado-AL apresentando uma média relativamente maior que a RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL (Figura 1).

Dentre os parâmetros fitossociológicos, temos a área basal, que expressa o grau de ocupação do indivíduo arboreo na área estudada. O resultado do Teste Qui-Quadrado mostra que não houve diferença significativa entre os fragmentos de Mata Atlântica e Caatinga (Tabela 2). Apesar disso, o fragmento de Mata Atlântica na Mata da Tronox, Mataraca-PB apresentou maior média de área basal em comparação aos outros fragmentos de mesmo bioma, sugerindo que os quadrantes do fragmento de Mata Atlântica na Mata da Tronox, Mataraca-PB apresentam árvores mais largas (maior grau de ocupação) (Figura 2). Enquanto o fragmento de Mata Atlântica da Mata dos Macacos, Igarassu-PE apresentou menor média para a área basal entre os fragmentos de Mata Atlântica (Figura 2). Para os fragmentos de Caatinga, a média de área basal do fragmento da RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL foi maior que o fragmento de MONA, Olho D'água do Casado-AL (Figura 2).

Tabela 2. Variação na densidade da vegetação com os parâmetros fitossociológicos: Área Basal, Frequência Relativa e Densidade Relativa. Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera -AL; 4 – MONA, Olho D'água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE.

<b>Médias</b>	<b>Densidade da Vegetação (Testes de Qui Quadrado)</b>
Área Basal	(GL=4; N = 534; X <sup>2</sup> : 0.0092391; p= 0,05)
Frequência Relativa	(GL=4; N = 534; X <sup>2</sup> : 25.210878; p= 0,05)
Densidade Relativa	(GL=4; N = 534; X <sup>2</sup> : 25.296929; p= 0,05)

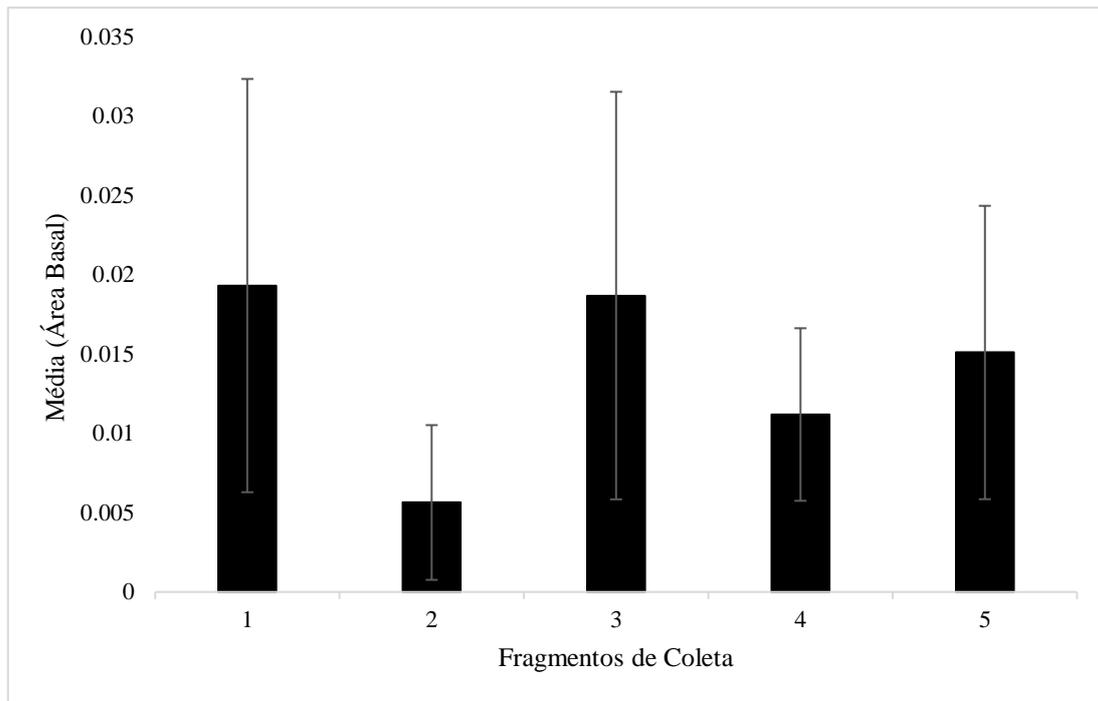


Figura 2. Variação da área basal dos indivíduos arbóreos dos fragmentos de Mata Atlântica e Caatinga. Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera -AL; 4 – MONA, Olho D’água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE

Para caracterização das áreas, consideramos ainda a frequência relativa e a frequência absoluta das espécies de árvore nos fragmentos de estudo. A frequência relativa é razão da porcentagem de quadrantes que apresenta determinada espécie arbórea pela soma da porcentagem de todas as espécies dos quadrantes amostrais, enquanto a densidade relativa é a relação entre a abundância total de uma determinada espécie na amostra e a abundância total da amostra. O resultado do Teste Qui-Quadrado mostrou diferenças significativas para os parâmetros de frequência e densidade relativa (Tabela 2). Para o fragmento de Mata Atlântica na Mata da Tronox, Mataraca-PB, a frequência e densidade relativa foram elevadas, indicando que os indivíduos arbóreos estão mais agrupados e bem distribuídos no espaço amostral (Figura 3). Enquanto que os fragmentos da Mata dos MacacoS, Igarassu-PE e RVS Mata do Curado-PE, mostraram médias de frequência e densidade relativa baixas, o que pode caracterizar um fenômeno típico para espécies com certa aglomeração local (Figura 3). Para os fragmentos de Caatinga, as médias de frequência e densidade relativa foram altas, indicando indivíduos arbóreos agrupados e bem distribuídos no espaço (Figura 3).

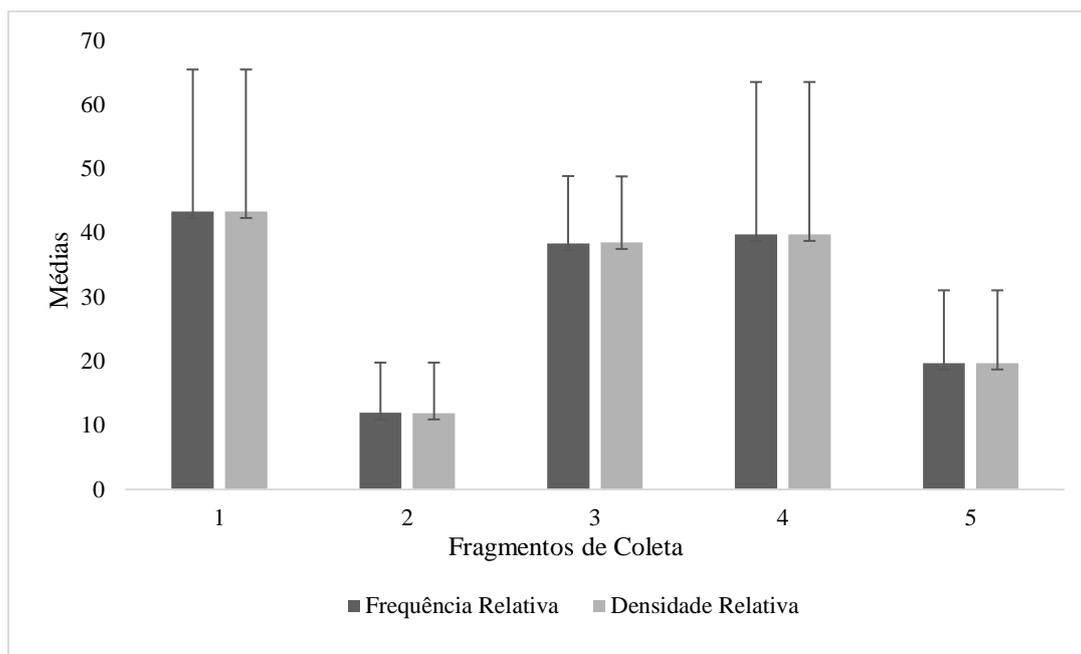


Figura 3. Média da frequência relativa e densidade relativa dos indivíduos arbóreos dos fragmentos de Mata Atlântica e Caatinga. Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera -AL; 4 – MONA, Olho D'água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE

Para complementar a caracterização e ainda obter dados sobre a qualidade dos habitats de cada fragmento estudado, foram realizadas análises espaciais através do software QGIS 3.36.1 por onde foi calculado o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI). O NDVI de cada área foi extraído das imagens prontas disponibilizadas pelo USGS- Earth explorer as coordenadas de cada ponto de coleta (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Estas imagens foram obtidas a partir do sensor OLIS e TIRS a bordo dos satélites LANDSAT 8 e 9. O NDVI é uma medida quantitativa da biomassa calculada pela razão da diferença das reflectâncias (proporção entre o fluxo de radiação eletromagnética incidente numa superfície e o fluxo que é refletido) do comprimento de onda de duas bandas espectrais (infravermelho próximo e o vermelho) e da soma dessas reflectâncias como exposto na equação abaixo. Logo:

$$NDVI = \frac{(\text{Infravermelho Próximo} - \text{Vermelho})}{(\text{Infravermelho Próximo} + \text{Vermelho})}$$

Desse cálculo, obtemos uma imagem índice (e.g., Figuras 4 e 5) que varia entre “-1” a “1”, quanto mais próximo de “1” maior a densidade vegetal (biomassa), os valores próximos de zero

representam superfícies não vegetais e os valores negativos representam espelhos d'água ou solo exposto (Eos - Earth Observing System, 2019).

Para a delimitação das áreas de coleta, utilizamos a coordenada a partir do ponto de amostragem de cada área para gerar um buffer (zona de entorno a partir do ponto de amostragem) de 2.500m (baseado na janela de dispersão da espécie) para obter os dados da biomassa e cobertura do solo em toda a área de dispersão dos primatas alvo. Para complementação da caracterização das áreas, a caracterização da qualidade dos habitats florestais de cada área foi feita com os valores médios do índice de vegetação diferencial normalizado. Em seguida, as imagens foram recortadas para a área de estudo e, posteriormente, os valores médios dos índices foram obtidos para cada área de coleta usando a ferramenta *Estatísticas zonais* do software QGIS 3.36.1.

Utilizando o buffer de 2.5km, extraímos o NDVI da zona de entorno das áreas de estudo. Nas áreas de Mata Atlântica, a área da Mata dos Macacos localizado na Usina São José em Igarassu- PE apresentou maior média de NDVI (0.813725) (Figura 4), o que indica a alta densidade vegetal da área e a melhor qualidade de habitat para espécies dependentes de ambientes florestais. Com valores médios menores de NDVI, as áreas de Mata Atlântica da Mata da Tronox, Mataraca-PB (0.591996) e RVS Mata do Curado-PE (0.677146) (Figura 4), parecem corresponder a uma vegetação moderadamente densa, e com qualidade de habitats florestais intermediária se comparado com a área da Mata dos Macacos, Igarassu -PE. Os valores médios para essas áreas podem ter sido afetados pelas estruturas artificiais (aerogeradores) e corpos d'água próximos a área de coleta na Mata da Tronox, Mataraca-PB , e zonas urbanas próximo a área do RVS Mata do Curado-PE, resultando num valor baixo para NDVI (Figura 4).

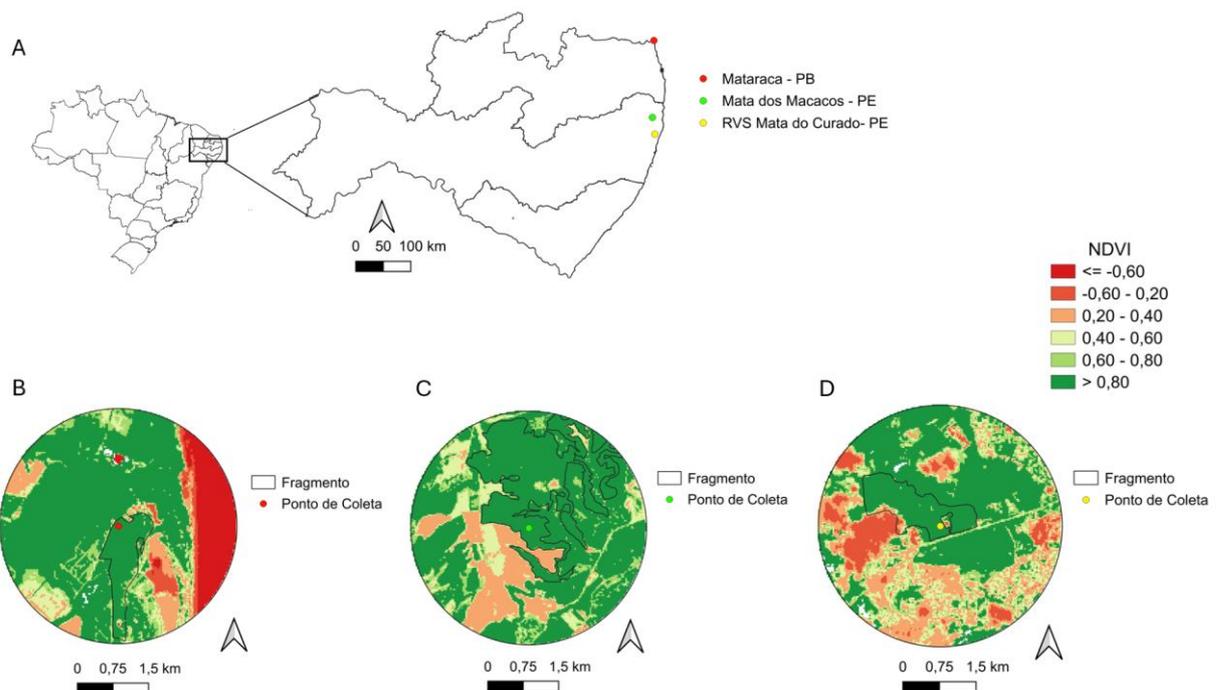


Figura 4. Localização das áreas de coleta. A) Mapa do Brasil com pontos de coleta nos fragmentos de Mata Atlântica nos Estados de Pernambuco e Paraíba no Nordeste do Brasil. Índice de vegetação NDVI obtido para as áreas de estudo em fragmentos de Mata Atlântica: B) Mata da Tronox, Mataraca-PB; C) Mata dos Macacos, Igarassu-PE; D) RVS Mata do Curado, Recife-PE.

Nas áreas de Caatinga, a RPPN Morro da Torre, São José da Tapera- AL apresentou maior média de NDVI (0.831565) (Figura 5), indicando a alta densidade vegetal da área e qualidade de hábitat para as espécies dependentes desses ambientes. Entretanto, a área de Caatinga do MONA, Olho D'água do Casado -AL apresentou maior valor médio de NDVI (0.864473) (Figura 5), o que corresponde a uma vegetação ainda mais densa com uma maior qualidade do hábitat florestal do que a área de RPPN Morro da Torre, São José da Tapera - AL. Apesar da área do MONA, Olho D'água do Casado- AL estar bem próxima do Rio São Francisco, o cálculo do NDVI não considerou as áreas de corpos d'água, o que pode ter influenciado no alto valor médio de NDVI para o fragmento (Figura 5).

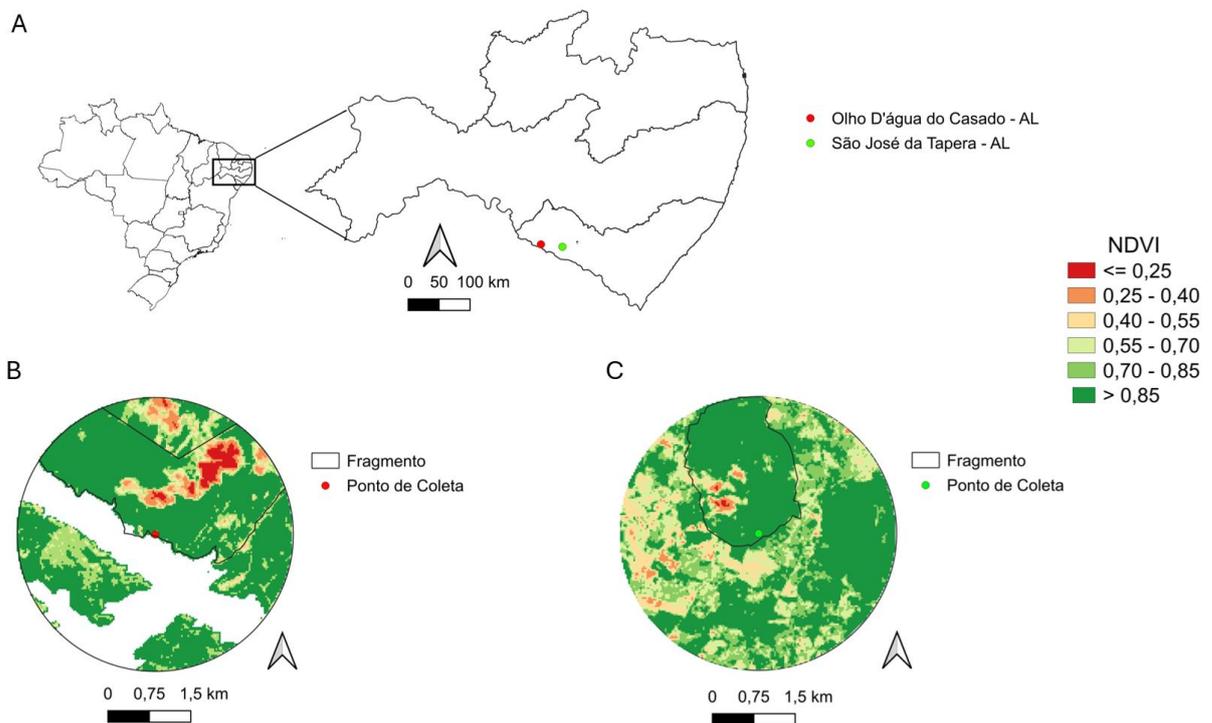


Figura 5. Localização das áreas de coleta. A) Mapa do Brasil com pontos de coleta nos fragmentos de Caatinga nos Estados de Alagoas no Nordeste do Brasil. Índice de vegetação NDVI obtido para as áreas de estudo em fragmentos de Caatinga: B) MONA, Olho D'água do Casado – AL; C) RPPN Morro da Torre, São José da Tapera – AL.

Além disso, foram extraídos os valores de NDVI dos fragmentos de Mata Atlântica e Caatinga. Todos os fragmentos de Mata Atlântica apresentaram valores de NDVI próximo à 1, indicando que esses fragmentos exibem vegetação altamente densa e saudável. A Mata dos Macacos, Igarassu - PE apresentou maior média de NDVI (0.986289) (Figura 5), caracterizando-se como uma vegetação altamente densa e saudável. Os fragmentos de Mata Atlântica na Mata da Tronox, Mataraca-PB (0.953249) e RVS Mata do Curado-PE (0.941452) (Figura 5) também apresentaram médias altas para NDVI, mas não tanto quanto o fragmento da Mata dos Macacos, Igarassu -PE. Isso indica que essas áreas também apresentam alta densidade de áreas arbóreas. Os fragmentos de Caatinga também exibiram médias de NDVI altas, com vegetações altamente densas e saudáveis. O fragmento de Caatinga na RPPN Morro da Torre, São José da Tapera- AL apresentou maior média de NDVI (0.928188) (Figura 5) indicando uma densidade da vegetação relativamente mais alta do que o fragmento de Caatinga no MONA, Olho D'água do Casado - AL (0.850603) (Figura 5).

Nosso trabalho também utilizou dos dados disponibilizados pelo Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil, denominado de MapBiomias. A Coleção 8 do MapBiomias inclui dados anuais de cobertura e uso da terra para o período de 1985 a 2022 (aqui usamos a classificação do ano de 2022). As imagens para análise das áreas de estudo foram obtidas em formato em raster em uma resolução de 30m. Os dados para as áreas de coleta foram obtidos em raster, juntamente com uma planilha (.pdf) contendo as referências para os códigos das legendas. Toda a caracterização da cobertura e uso do solo foi realizada utilizando o software QGIS 3.36.1. O processamento consiste em 1) Recorte do arquivo raster para o buffer de 2.5km criado para cada área de estudo, 2) Reprojeção de coordenadas do arquivo raster em UTM e reamostragem do tamanho do pixel para 30m x 30m, 3) Reclassificação por tabela, 4) Extração das classes de uso do solo em cada área de estudo (zona de entorno de 2.5 km), 5) Alteração da simbologia das classes e subclasses de acordo com os códigos da legenda para os valores de pixel na Coleção 8 do MapBiomias e 6) Cálculo da área total das classes e subclasses de uso do solo usando a ferramenta *Landscape Statistics* do software QGIS 3.36.1. As descrições de cada classe e subclasse que representa o tipo de uso e ocupação do solo estão dispostas no Quadro 1 (MapBiomias, 2022), que traz a definição de 19 classes e subclasses observadas nos fragmentos de Mata Atlântica e Caatinga do presente estudo.

Quadro 1. Classes e subclasses de uso e ocupação do solo encontradas nos fragmentos de Mata Atlântica e Caatinga. Fragmento Área 1: Mata da Tronox, Mataraca-PB; 2- RVS Mata do Curado, Recife- PE; 3-RPPN Morro da Torre, São José da Tapera -AL; 4 – MONA, Olho D'água do Casado-AL; 5- Mata dos Macacos, Igarassu-PE

<b>Classes</b>	<b>Subclasses</b>	<b>Biomias</b>	<b>Descrição Breve</b>
Floresta	Formação Florestal	Mata Atlântica	Floresta Ombrófila Densa, Aberta e Mista e Floresta Estacional Semi-Decidual,  Floresta Estacional Decidual e Formação Pioneira Arbórea.
	Formação Savânica	Mata Atlântica	Savanas, Savanas-Estépicas Florestadas e Arborizadas.
		Caatinga	Tipos de vegetação com predomínio de espécies de dossel semi-contínuo -  Savana-Estépica Arborizada, Savana Arborizada.
Formação Natural não Florestal	Campo Alagado e Área Pantanosa	Mata Atlântica	Vegetação com influência fluvial e/ou lacustre.
	Restinga Herbácea	Mata Atlântica	Vegetação herbácea com influência fluviomarinha.
Agropecuária	Pastagem		Áreas de pastagem predominantemente plantadas, diretamente relacionadas à atividade agropecuária. As áreas de pastagem

---

		natural, por sua vez, são
		predominantemente caracterizadas como formações campestres ou campo alagado, podendo ser submetidas ou não a práticas de pastejo.
Agricultura		Áreas cultivadas com a cultura da cana-de-açúcar.
Cana		
Outras	Lavouras	Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração,
Temporárias		geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir.
Silvicultura		Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (ex. pinus, eucalipto, araucária).
Mosaico de Usos	Mata Atlântica	Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e

---

---

			Agricultura
		Caatinga	Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.
Área não Vegetada	Praia, Duna e Areal		Cordões arenosos, de coloração branco brilhante, onde não há o predomínio de vegetação de nenhum tipo
	Área Urbanizada		Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.
	Outras Áreas não Vegetadas	Mata Atlântica	Áreas de superfícies não permeáveis (infra-estrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes
Corpo D'água	Rio, Lago e Oceano		Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.

---

Aquicultura	Área referente a lagos artificiais, onde predominam atividades aquícolas e/ou de salicultura.
-------------	---

Fonte: MapBiomias (2022)

A classificação do uso do solo das áreas de estudo resultou em um total de 14 classes de uso do solo para as áreas de Mata Atlântica (Figura 6) e cinco classes para as áreas de Caatinga (Figura 7). Para a zona de entorno do fragmento de Mata Atlântica da Mata da Tronox, Mataraca-PB, temos 11 classes do uso do solo: Formação Florestal; Formação Savânica; Campo Alagado e Área Pantanosa; Cana; Mosaicos de Usos; Praia, Duna e Areal; Outras Áreas não Vegetadas; Aquicultura; Rio, Lago e Oceano; Outras Lavouras Temporárias; Restinga Herbácea (Figura 6). Para a zona de entorno do fragmento de Mata Atlântica da Mata dos Macacos, Igarassu -PE, temos cinco classes do uso do solo: Formação Florestal; Silvicultura; Cana; Mosaico de Usos; Outras Áreas não Vegetadas (Figura 6). Para a zona de entorno do fragmento de Mata Atlântica da RVS Mata do Curado – PE, temos sete classes do uso do solo: Formação Floresta; Pastagem; Cana; Mosaico de Usos; Área Urbanizada, Outras Áreas não Vegetadas; Rio, Lago e Oceano (Figura 6).

Na zona de entorno do fragmento de Caatinga no MONA, Olho D'água do Casado- AL, encontramos quatro classes do uso do solo: Formação Savânica; Pastagem; Mosaico de Usos, Rio, Lago e Oceano (Figura 7). Na zona de entorno do fragmento de Caatinga na RPPN Morro da Torre, São José da Tapera- AL, encontramos quatro classes do uso do solo: Formação Savânica; Pastagem; Mosaico de Usos; Outras Lavouras Temporárias (Figura 7).

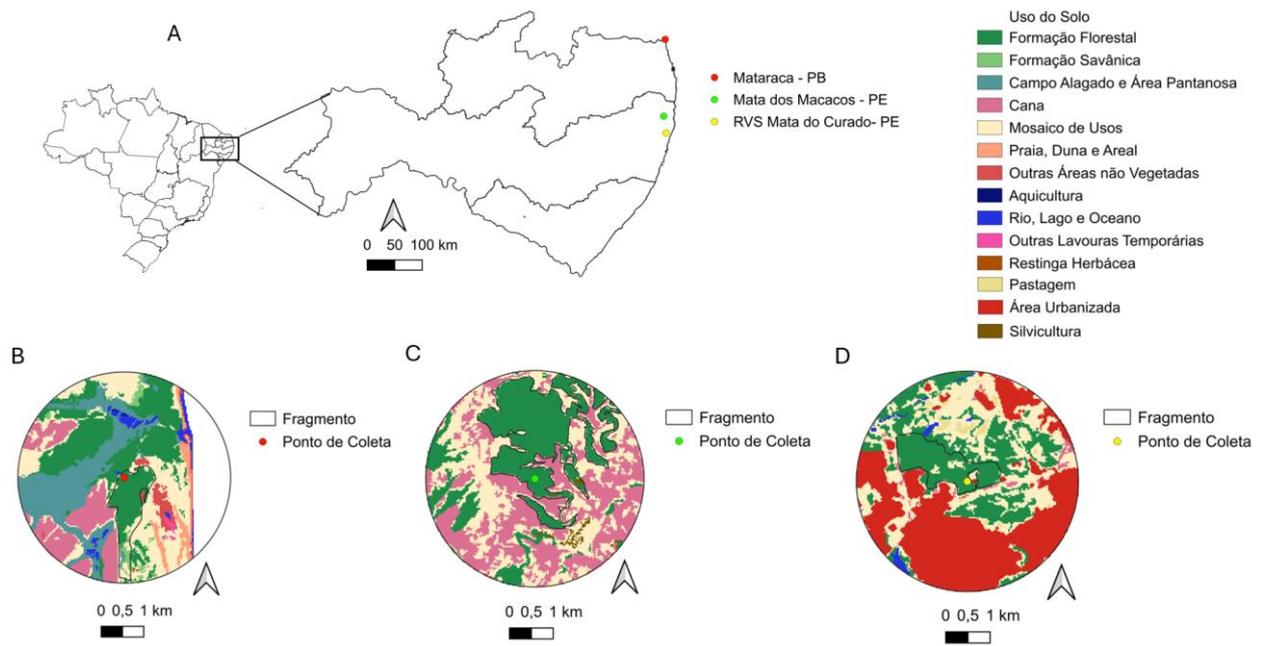


Figura 6. Mapa de cobertura e uso da terra para áreas de coleta. A) Mapa do Brasil com pontos de coleta nos fragmentos de Mata Atlântica nos Estados de Pernambuco e Paraíba no Nordeste do Brasil. Uso e cobertura do solo obtido para as áreas de estudo em fragmentos de Mata Atlântica: B) Mata da Cristal - Mataraca-PB; C) Mata dos Macacos, localizado na Usina São José em Igarassu-PE; D) RVS Mata do Curado, Recife-PE.

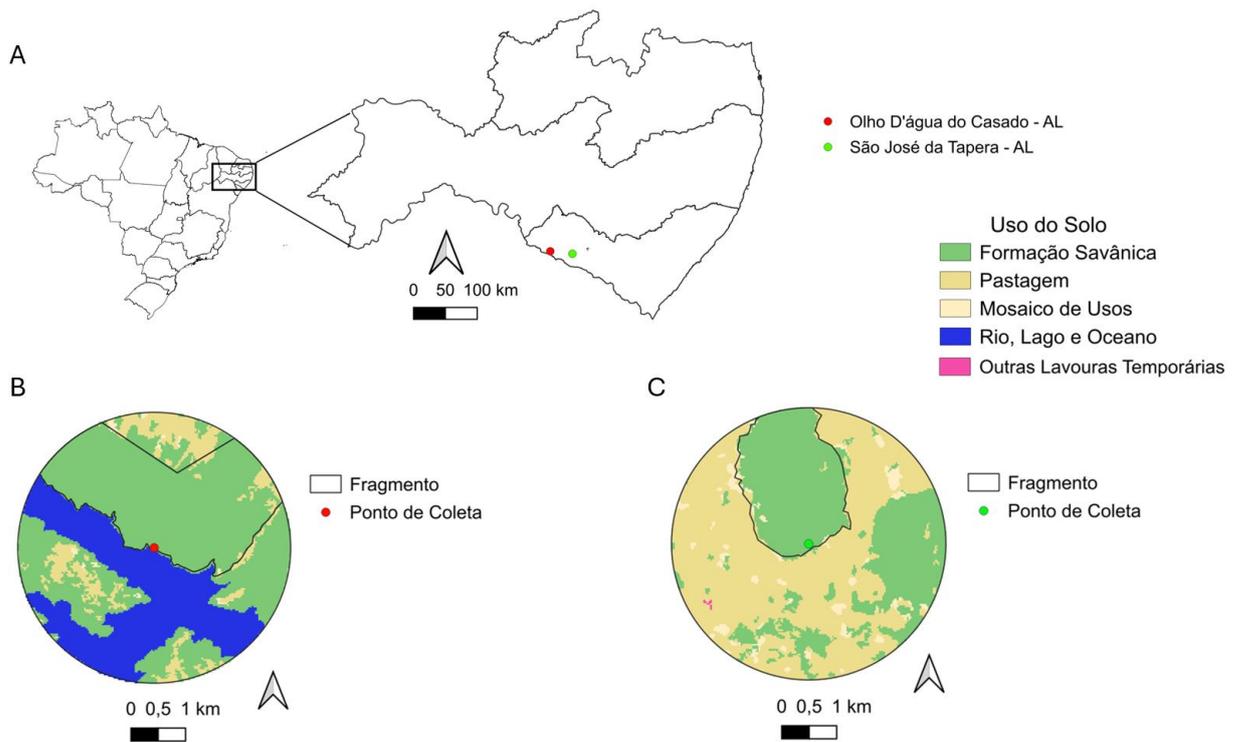


Figura 7. Mapa de cobertura e uso da terra para áreas de coleta. A) Mapa do Brasil com pontos de coleta nos fragmentos de Caatinga nos Estados de Alagoas no Nordeste do Brasil. Uso e cobertura do solo obtido para as áreas de estudo em fragmentos de Caatinga: B) MONA, Olho D'água do Casado – AL; C) RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL.

Na Tabela 3 estão descritas as áreas em hectares e a porcentagem do uso e ocupação do solo do fragmento de Mata Atlântica localizado na Mata da Tronox, Mataraca-PB. Neste fragmento, a maior área concentra na classe de agropecuária com 659.25 ha correspondendo a 38.36% da área total (Tabela 3). A classe floresta determinou 537.75 ha de área ocupando a segunda classe mais dominante e com 31.29% de ocupação da área, enquanto a classe de corpo d'água representou a classe com menor área de ocupação com 45.99 ha com apenas 2.75% de ocupação (Tabela 3).

Tabela 3. Área e porcentagem do uso e ocupação do solo do fragmento de Mata Atlântica localizado na Mata da Tronox, Mataraca-PB.

<b>Fragmento 1</b>	<b>Uso e Ocupação do Solo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
1. Floresta	1.1 Formação Florestal	501.48	29.18
	1.2 Formação Savânica	36.27	2.11
2 Formação Natural não Florestal	2.1 Campo Alagado e Área Pantanosa	362.16	21.07
	2.2 Restinga Herbácea	0.72	0.04
3 Agropecuária	3.2 Agricultura	233.46	13.58
	3.2.1 Cana		
	3.2. Agricultura	5.67	0.33
	3.2.2 Outras Lavouras Temporárias		
	3.3 Mosaico de Usos	420.12	24.44
4 Área não Vegetada	4.1 Praia, Duna e Areal	60.57	3.52
	4.2 Outras Áreas não Vegetadas	50.85	2.96
5 Corpo D'água	5.1 Rio, Lago e Oceano	45.99	2.68

	5.2 Aquicultura	1.35	0.08
Total	11 classes de usos e cobertura do solo	1718.64	100.00

Na Tabela 4 estão descritas as áreas em hectares e a porcentagem do uso e ocupação do solo do fragmento de Mata Atlântica localizado na RVS Mata do Curado, Recife-PE. Neste fragmento, a maior área concentra na classe de área não vegetada com 839.07 ha que corresponde a 42.67 % da área total (Tabela 4). A classe agropecuária determinou 590.94 ha de área ocupando a segunda classe mais dominante e representando cerca de 30% da área total, enquanto a classe floresta apresentou 515.07 ha com 26.20% de ocupação e a classe corpo d'água representou a menor área de ocupação com 21.15 ha e apenas 1.08% de ocupação da área (Tabela 4).

Tabela 4. Área e porcentagem do uso e ocupação do solo do fragmento de Mata Atlântica localizado na RVS Mata do Curado, Recife-PE.

<b>Fragmento 2</b>	<b>Uso e Ocupação do Solo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
1. Floresta	1.1 Formação Florestal	515.07	26.20
2 Agropecuária	2.1 Pastagem	28.26	1.44
	2.2. Agricultura	23.58	1.20
	2.2.1 Cana		
	2.3 Mosaico de Usos	539.1	27.42
3 Área não Vegetada	3.1 Outras Áreas não Vegetadas	7.47	0.38
	3.2. Área Urbanizada	831.6	42.29
4 Corpo D'água	4.1 Rio, Lago e Oceano	21.15	1.08
Total	7 classes de uso e ocupação do solo	1966.23	100.00

Na Tabela 5 estão descritas as áreas em hectares e a porcentagem do uso e ocupação do solo do fragmento de Caatinga localizado na RPPN Morro da Torre, São José da Tapera- AL. Neste fragmento, a maior área concentra na classe de agropecuária com 1180.62 ha, representando

cerca de 60% da área total e a classe floresta ocupou 785.25 ha sendo a classe menos dominante com quase 40% de ocupação da área (Tabela 5).

Tabela 5. Área e porcentagem do uso e ocupação do solo do fragmento de Caatinga localizado na RPPN Morro da Torre, São José da Tapera-AL.

<b>Fragmento 3</b>	<b>Uso e Ocupação do Solo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
1. Floresta	1.1 Formação Savânica	785.25	39.94
2 Agropecuária	2.1 Pastagem	1097.37	55.82
	2.2. Mosaico de Usos	82.26	4.18
	2.3 Outras Lavouras Temporárias	0.99	0.05
Total	4 classes de uso e ocupação do solo	1965.87	100.00

Na Tabela 6 estão descritas as áreas em hectares e a porcentagem do uso e ocupação do solo do fragmento de Caatinga localizado no MONA, Olho D'água do Casado-AL. Neste fragmento, a maior área corresponde a classe de floresta com 1172.16 ha representando 59.61% da área de ocupação (Tabela 6). A classe corpo d'água apresentou 575.91ha, ocupando a segunda classe mais dominante representando 29.29% da área de ocupação (Tabela 6). A classe de Agropecuária representou apenas 11.11% da área (Tabela 6).

Tabela 6. Área e porcentagem do uso e ocupação do solo do fragmento de Caatinga localizado no MONA, Olho D'água do Casado-AL.

<b>Fragmento 4</b>	<b>Uso e Ocupação do Solo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
1. Floresta	1.1 Formação Savânica	1172.16	59.61
2 Agropecuária	2.1 Pastagem	206.19	10.49
	2.2. Mosaico de Usos	12.24	0.62
3 Corpo D'água	3.1 Rio, Lago e Oceano	575.91	29.29

Total	4 classes de uso e ocupação do solo	1966.5	100.00
-------	-------------------------------------	--------	--------

Na Tabela 7 estão descritas as áreas em hectares e a porcentagem do uso e ocupação do solo do fragmento de Mata Atlântica localizado na Mata dos Macacos, Igarassu- PE. Neste fragmento, a maior área concentra na classe de agropecuária com 1350.63 ha, representando 68.25% da área total (Tabela 7). A classe floresta correspondeu a 627.57 ha, exibindo 31.71% da área total e a classe de área não vegetada representa apenas 0.03% da área total, sendo a classe menos dominante (Tabela 7).

Tabela 7. Área e porcentagem do uso e ocupação do solo do fragmento de Mata Atlântica localizado na Mata dos Macacos, Igarassu-PE

<b>Fragmento 5</b>	<b>Uso e Ocupação do Solo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
1. Floresta	1.1 Formação Florestal	627.57	31.71
2 Agropecuária	2.1 Agricultura	670.77	33.90
	2.1.1 Cana		
	2.2 Mosaico de Usos	662.22	33.47
	2.3 Silvicultura	17.64	0.89
3 Área não Vegetada	3.1 Outras Áreas não Vegetadas	0.63	0.03
Total	4 classes de uso e ocupação do solo	1978.83	100.00

### Referências Bibliográficas

MAPBIOMAS. MapBiomass General “Handbook” Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Collection 8., 2022. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/08/ATBD-Collection-8-v1.docx.pdf>

BEASOM, S. L., & HAUCKE, H. H. 1975. A Comparison of Four Distance Sampling Techniques in South Texas Live Oak Mottes. *Journal of Range Management*, 28(2): 142.

CURTIS, J. T., & MCINTOSH, R. P. 1950. The Interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology*, 31(3): 434–455.

SOUTO, A., BEZERRA, B. M., SCHIEL, N., & HUBER, L. 2007. Saltatory search in free-living *Callithrix jacchus*: environmental and age influences. *International Journal of Primatology*, 28(4): 881-893.

EOS – EARTH OBSERVING SYSTEM. NDVI FAQ: All you need to know about NDVI. 2019. Disponível em: <<https://eos.com/blog/ndvi-faq-all-you-need-to-know-about-ndvi/>>. Acesso em: 15/07/2021.

## **6 ANEXO 2. Espectrogramas de vocalizações dos primatas detectadas pelo monitoramento acústico passivo.**

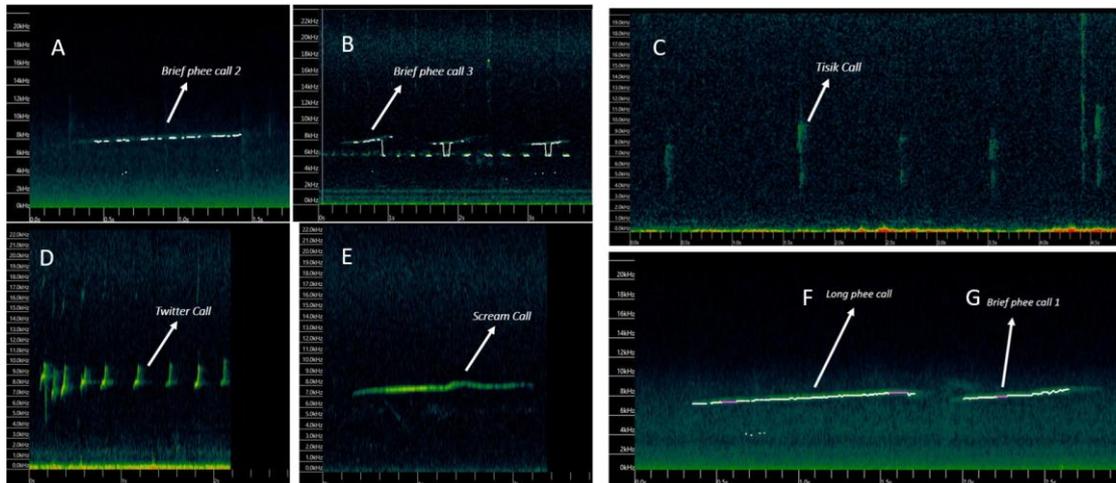
---

### **6.1 *Callithrix jacchus***



Foto: Bruna Bezerra.

Audioespectrogramas de vocalizações da espécie *Callithrix jacchus* obtidas por gravadores autônomos nos fragmentos de Mata Atlântica localizados na Mata da Tronox, Mataraca-PB, Mata dos Macacos, Igarassu-PE, RVS Mata do Curado, Recife-PE e nos fragmentos de Caatinga localizados na RPPN Morro da Torre, São José da Tapera -AL e MONA, Olho D'água do Casado -AL. A) Brief phee call 2; B) Brief phee call 3; C) Tisik Call; D) Twitter Call; E) Scream Call; F) Long phee call; G) Brief phee call 1.



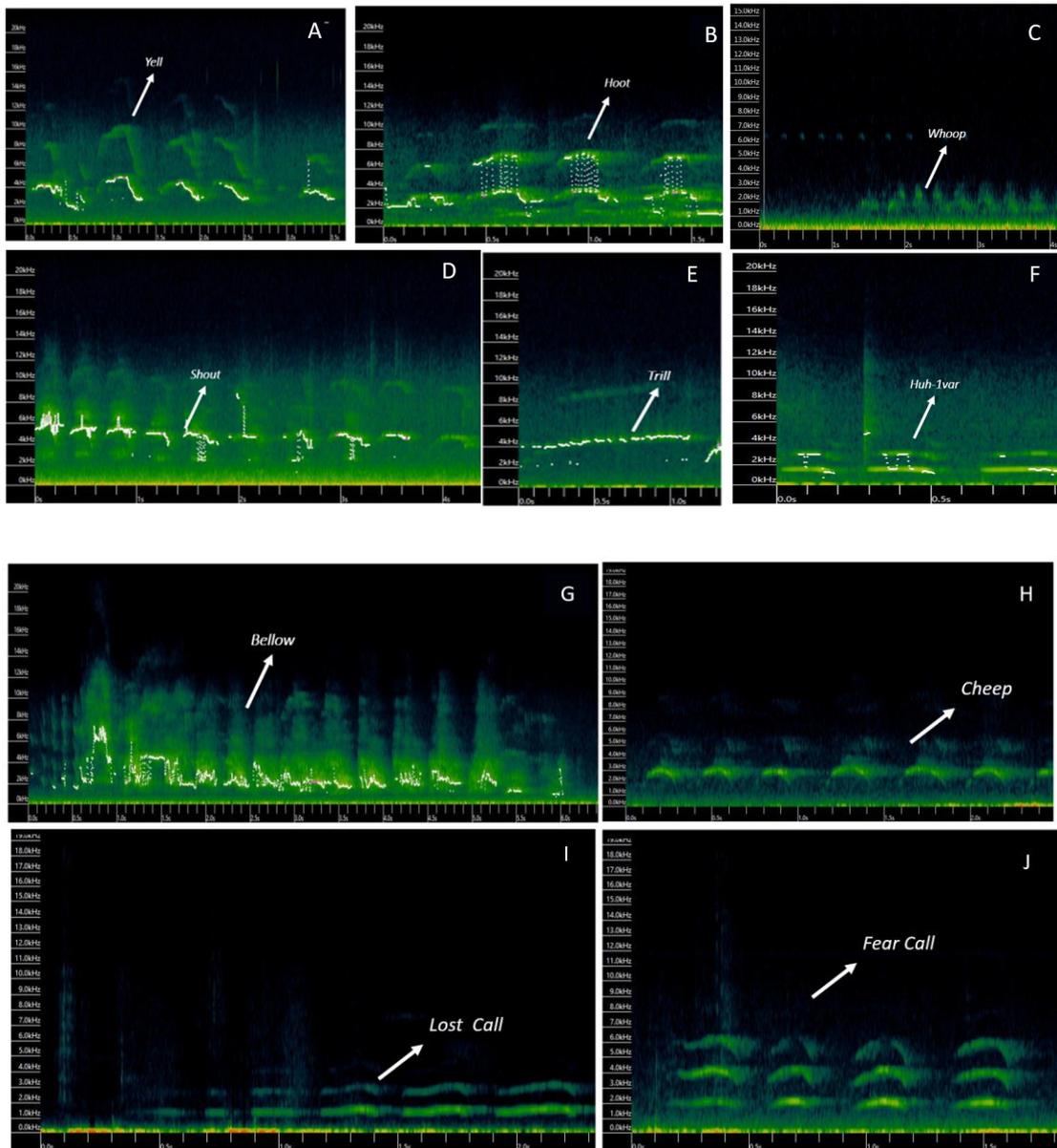
## 6.2 *Sapajus flavius*

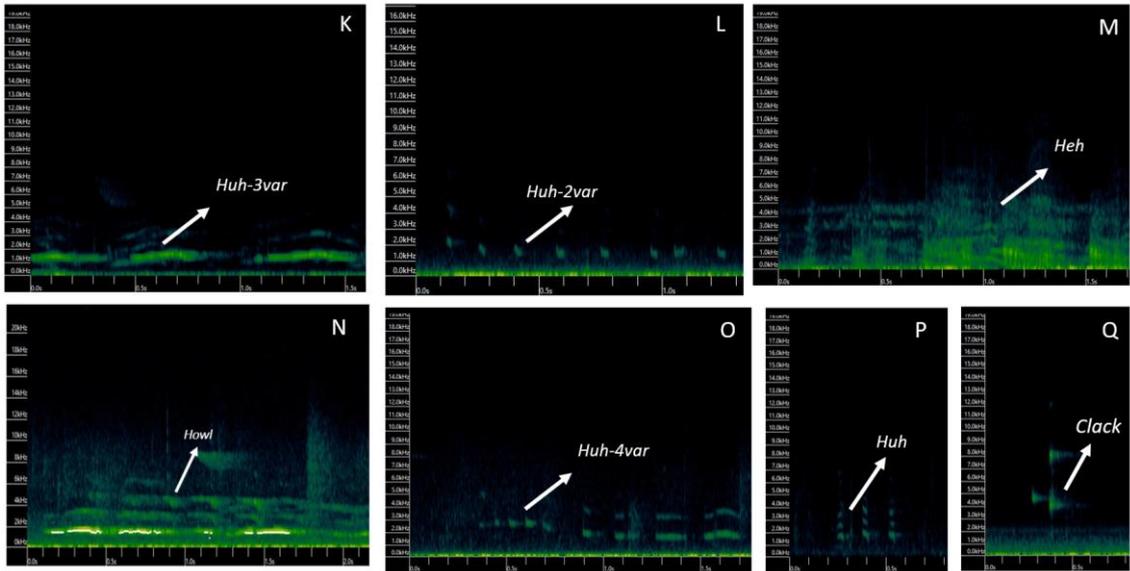


Foto: Severino Ramo

Audioespectrogramas de vocalizações da espécie *Sapajus flavius* obtidas por gravadores autônomos nos fragmentos de Mata Atlântica localizados na Mata da Tronox, Mataraca-PB, Mata dos Macacos, Igarassu-PE A) Yell; B) Hoot; C) Whoop; D) Shout; E) Trill; F) Huh-1var; G)

Bellow; H) Cheep; I) Lost Call; J) Fear Call; K) Huh-3var; L) Huh-2var; M) Heh; N) Howl; O) Huh-4var; P) Huh; Q) Clack.



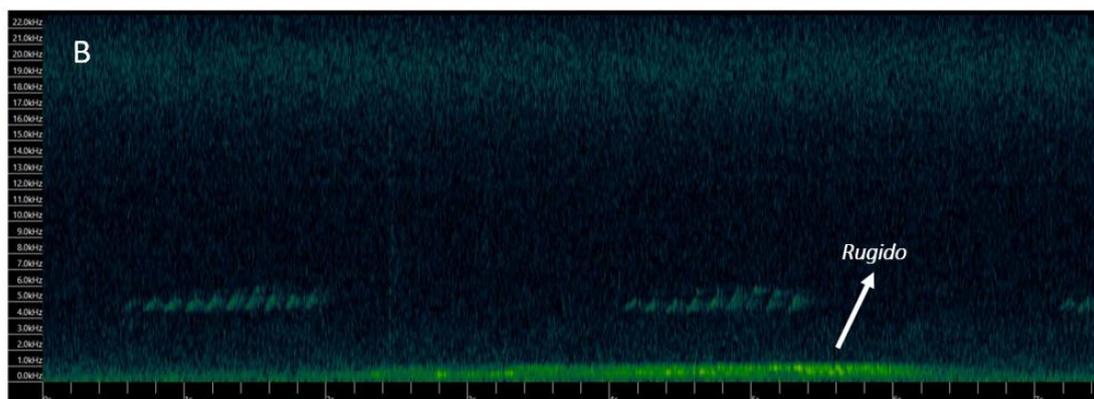
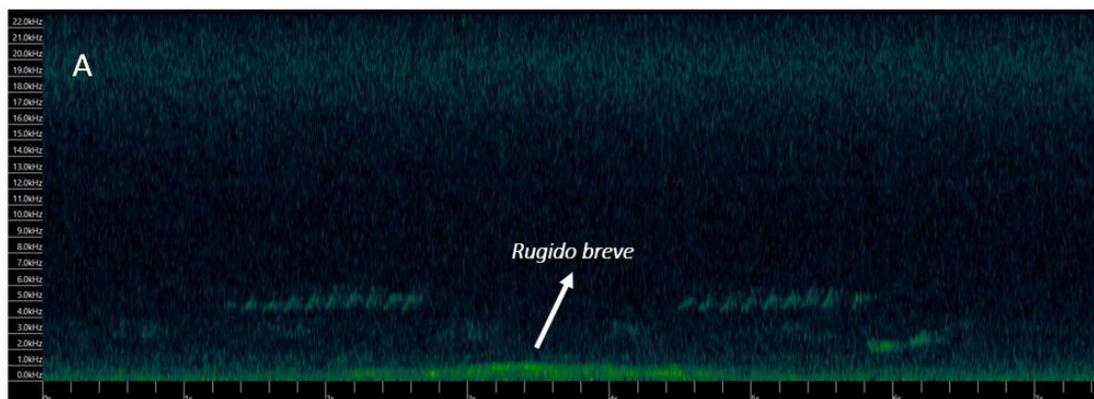


### 6.3 *Alouatta belzebul*



Foto: Julianne Silva

Audioespectrogramas de vocalizações da espécie *Alouatta belzebul* obtidas por gravadores autônomos no fragmento de Mata Atlântica localizado na Mata da Tronox, Mataraca-PB. A) Rugido breve; B) Rugido.



## 6.4 *Saimiri spp*



Foto: Anielise Campêlo.

Audioespectrogramas de vocalizações da espécie *Saimiri spp.* obtidas por gravadores autônomos no fragmento de Mata Atlântica localizado no RVS Mata do Curado-PE. A) Isolation peep; B) Ascending peep; C) Location Trill; D) Play Peep; E) Roman Chuck; F) Shout Peep.

