

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

MONIQUE BASTOS DE ARAÚJO

**BIOACÚSTICA, ECOLOGIA COMPORTAMENTAL E ASPECTOS DA BIOLOGIA
MOLECULAR DE *Sapajus flavius* (PRIMATES: CEBIDAE)**

**Recife
2018**

MONIQUE BASTOS DE ARAÚJO

**BIOACÚSTICA, ECOLOGIA COMPORTAMENTAL E ASPECTOS DA BIOLOGIA
MOLECULAR DE *Sapajus flavius* (PRIMATES: CEBIDAE)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Área de Concentração Centro de Biociências, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Doutora em Biologia Animal.

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

**Recife
2018**

Catálogo na fonte
Elaine C. Barroso (CRB 4/1728)

Araújo, Monique Bastos de

Bioacústica, ecologia comportamental e aspectos da biologia molecular de *Sapajus flavius* (Primates: Cebidae) / Monique Bastos de Araújo- 2018.

177 folhas: il., fig., tab.

Orientadora: Bruna Martins Bezerra

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. Recife, 2018.

Inclui referências e apêndices

1. Macaco-prego-galego 2. Animais- comportamento 3. Dieta I.
Bezerra, Bruna Martins (orient.) II. Título

599.8

CDD (22.ed.)

UFPE/CB-2018-411

MONIQUE BASTOS DE ARAÚJO

**BIOACÚSTICA, ECOLOGIA COMPORTAMENTAL E ASPECTOS DA BIOLOGIA
MOLECULAR DE *Sapajus flavius* (PRIMATES: CEBIDAE)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Área de Concentração Centro de Biociências, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Biologia Animal.

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

Aprovado em: 17/08/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Maria Adélia Borstelmann de Oliveira (Titular/Externo) – UFRPE

Prof^a. Dr^a Neide Santos (Titular/Externo) – UFPE

Prof. Dr. Artur Campos Dália Maia (Titular/Interno) – UFPE

Prof. Dr. João Lucas Leão Feitosa (Titular/Interno) – UFPE

Prof. Dr. Paulo Sérgio Martins de Carvalho (Titular/Interno) – UFPE

Prof^a. Dr^a. Maria Wilhelmina Barbosa de Oliveira Pill (Suplente/Externo) – UFPE

Prof. Dr. Diego Astúa de Moraes (Suplente/Interno) – UFPE

Dedico a tese para minha mãe, Maria das Neves
Bastos, meu porto seguro e minha luz.

AGRADECIMENTOS

Essa é a parte complicada para quem fala muito e tem muito para falar como eu. Porém, é quase impossível eu listar todos que contribuíram comigo de alguma forma nos últimos quatro intensos anos. Então, agradeço de forma coletiva aos que passaram pelos meus dias e contribuíram com meu desenvolvimento direta ou indiretamente. Sintam-se abraçados e recebam meu reconhecimento e meu muito obrigada. Ainda assim, eu necessito explicar alguns agradecimentos mais abaixo:

Agradeço a minha orientadora, Prof. Dra. Bruna Bezerra, pela influência direta no meu crescimento profissional, pela orientação, ensinamentos, amizade, confiança, críticas, paciência, elogios e incentivos. E como uma boa relação exige, pelas faíscas, lágrimas, brigas e ausência trocadas e distribuídas por todo longo período de convivência. Relacionamento é isso! Cocada, sabemos juntas o quanto esse doutorado foi planejado e o quanto foi difícil seguir com os planos iniciais devido a quantidade de coisas que aconteceram nesses anos em nossas vidas pessoais e profissionais. Eu apenas, mais uma vez, venho registrar a minha gratidão a você, com satisfação e todos os meus sentimentos. Ter certeza da reciprocidade de tudo que foi citado e vivido a cima nos fez quem somos hoje. Agradeço ao apoio, carinho e o amor especial que tenho da sua filha e de toda sua família, que são como uma família para mim também.

Agradeço a minha mãe, Maria das Neves, e aos meus irmãos, Leonardo e Gustavo Bastos, pelo apoio às minhas escolhas, por aceitarem e entender minhas ausências e me amarem cada vez mais. Por sempre estenderem as mãos e me ajudarem no meu trabalho quando precisei, sem medir esforços. Me desculpem por todos os estresses (sim, eu sei que fui chata várias vezes) e por minha falta em casa, o amor, a segurança e confiança que vocês depositam em mim, é o que me permite seguir sempre em frente e de cabeça erguida das minhas escolhas. Ao meu pai, Álvaro Araújo, a Juliane Gomes e Juliana Silva, pela força, torcida e carinho de sempre. E ao meu sobrinho e afilhado, Leozinho, por ser mais um dos motivos que me faz buscar sorrisos.

Agradeço ao meu noivo e melhor amigo, Joefferson Leite, pelo seu companheirismo, incentivo de todos os dias, pela paciência, atenção, carinho, amizade e principalmente pelo seu amor que sempre me fortalece. Por muitas vezes ficar sentado próximo a mim, me olhando trabalhar, e/ou ao telefone, quando eu não me encontrava tão próxima assim (i.e. em campo ou na Inglaterra), você estava sempre ali à postos para me dizer “fique tranquila, está tudo caminhando bem, vai dar certo”. Ainda que eu soubesse a distância e quantidade de passos que faltava para caminhar,

te ouvir sempre me confortou, sempre fez com que meu cansaço ficasse em segundo plano. A toda essa força e respeito que tens por mim e pelas minhas escolhas, obrigada. Sua companhia e comportamento me faz te amar cada dia mais.

Um agradecimento muito especial a Karolina Medeiros, uma grande amiga que o doutorado me proporcionou ter! Obrigada por todo apoio, confiança, disposição, contribuições, paciência, amizade, carinho e alegria que sempre demonstrou comigo. Desculpe meus momentos de estresse e de zoeira, as vezes em excesso, porém sempre acompanhado de muitas risadas conjuntas e saudáveis. Você me ajudou muito nessa etapa da minha vida e sou muito grata pela parceria formada em prol dos macacos. E sim, te dedico um parágrafo exclusivo de agradecimentos! Viu como és importante? Você é uma grande pesquisadora, tem um coração enorme, diversas qualidades e alguns defeitos (~~elato~~), um deles é o TOC (mas esse aprendemos a usá-lo em prol da ciência...KKKKK), sou feliz de ter você por perto Kalanguinha.

I would like to say thank you to Professor Gareth Jones for the opportunity to study at the University of Bristol, for the space in his laboratory and for the collaboration in all my research. I need to say thank you very much to Angelica Menchaca for all the lessons about molecular study techniques, for the time she dedicated to myself and for her patience. In addition, I wanted to say that I not only won research collaborators in Bristol, but also great friends for life. Thanks to all the friends that I made in Bristol, you were and are very special: Angelica, Ashley, Dora, Edith, Jennifer, Jeremy, Kate (Ju and Gê), Lis, Luis, Mike, Noriane, Parvathi, Penelope, Sandra (and baby Leo), Sarah and Will.

Agradeço aqueles que me ajudaram em campo e/ou nos laboratórios por diversas vezes: Anielise Campelo (~~Cabeça~~), Bárbara Moraes (~~Macaca~~), Breno Rafael, Camila Nascimento, Cinthya Cavalcanti (~~Amarola~~), Dijannah Machado, Emily Meier, Gabriel Guedes, Henrique Melo, Isabel Guedes, Jonathan Marques, João Pedro (~~Patatá~~), Julianne Moura, Karolina Medeiros, Lucas Lins, Moisés Thiago, Bandeira Júnior e Thays Juccá, valeu meu povo, vocês moram no meu coração. Em geral, agradeço a todos os integrantes e amigos do LabEt pelas suas diferenças e jeito único de ser, momentos de alegria e colaboração. Pessoal tenho um carinho especial por cada um que foi chegando e ocupando o laboratório antes tão vazio apenas comigo e Bruna. Nossas festas (momentos em que conseguimos reunir todos, ou quase todos) são sempre as mais divertidas e mais legais, obrigada pelo apoio. Ah, um abraço especial em Belize Costa, Paula Coutinho, Rebecca Umeed e Yuri Valença, que estavam sempre disponíveis, vocês me ajudaram muito com boas conversas e sorrisos, obrigada por tudo. À

Camila Bione, minha melhor metade, que sempre se mostrou energeticamente presente em corpo, alma e coração, bem como Miguel Almeida, Ralf Cordeiro e Sawana Borges, a torcida e apoio de vocês foram muito importante.

À Universidade Federal de Pernambuco e a Universidade de Bristol pela oportunidade de me qualificar em mais um curso para minha formação profissional. Ao professor Valdir Albino, do Laboratório de Genética Humana da UFPE, pela colaboração e ajuda. Aos professores, funcionários e colegas do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal (PPGBA) da Universidade Federal de Pernambuco, meu carinho pelo conhecimento passado, pelas conversas produtivas, ensinamentos, alegrias, atenção e oportunidades de aprendizado, seja com cursos, aulas e/ou bate-papos. Agradeço também aos meus amigos e colegas do PPGBA e de outros programas, todos me emanaram energias positivas nessa longa jornada.

Agradeço a FACEPE por financiar minha pesquisa durante quatro anos, a CAPES pela bolsa de doutorado sanduíche na Inglaterra, ao CNPq, a Margot Marsh Biodiversity Foundation, Rufford Small Conservation Grant e Mohamed bin Zayed Species Conservation Fund pelos subsídios que possibilitam as realizações dos trabalhos, sem estes eu não teria conseguido.

A Usina São José S/A, a Mineradora Cristal que permitiram nosso acesso e permanência para desenvolvimento dos trabalhos. Aos Srs. Geraldo Moraes, Virgílio Pinto, Rodrigo Costa, Severino Ramo, Ana Carolina Lins e Roberto Siqueira, que possibilitaram a realização dos trabalhos nas áreas. Obrigada aos guias de campo que sempre me ensinaram muito e me ajudaram bastante na busca dos animais. Agradeço especialmente a Lenilson Barbosa (“Seu Lenilson”) e João Maria (“Jhonny Mary”) pelos esforços e sorrisos junto comigo na mata. E aos meninos da Florativa que me auxiliavam no que podiam, sempre à disposição com sorriso no rosto.

Agradeço aos membros da banca pela disponibilidade e sugestões que vocês virão a me oferecer, serão de suma importância para meu crescimento profissional.

Encerro vocalizando meu agradecimento aos macacos-prego-galegos pela magia, alegria, comportamentos, generosidade, conversas, ensinamentos, pela inigualável companhia nos últimos dez anos, pela troca de olhares, interações, sintonia e por serem únicos. Depois do contato e convívio com vocês, eu me tornei uma pessoa melhor, tenho certeza disso. Desculpem a invasão e minha eterna gratidão por sempre me receberem tão bem.

“Os animais são todos iguais, mas uns são
mais iguais que os outros”

George Orwell

RESUMO

Estudos puramente comportamentais e ecológicos podem ser complementados com ferramentas moleculares para auxiliar a sanar lacunas no conhecimento sobre espécies prioritárias. O presente estudo se utilizou de um mosaico de metodologias para gerar conhecimentos sobre a ecologia comportamental e molecular de duas populações de macaco-prego-galego, *Sapajus flavius*, habitando os estados de Pernambuco e Paraíba, no Nordeste do Brasil. No capítulo um, através de análises espectrográficas das vocalizações de uma das populações habitando uma área de manguezal (i.e. Paraíba), foi possível aferir o padrão comportamental da espécie sem o contato visual com a mesma. O conhecimento prévio sobre o repertório vocal da espécie foi crucial para tal feito. Verificamos que o manguezal é utilizado pela espécie com maior frequência para alimentação. No capítulo dois, verificamos através de experimentos de playback dos sons que as interações do macaco-prego-galego com o primata simpátrico sagui comum, *Callithrix jacchus*, são mediadas por vocalizações. Essas espécies usam a mesma área de vida de maneira coordenada temporalmente, sendo vocalizações cruciais para tal coordenação. O sagui-comum apresentou comportamentos anti-predatórios para as vocalizações emitidas naturalmente e experimentalmente do macaco-prego-galego, sugerindo que este último possa ser um potencial predador do sagui comum. Por outro lado, macacos-prego-galego mostraram-se indiferentes às vocalizações do sagui-comum. Ambos apresentaram comportamentos neofóbicos ao ouvir vocalizações de um primata de médio porte (i.e. *Cacajao melanocephalus*) que não ocorre na área de estudo. Como um subproduto dos experimentos de playback e observações, ocorreu um aumento no repertório vocal de ambas espécies. No capítulo três, a dieta da espécie foi detalhada através de uma combinação de revisão de literatura e análises fecais, aumentando consideravelmente o conhecimento sobre tal aspecto da biologia da espécie (nos dados do presente estudo, 58% dos itens descritos foram novos pra espécie). Constatamos mais de 200 itens na dieta da espécie, números acima da média para o gênero *Sapajus*. Plantas exóticas foram as mais representativas da dieta. A pluviosidade não influenciou a oferta de recursos nem a quantidade de itens consumidos pelos macacos-prego-galego. Constatamos ainda que um conjunto de variáveis ambientais considerados neste estudo (i.e. Tamanho do fragmento, pluviosidade e temperatura) não explicou o padrão de variáveis biológicas conhecido para a espécie (i.e. tamanho populacional, quantidade de recursos de origem animal e vegetal na dieta). Por fim, o capítulo quatro mostra que é possível distinguir confiantemente populações de macaco-prego-galego utilizando técnicas não-invasivas de genética e de bioacústica. Através da análise molecular das fezes e de análise espectrográfica

da estrutura física de vocalizações do macaco-prego-galego, foi possível diferenciar e caracterizar as populações de macaco-prego-galego investigadas. O DNA extraídos das fezes do macaco-prego-galego proporcionou ainda o teste de marcadores microsatélites já utilizados para espécie do gênero, resultando na transferibilidade de 16. A genotipagem revelou um elevado nível de homozigotos e endogamia nas populações, sugerindo que estas não apresentam equilíbrio de Hardy-Weinberg. Os resultados apresentados nesta tese sanaram uma série de lacunas no conhecimento da espécie e geraram modelos de metodologias não-invasivas que poderão ser usadas com sucesso em ações de manejo e conservação da espécie.

Palavra-chave: Macaco-prego-galego. Vocalização. Manguezal. Playback. Dieta. Genética.

ABSTRACT

Behavioural and ecological studies can be complemented with molecular tools to help fill gaps in the knowledge about priority species. The present study used a mosaic of methodologies to generate knowledge about the behavioural and molecular ecology of two blonde capuchin monkey populations inhabiting the states of Pernambuco and Paraíba, in the North-eastern of Brazil. In chapter one, through spectrographic analyses of the vocalizations the population inhabiting a mangrove area (i.e. Paraíba), it was possible to obtain the behavioral pattern of the species without visual contact with it. Previous knowledge about the vocal repertoire of the species was crucial to this achievement. We verified that the mangrove is used by the blonde-capuchins more frequently for feeding. In chapter two, we verified through experiments of playback that the interactions of the blonde capuchins with the sympatric common marmoset, *Callithrix jacchus*, are mediated by vocalizations. These species used the same area temporally coordinated, with vocalisation being crucial for such coordination. The common marmoset presented anti-predatory behaviours when in contact with natural and experimental vocalizations of the blonde capuchins suggesting that the latter may play a role in predatory events of the common marmoset. On the other hand, blonde capuchins have been indifferent to the vocalizations of the common marmoset. Both species presented neophobic behaviours in response to vocalizations of a medium-sized primate (i.e. *Cacajao melanocephalus*) which does not occur in the study area. During the playback experiments, it was also possible to increase the vocal repertoire of both species. In chapter three, the diet of the species was detailed through a combination of literature review, direct ecological observations and fecal analyses, greatly increasing the knowledge about such aspect of the species biology. We found more than 200 items in the diet, numbers above average for the *Sapajus* genus. Exotic plants were the most representative in the diet. Rainfall did not influence the availability of resources and the number of items consumed by blonde capuchins. We also found that a set of environmental variables considered in this study (i.e. fragment size, rainfall and temperature) did not explain the known biological pattern of blonde capuchins (i.e. population size, animal and plant items in the diet). Finally, chapter four shows that it is possible to distinguish reliably between blonde capuchins populations using genetics and bioacoustics non-invasive techniques. Molecular analysis of the feces and spectrographic analysis of the physical structure of blonde capuchins vocalizations, it was possible to distinguish between the populations investigated. The DNA extracted from the feces of the blonde capuchins also provided the opportunity to test microsatellites markers already used for species of the genus, resulting in the transferability of 16 of these. Genotyping

revealed a high level of homozygotes and inbreeding in the populations, suggesting that these do not present equilibrium of Hardy-Weinberg. The results presented in this thesis solved a series of gaps in the knowledge of the species and generated models of non-invasive methodologies that could be successfully used in management and conservation actions of the species.

Key words: Blonde capuchin monkey. Vocalisation. Mangrove. Playback. Diet. Genetic.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

REFERENCIAL TEÓRICO

- Figura 1-** Quantidade dos trabalhos publicados em diferentes categorias, com foco na espécie *Sapajus flavius*, macaco-prego-galego, e distribuídos por ano de publicação. Tese = tese de doutorado; TCC = trabalho de conclusão de curso; Resumo = resumos em congresso; Documento = documentos oficiais do governo brasileiro; Dissertação = dissertação de mestrado; Artigo = artigo publicado em periódico.20
- Figura 2-** (A) Foto original da capa do livro *Historiae Naturalis Brasiliae* que se encontra em exposição no Instituto Ricardo Brennand, Recife, Pernambuco, Brasil. (B) Cópia do livro original encontrada no acervo do Instituto Ricardo Brennand, Recife, Pernambuco, cuja consulta é permitida. (C) Versão do livro *Historiae Naturalis Brasiliae* em português, disponível para consulta no acervo da Biblioteca do Instituto Ricardo Brennand, Recife, Pernambuco. (Fotos: Monique Bastos)21
- Figura 3-** Caracteres físicos descritos por Marcgrave (1648) para o macaco-prego-galego mostradas no livro *Historiae Naturalis Brasiliae*. (A) Versão original em alemão. (B) Versão traduzida para português. Tais livros estão disponíveis para consulta no acervo da Biblioteca do Instituto Ricardo Brennand, Recife, Pernambuco, Brasil. (Fotos: Monique Bastos).22
- Figura 4-** Imagem da pintura em aquarela do primata semelhante a descrição feita por Marcgrave (1648). A foto é localizada na reedição do livro *Libri Principis*, publicado pela editora INDEX em 1995, que fez uma compilação das imagens encontradas no documento original que pertenceu ao Conde Maurício de Nassau e hoje encontra-se depositado no acervo da biblioteca do Instituto Ricardo Brennand, no Recife, Pernambuco, Brasil. (Foto: Monique Bastos).22
- Figura 5-** Imagens de sub-adultos de macaco-prego-galego (*Sapajus flavius*) a esquerda e do macaco-prego-da-caatinga (*Sapajus libidinosus*) a direita, mostrando a relativa semelhança na morfologia externa entre as duas espécies. (Fotos: Monique Bastos).24
- Figura 6-** Exemplar de um crânio de *Sapajus flavius*, localizado no acervo do Museu Guaju de Educação Ambiental na Mineradora Cristal, Paraíba, Brasil. À direita um indivíduo macho adulto da espécie utilizando os dentes para raspar a polpa de um fruto rígido (Fotos: Monique Bastos).26
- Figura 7-** Dimorfismo sexual em macacos-prego-galegos, *Sapajus flavius*, adultos. A imagem mostra três machos (♂) e três fêmeas (♀) viventes em um fragmento de Mata Atlântica na Paraíba. (Foto: Monique Bastos).27

Figura 8- Barbela abaixo do pescoço de um macho adulto de macaco-prego-galego, <i>Sapajus flavius</i> , característica fenotípica apenas encontradas dos machos da espécie. (Foto: Monique Bastos).	28
--	----

CAPÍTULO I: Use of mangrove habitats by *Sapajus flavius* assessed by vocalisation surveys

Figure 1- Spectrogram showing two different call types of the blonde capuchins, <i>Sapajus flavius</i> . Each acoustic signal was counted in the spectrograms. For instance, in the depicted spectrogram above, we counted 2 calls (<i>Trill</i> call on left and <i>Sleck</i> call on the right).	35
Figure 2- Preliminary vocal pattern of the blonde capuchins, <i>Sapajus flavius</i> , in mangrove habitat.	37
Figure 3- Inferred behavioural context of the blonde capuchins, <i>Sapajus flavius</i> , calls in mangrove habitat.	38

CAPÍTULO II- Small but wise: common marmosets (*Callithrix jacchus*) use acoustic signals as cues to avoid interactions with blonde capuchin monkeys (*Sapajus flavius*)

Figure 1- Spectrograms of the playback stimuli. Alarm and long distance calls of blonde capuchin monkeys, respectively: (A) <i>Popped</i> and (C) <i>Houh</i> ; Alarm and long distance calls of common marmosets, respectively: (B) Alarm 2 and (D) <i>Phee</i> ; Control stimuli: (E) <i>Tchó</i> call from allopatric golden backed uakaris, <i>Cacajao melanocephalus</i> and (F) forest background noise (FFT size = 1024, threshold = 10, and Hann window).	51
Figure 2- Camouflaged tent where observations were conducted during the playback experiments. The circle shows the position of the camouflaged loudspeaker at 2.5 high, whereas the arrows point to the observers' windows where video cameras and the microphone were placed to record each trial.	53
Figure 3- Behavioral responses to playback stimuli. A) Anti-predator response; B) Expected responses; BN = Background Noise.	56

CAPÍTULO III: O que tem no cardápio? O papel de plantas exóticas, disponibilidade de alimentos e variáveis ambientais sobre a dieta do macaco-prego-galego, *Sapajus flavius*

Figura 1- Precipitação e temperatura média entre setembro de 2010 e dezembro 2016 no fragmento de Mata Atlântica pertencente ao município de Mataraca-PB, onde o presente estudo foi realizado.	71
---	----

Figura 2- Sementes obtidas das fezes de macaco-prego-galego habitando o fragmento de mata Atlântica pertencente ao município de Mataraca-PB, Brasil. A barra de escala representa 1 cm no papel milimetrado de fundo. As medidas de altura, largura, espessura e massa das sementes estão detalhadas na tabela 2.....	91
Figura 3- Gráfico de diferenciação representativo de 20 morfotipos de sementes considerados na análise PERMANOVA.	92
Figura 4- Espécies chave da dieta do macaco-prego-galego, mostrando também o período de frutificação dos espécimes usados no estudo fenológico e consumo dos itens chave na área de estudo.....	94
Figura 5- Fenofases de frutificação considerando as 76 espécies de plantas frutíferas encontradas no fragmento de Mata Atlântica pertencente ao município de Mataraca na Paraíba durante 12 meses.	95
Figura 6- Relação entre pluviosidade (mm) e itens da dieta do macaco-prego-galego. (a) Correlação entre pluviosidade e a disponibilidade de frutos; (b) Correlação entre pluviosidade e quantidade de itens alimentares consumidos considerando os dados de observações direta (OD) e (c) Correlação entre pluviosidade e quantidade de itens alimentares consumidos considerando os dados de análise fecal.	96
Figura 7- Relação entre disponibilidade de frutos e itens alimentares consumidos, considerando dados de dieta por observação direta (a) e análise fecal dos itens consumidos (b).....	97

CAPÍTULO IV: Diferenças genéticas e de estrutura de vocalização entre duas populações isoladas do Criticamente Ameaçado macaco-prego-galego, *Sapajus flavius*, no Nordeste do Brasil.

Figura 1- Mapa representativo da localização das duas populações em estudo no Nordeste do Brasil. O triângulo negro referente ao fragmento de Mata Atlântica da População A, localizado no município de Mataraca, estado da Paraíba. O triângulo branco representa o fragmento da população B localizado no município de Igarassu, estado de Pernambuco.	116
Figura 2- Ilustração dos dezesseis marcadores microssatélites que amplificaram neste estudo com suas respectivas fluorescências, agrupados de acordo com a temperatura de amplificação e a faixa de tamanho do alelo.	124
Figura 3- Representação gráfica dos dois grupos geneticamente distintos.	132
Figura 4- Espectrogramas da vocalização Huh-1var da População A (A) e da População B (B).	133

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I- Use of mangrove habitats by *Sapajus flavius* assessed by vocalisation surveys

Table 1- Vocal repertoire of blonde capuchins, <i>Sapajus flavius</i> . Full descriptions of the calls can be found in Bastos et al. (2015).	36
---	----

CAPÍTULO II- Small but wise: common marmosets (*Callithrix jacchus*) use acoustic signals as cues to avoid interactions with blonde capuchin monkeys (*Sapajus flavius*)

Table 1- Expected responses to the acoustic stimuli.	48
Table 2- Rate of encounters of the study species throughout the day.	55
Table 3- Call rate before and after stimuli were broadcasted for both blonde capuchin monkeys (<i>Sapajus flavius</i>) and common marmosets (<i>Callithrix jacchus</i>) in a forest fragment in Northeastern Brazil. Wilcoxon tests.....	57

CAPÍTULO III- O que tem no cardápio? O papel de plantas exóticas, disponibilidade de alimentos e variáveis ambientais sobre a dieta do macaco-prego-galego, *Sapajus flavius*

Tabela 1- Itens alimentares compoendo a dieta de macacos-prego-galegos distribuídos em cinco fragmentos de Mata Atlântica.....	76
Tabela 2- Caracterização dos 47 morfotipos de sementes encontrados nas fezes dos macacos-prego-galegos na área de estudo. Valores são apresentados como média $\pm$ erro padrão.	89
Tabela 3- Variáveis ambientais e biológicas relacionadas às cinco populações de macaco-prego-galego com dieta investigada em suas respectivas áreas de ocorrência.....	99
Tabela 4- Correlação Kendall's Tau-B (τ_b) entre variáveis ambientais e biológicas do macaco-prego-galego.	100
Tabela 5- Análise BEST mostrando que o padrão das variáveis biológicas consideradas para o macaco-prego-galego (i.e. tamanho da população, quantidade de itens vegetais, animais e totais da dieta do macaco-prego-galego), não são explicáveis pelas variáveis individuais ou em conjunto.	100

CAPÍTULO IV- Diferenças genéticas e de estrutura de vocalização entre duas populações isoladas do Criticamente Ameaçado macaco-prego-galego, *Sapajus flavius*, no Nordeste do Brasil

Tabela 1- Sequência de marcadores utilizados, detalhando seus motivos, fluorocromo, temperatura de amplificação (T_a (°C)), tamanho dos alelos e a multiplex que os primers foram sequenciados.....	122
Tabela 2- Características das variabilidades genéticas das Populações A e B localizadas em fragmentos de mata Atlântica nos municípios de Mataraca (Paraíba) e Igarassu (Pernambuco) no Nordeste do Brasil. K = número de alelos; N = número de indivíduos; H_{obs} = heterogozidade observada; H_{esp} = heterogozidade esperada; PIC = Conteúdo de informação Polimórfica; HWE = equilíbrio de Hardy-Weinberg; $F(null)$ = frequência de alelos nulos; F_{is} = Coeficiente de endogamia; Het = número de heterozigotos; Hom = Número de homozigotos; e NC = não calculado.....	125
Tabela 3- Frequência alélica de cada locus para a População A, localizado em um fragmento de Mata Atlântica no município de Mataraca, estado da Paraíba, Nordeste do Brasil.....	127
Tabela 4- Frequência alélica de cada locus para a População B localizado em um fragmento de Mata Atlântica no município de Igarassu no Nordeste do Brasil.	130
Tabela 5- Análise Molecular de Variância (AMOVA) para as duas populações isoladas de macacos-prego-galegos investigadas em fragmentos de Mata Atlântica no Nordeste do Brasil.	132
Tabela 6- Caracterização dos parâmetros físicos dos chamados de alimentação Huh-1var (média $\pm$ erro padrão) emitidos pelas duas populações de macacos-prego-galegos consideradas no presente estudo, vivendo em fragmento de Mata Atlântica pertencentes aos municípios de Mataraca (estado da Paraíba, População A) e de Igarassu (estado de Pernambuco, População B) no Nordeste do Brasil.	134

SUMÁRIO

1	REFERENCIAL TEÓRICO	19
1.1	HISTÓRICO E REDESCOBERTA	20
1.2	ASPECTOS DA ECOLOGIA GERAL E CONSERVAÇÃO.....	24
1.3	GENÉTICA E ANÁLISES CLÍNICAS	29
2	OBJETIVOS	31
2.1	OBJETIVO GERAL	31
2.2	OBJETIVOS ESPÉCIFICOS	31
3	USE OF MANGROVE HABITATS BY <i>Sapajus flavius</i> ASSESSED BY VOCALISATION SURVEYS	32
4	SMALL BUT WISE: COMMON MARMOSETS (<i>Callithrix jacchus</i>) USE ACOUSTIC SIGNALS AS CUES TO AVOID INTERACTIONS WITH BLONDE CAPUCHIN MONKEYS (<i>Sapajus flavius</i>)	43
5	O QUE TEM NO CARDÁPIO? O PAPEL DE PLANTAS EXÓTICAS, DA DISPONIBILIDADE DE ALIMENTOS E DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS SOBRE A DIETA DO MACACO-PREGO-GALEGO, <i>Sapajus flavius</i>	66
6	DIFERENÇAS GENÉTICAS E DE ESTRUTURA DE VOCALIZAÇÃO ENTRE DUAS POPULAÇÕES ISOLADAS DO CRITICAMENTE AMEAÇADO MACACO-PREGO-GALEGO, <i>Sapajus flavius</i>, NO NORDESTE DO BRASIL	112
7	CONCLUSÕES GERAIS	147
	REFERÊNCIAS	150
	APÊNDICE A	155
	APPENDIX B.....	167
	APPENDIX C.....	168
	APPENDIX D.....	168
	APPENDIX E	169
	APPENDIX F	171
	APPENDIX G	173
	APPENDIX H	174
	APPENDIX I.....	175
	APPENDIX J	176
	APPENDIX K	177

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Este referencial visa sumarizar o conhecimento atual sobre a espécie *Sapajus flavius*, macaco-prego-galego, mostrar os esforços de pesquisa e lacunas sendo sanadas no conhecimento sobre a mesma. Para tanto, uma compilação de trabalhos sobre a espécie foi realizada a partir de consultas em plataformas *on line* de busca (i.e. Google scholar, web of Science, portal de teses e dissertações da capes, cv lattes de pesquisadores da espécie), consideradas publicações até junho de 2018. Examinou-se artigos, capítulos de livro, teses de doutorado, dissertações de mestrado, monografias ou trabalhos de conclusão de curso de graduação (TCCs) e de especialização e resumos de congresso que envolvessem como foco o macaco-prego-galego. Um total de 97 trabalhos (Apêndice A) foi-se levantado através desta busca, sendo uma tese de doutorado, 14 dissertações de mestrado, oito TCCs, um capítulo de livro, 23 artigos publicados em periódicos, sete documentos oficiais relacionados com políticas públicas do governo brasileiro e 43 resumos de congresso (nacional e internacional).

O ano de 2015 foi o ano de maior quantidade de publicações (Figura 1). Esse fato poderia estar associado à divulgação mais a fundo da situação crítica que o macaco-prego-galego se encontrava, entre os anos 2010-2012, onde este era listado como um dos 25 primatas mais ameaçados do mundo (Mittermeier et al., 2012). Nesse período, a espécie era considerada como Criticamente Ameaçada nas listas internacional (da *International Union for Conservation of Nature* - IUCN) e nacional (do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio) de espécies ameaçadas de extinção. Também a atenção de vários pesquisadores no país voltou-se a espécie, aumentando consideravelmente os esforços direcionados para pesquisa, conservação e manejo da mesma, o que pode ter resultado em um acréscimo considerável de publicações em 2015 para fomentar políticas em prol da conservação dos macacos-prego-galegos. Em 2010, sob a coordenação do CPB (Centro de Primatas Brasileiros), diversas instituições governamentais, não-governamentais e privadas se uniram para formular diretrizes de pesquisa e conservação através da elaboração de um Plano de Ação Nacional voltado para a conservação do macaco-prego-galego.

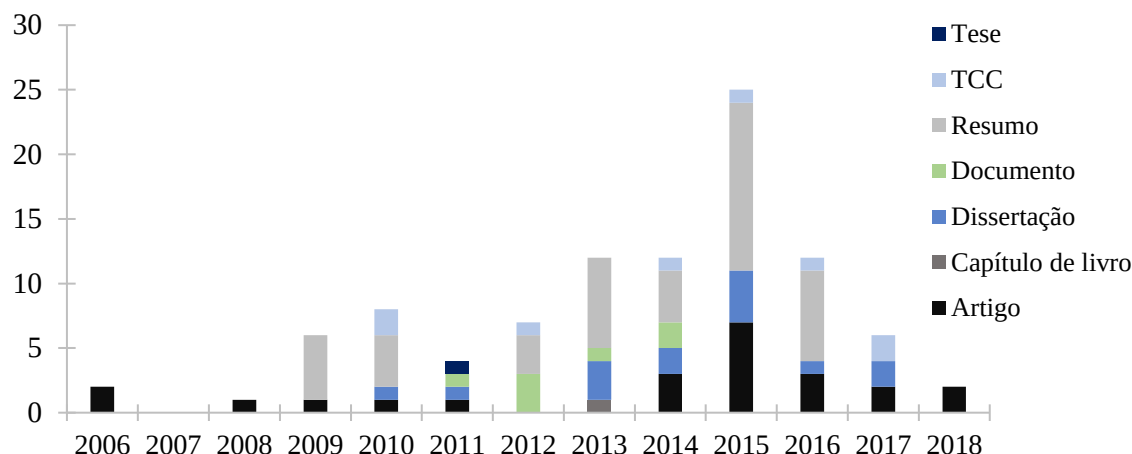


Figura 1- Quantidade dos trabalhos publicados em diferentes categorias, com foco na espécie *Sapajus flavius*, macaco-prego-galego, e distribuídos por ano de publicação. Tese = tese de doutorado; TCC = trabalho de conclusão de curso; Resumo = resumos em congresso; Documento = documentos oficiais do governo brasileiro; Dissertação = dissertação de mestrado; Artigo = artigo publicado em periódico.

Atualmente os macacos-prego-galegos encontram-se classificados como “Críticamente Ameaçados” pela “Red List” da IUCN (Oliveira et al., 2015) e “Em Perigo” de acordo com a “Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção” (Brasil/MMA 2014). Ela é uma das seis espécies-alvo de primatas que integra a segunda fase do Plano de Ação Nacional para a Conservação de Primatas Ameaçados no Nordeste Brasileiro, junto com *Alouatta belzebul* (guariba-de-mãos-ruivas), *Callicebus barbarabrownae* (Guigó), *Callicebus coimbrai* (Guigó-de-coimbra-filho), *Sapajus xanthosternos* (macaco-prego-do-peito-amarelo) e *Alouatta ullulata* (guariba-da-caatinga) (ICMBio, 2011; Portaria nº 242, de 26 de março de 2018). Esses primatas sofrem desde o período colonial no Brasil com ações antrópicas negativas, tais como a perda e fragmentação do habitat em prol de desenvolvimento costeiro e plantação de monocultivos (e.g. cana-de-açúcar), caças, atropelamentos nas estradas que cortam os fragmentos, tráfico ilegal de animais para fornecimento à colecionadores e também pessoas menos esclarecidas e domesticação (Santos, 2010; Valença-Montenegro, 2011; ICMBio 2011; Mittermeier et al. 2012; Fialho et al., 2014).

HISTÓRICO E REDESCOBERTA

Em 1648, Georg Marcgrave, um naturalista alemão, foi o primeiro a publicar descrições de fauna e flora do nordeste brasileiro (Oliveira e Langguth, 2006). Em seus escritos, Marcgrave tratou inicialmente os macacos-prego-galegos por “caitaia”, descrevendo suas características morfológicas no livro *Historiae Naturalis Brasiliae* (Figura 2, 3). Os registros apontam que

além da primeira descrição por Marcgrave (Figura 4), outro fator ressalta a existência desses macacos durante a mesma época (i.e. Figura 4). Uma pintura semelhante foi identificada em um dos livros que foram levados de Pernambuco à Holanda, entre 1637 e 1644, cujo conteúdo eram pinturas e desenhos da fauna Brasileira (Oliveira e Langguth, 2006). A autoria dessa pintura é incerta até hoje, mas há suspeitas que os autores sejam Marcgrave, Zacharias Wagener ou Albert Eckhout. Esses livros eram chamados de “Manuais” ou “*Libri Principis*” (Figura 4).

Em 2010, Masseti e Verassini, relataram o histórico de uma imagem datada de 1520, denominada “Tibuto a Cesare” do italiano Andrea del Sarto, que também mostram indivíduos com características semelhantes ao macaco-prego-galego. Na pintura, macacos de pelagem amarela estavam amarrados e sobre o ombro de um homem. Essa imagem é datada de pouco depois do descobrimento oficial do Brasil pelos Portugueses, confirmando os indícios que os macacos-prego-galegos tenham sido uma das primeiras espécies de primatas neotropicais a serem levados à Europa (Masetti e Verassini, 2010). Naquele período, ter um macaco era associado à um alto status social (Masetti e Verassini, 2010). É comum em museus europeus encontrar artefatos da época com imagens de macacos pintadas, ressaltando a “fama” que tinham esses animais e o quanto já aparentavam ter uma imagem explorada.



Figura 2- (A) Foto original da capa do livro *Historiae Naturalis Brasiliae* que se encontra em exposição no Instituto Ricardo Brennand, Recife, Pernambuco, Brasil. (B) Cópia do livro original encontrada no acervo do Instituto Ricardo Brennand, Recife, Pernambuco, cuja consulta é permitida. (C) Versão do livro *Historiae Naturalis Brasiliae* em português, disponível para consulta no acervo da Biblioteca do Instituto Ricardo Brennand, Recife, Pernambuco. (Fotos: Monique Bastos)

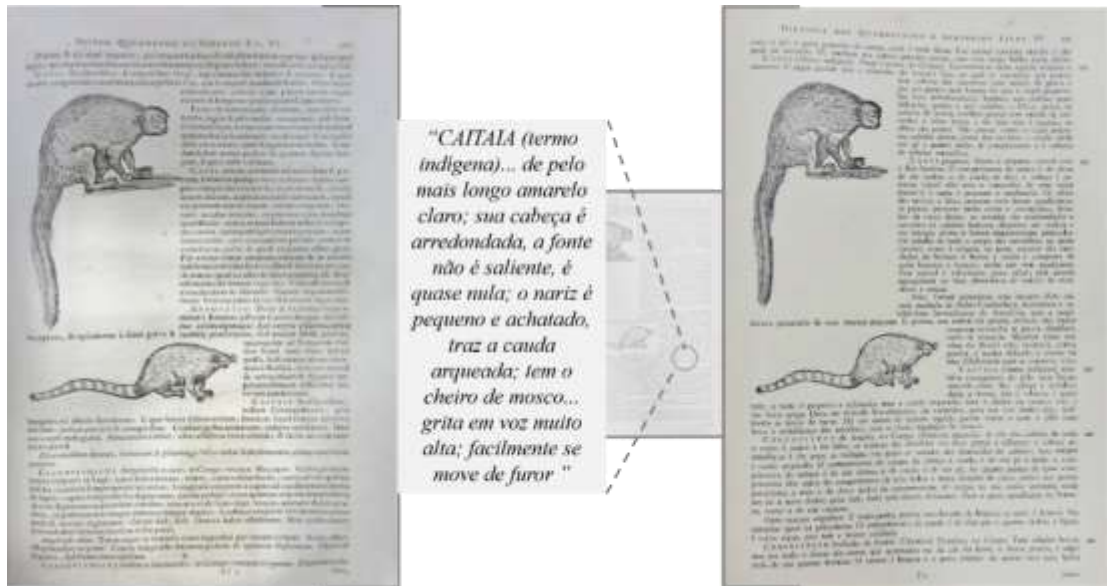


Figura 3- Caracteres físicos descritos por Marcgrave (1648) para o macaco-prego-galego mostradas no livro *Historiae Naturalis Brasiliae*. (A) Versão original em alemão. (B) Versão traduzida para português. Tais livros estão disponíveis para consulta no acervo da Biblioteca do Instituto Ricardo Brennand, Recife, Pernambuco, Brasil. (Fotos: Monique Bastos).



Figura 4- Imagem da pintura em aquarela do primata semelhante a descrição feita por Marcgrave (1648). A foto é localizada na reedição do livro *Libri Principis*, publicado pela editora INDEX em 1995, que fez uma compilação das imagens encontradas no documento original que pertenceu ao Conde Maurício de Nassau e hoje encontra-se depositado no acervo da biblioteca do Instituto Ricardo Brennand, no Recife, Pernambuco, Brasil. (Foto: Monique Bastos).

Em 1774, o pesquisador alemão e também naturalista, Johann Schreber, retratou um exemplar com semelhantes características por pintura e o denominou *Simia flavia*. Contudo, Schreber não preservou nenhum espécime físico em coleção científica e nem informou a localização exata onde havia encontrado o primata, impossibilitando assim a sua posterior identificação acurada (Oliveira e Langguth, 2006). Após esses registros, por mais de dois séculos não se obteve registro científico destes macacos, e em consequência os mesmos foram considerados extintos (Oliveira e Langguth, 2006). A 12 anos atrás foi comprovada por Oliveira e Langguth (2006) e Mendes Pontes et al. (2006), a existência da espécie em fragmentos de Mata Atlântica nos Estados da Paraíba e Pernambuco no Nordeste do Brasil. Oliveira e Langguth (2006) renomearam o macaco-prego-galego como *Cebus flavius* (tendo os autores afirmado que se tratara agora do neótipo do *Simia flavia*). O macaco-prego-galego foi diferenciado das outras espécies de macacos-prego pela morfologia, distribuição e dados históricos (Oliveira e Langguth, 2006).

Tantos anos de aparente desaparecimento da espécie poderia ser justificado pela grande semelhança morfológica da mesma com os macacos-prego-da-caatinga, *Sapajus libidinosus* (Bacalhao et al., 2016; Figura 5). A taxonomia da espécie foi alvo de conflitos pela comunidade científica (Oliveira e Langguth, 2006; Mendes Pontes et al., 2006). Mendes Pontes e colaboradores (2006) acreditavam tratar-se de uma nova espécie de macaco-prego, a qual chamaram de *Cebus queirozi*. O estudo utilizou as regras da nomenclatura zoológica para identificação de uma espécie, porém os pesquisadores desconsideraram parte do histórico sobre a espécie, o qual foi detalhado posteriormente por Oliveira e Langguth ainda em 2006. Como o Código Internacional de Nomenclatura Zoológica considera válidas as pinturas e ilustrações históricas como comprovação da existência da espécie, o nome validado para a espécie foi o prescrito por Schreber, Oliveira e Langguth (i.e. *C. flavius*), embora ambos os trabalhos (i.e. Oliveira e Langguth, 2006; Mendes Pontes et al., 2006) tenham apresentado descrições válidas para o macaco-prego-galego.



Figura 5- Imagens de sub-adultos de macaco-prego-galego (*Sapajus flavius*) a esquerda e do macaco-prego-da-caatinga (*Sapajus libidinosus*) a direita, mostrando a relativa semelhança na morfologia externa entre as duas espécies. (Fotos: Monique Bastos).

A nomenclatura da espécie voltou a sofrer mudanças com a utilização e junção de técnicas multidisciplinares na obtenção de resultados (Lynch-Alfaro et al., 2012a). Os autores deste estudo fizeram uso do conhecimento sobre a biogeografia das espécies de macacos-prego existentes, associado a morfologia externa, comportamento, ecologia e genética de cada uma. Assim, concluíram que seria apropriado fazer a divisão dos macacos-prego (a princípio todos do gênero *Cebus*) em dois gêneros: *Cebus* e *Sapajus* (Lynch-Alfaro et al., 2012 a,b). O gênero *Cebus* engloba as espécies com distribuição Amazônica e regiões ao norte amazônico e caracterizados por serem os macacos-prego sem tufo e gráceis, enquanto que o gênero *Sapajus* passou a englobar as espécies com distribuição Amazônica e regiões ao sudeste sul da Amazônia do Brasil, caracterizados pelos animais com tufo e robustos (Lynch-Alfaro et al., 2012 a). Dessa forma, após essa divisão, os macacos-prego-galego passaram a ser chamados de *Sapajus flavius*.

ASPECTOS DA ECOLOGIA GERAL E CONSERVAÇÃO

Os macacos-pregos-galegos são animais distribuídos em fragmentos de Mata Atlântica dos estados de Alagoas, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte (Oliveira e Langguth, 2006; Masseti e Veracini, 2010; Fialho et al., 2014). Os dados de distribuição apontam 19 populações de macacos-prego-galego na Paraíba, cinco nos estados de Alagoas e Pernambuco

e quatro no Rio Grande do Norte (Fialho et al., 2014). Acredita-se ainda na existência de mais uma população na caatinga (Ferreira et al., 2009; Martins et al., 2016), entretanto ainda não há identificação acurada da espécie dessa população. Os grupos formados por macacos-prego-galegos caracterizam-se por grandes quantidades de indivíduos, podendo chegar à 151, e por ocuparem todos os estratos da mata, do solo a copa das árvores (Valença-Montenegro, 2011; Bione, 2011; Medeiros, 2015; Medeiros, 2017; Bastos et al., 2018). Esses grupos são formados por vários machos e fêmeas de todas as idades, sendo os machos adultos dominantes hierarquicamente no grupo. Não há um período de reprodução específico no ano e os grupos assumem um padrão social de fissão-fusão para otimizar o forrageio durante o dia (Bezerra et al., 2014; Medeiros, 2017; Medeiros et al., submetido). Um estudo aponta que para que uma população de macaco-prego-galego se mantenha viável, é necessária a ocupação de pelo menos 340 a 952 ha (Valença-Montenegro, 2011). Infelizmente apenas oito populações registradas de macaco-prego-galego habitam fragmentos dentro dessa faixa de tamanhos (Fialho et al., 2014).

Todos os trabalhos que relatam a descrição dos itens alimentares desta espécie destacam em sua composição plantas (nativas e exóticas) e animais (invertebrados e vertebrados) (e.g. Valença-Montenegro, 2011; Bione, 2011; Bastos, 2012; Malta e Mendes Pontes, 2013; Rodrigues, 2013; Lins, 2015; Medeiros, 2015; Jerônimo, 2017; Medeiros, 2017), evidenciando a dieta onívora da espécie. Para os macacos-prego-galegos foram registrados a utilização de ferramentas na aquisição de alimento tanto em Mata Atlântica (Souto et al., 2011) como na Caatinga (Martins et al., 2016). Embora esses animais, assim como outras espécies de macacos-prego, possuem uma morfologia craniofacial com capacidade e adaptabilidade de consumir e quebrar alimentos duros (Figura 6) (Wright, 2005).



Figura 6- Exemplar de um crânio de *Sapajus flavius*, localizado no acervo do Museu Guaju de Educação Ambiental na Mineradora Cristal, Paraíba, Brasil. À direita um indivíduo macho adulto da espécie utilizando os dentes para raspar a polpa de um fruto rígido (Fotos: Monique Bastos).

A morfologia externa desses macacos-prego foi a responsável pela consolidação da identificação da espécie. A sua coloração característica é amarelo-dourado, alguns indivíduos tem o tom mais amarronzados em algumas partes dos membros e costas, possuem a testa esbranquiçada devido aos pelos mais curtos e direcionados para trás, dando um formato caracteristicamente redondo do rosto da espécie e a pele das mãos e dos pés são pretas (Oliveira e Langguth, 2006; Mendes Pontes et al., 2006). O dimorfismo sexual é presente e bem evidente nessa espécie (Figura 7). A presença de uma barbela (uma pele pendurada no pescoço abaixo do queixo) apenas do macho é uma das grandes diferenças sexuais da espécie (Mendes Pontes et al., 2006). A função dessa barbela ainda está indefinida, embora estudos histológicos apontem a presença de várias glândulas nessa parte do corpo, sugerindo alguma relação com marcação de cheiro (Figura 8) (Valença-Montenegro et al., 2015). Neco (2015) registrou alguns indivíduos esfregando a barbela pelos troncos, corroborando essa possibilidade de existência de marcação química de cheiro. Outras características marcantes no dimorfismo sexual seria o tamanho médio corpóreo de $42 + 40,8$ cm (corpo + cauda) nos machos e $35 + 37$ cm (corpo + cauda) nas fêmeas, e o tamanho dos caninos, sendo o dos machos maiores que os das fêmeas

(Martins et al., 2015; Mota et al., 2016). Os macacos-prego-galegos são um dos primatas neotropicais que possuem o dimorfismo sexual mais evidente (Martins et al., 2015).

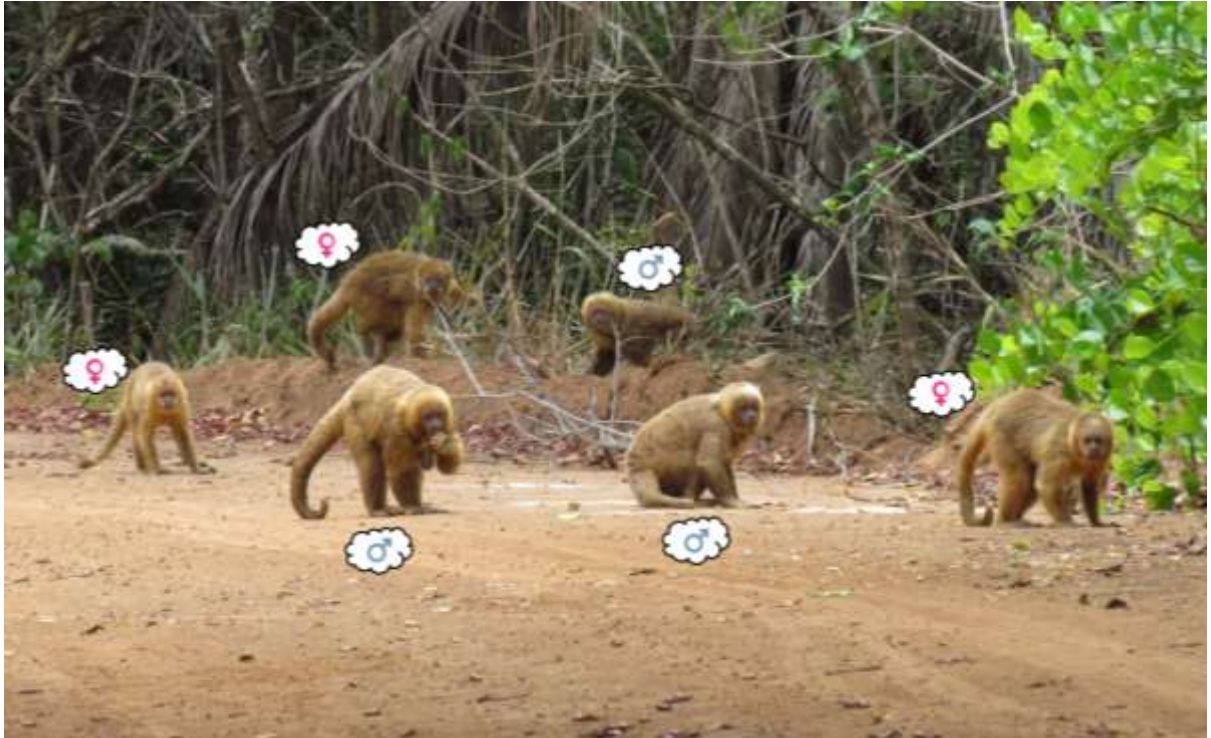


Figura 7- Dimorfismo sexual em macacos-prego-galegos, *Sapajus flavius*, adultos. A imagem mostra três machos (♂) e três fêmeas (♀) viventes em um fragmento de Mata Atlântica na Paraíba. (Foto: Monique Bastos).



Figura 8- Barbela abaixo do pescoço de um macho adulto de macaco-prego-galego, *Sapajus flavius*, característica fenotípica apenas encontradas dos machos da espécie. (Foto: Monique Bastos).

O sistema de comunicação vocal da espécie é bastante complexo e extenso. Os sons emitidos pelos macacos-prego-galegos foram agrupados em 10 categorias comportamentais (Bastos et al., 2015). As variações dos contextos, nas idades, localização do indivíduo (e.g. dentro do manguezal) e individuais permitiu a descrição de 29 chamados na composição do repertório vocal da espécie (Bastos, 2013; Bastos et al., 2015). Com relação a descrição de repertório vocal em vida livre, até o presente momento os macacos-prego-galegos possuem a maior quantidade de sinais, quando comparados a outros dois macacos-prego que tem seu repertório descrito (*Cebus olivaceus* - 11 chamados, Robinson, 1984; *C. capucinus* - 27 chamados, Gros-Louis et al., 2008). Ainda que de grande importância, a complexidade e o tempo necessário a despendar com os animais em campo para a construção de um repertório vocal explica essa escassez de descrições dos repertórios das outras espécies de macacos-prego.

Grande parte dos trabalhos descrevem sinais acústicos específicos associados a particulares comportamentos (Freese e Oppenheimer, 1981; Boinski, 1993; Boinski e Campbell, 1995 e 1996; Di Bitetti, 2005).

GENÉTICA E ANÁLISES CLÍNICAS

Publicações sobre a biologia molecular dos macacos-prego-galegos são quase incipientes. Até o momento foram levantados quatro trabalhos publicados sobre filogenética dos gêneros *Cebus* e *Sapajus*, que incluem análises genéticas envolvendo *S. flavius* (Martins et al., 2014; Nascimento et al., 2015; Lima et al., 2017; 2018). Os estudos utilizaram 12S, citocromo b, D-loop e citocromo c oxidase I e elemento Alu para análises genéticas de diferenciação das 12 espécies, quatro pertencentes ao gênero *Cebus* e oito ao *Sapajus* (Lynch-Alfaro et al., 2012a; Martins et al., 2014; Nascimento et al., 2015; Lima et al., 2017; 2018).

Marcadores microssatélites foram desenvolvidos para macacos-prego-da-cara-branca, *Cebus capucinus*, a partir de uma biblioteca genômica e comparações entre diferentes espécies (Muniz e Vigilant, 2008). Técnicas moleculares podem fornecer maiores informações sobre os sistemas sociais dos animais, vindo como complemento de estudos comportamentais. Estudos com microssatélites, embora eficientes não se encontram disponíveis para todas as espécies. Identificar e fazer uso de informações genéticas usando microssatélites que foram inicialmente criados para outras espécies é um procedimento que economiza tempo e dinheiro (Tokuda et al., 2014). Assim, estudos sobre a transferibilidade de marcadores é de suma importância. Muniz e Vigilant (2008), além de descreverem 17 marcadores para *C. capucinus*, também citam a transferibilidade para outras 3 espécies de macacos-prego (e.g. *Sapajus apella*, *S. xanthosternos* e *C. olivaceus*) (Muniz & Vigilant, 2008). Tokuda e colaboradores (2014) também descreveram a transferibilidade de marcadores microssatélites para *S. nigritus*. Embora tenha-se o conhecimento desses trabalhos com 5 espécies, ainda é escasso o estudo com transferibilidade de marcadores para macacos-prego, visto que temos um total de 12 espécies (Lynch-Alfaro et al., 2012a).

Os estudos clínicos envolvendo os macacos-prego-galegos concentram-se nos últimos cinco anos. Informações patológicas, conhecimento da microbiota e parâmetros fisiológicos dos animais criticamente ameaçados é necessária para controle e saúde desses animais (Gondim et al., 2014; Ferreira et al., 2015a). Em 2014, Gondim e colaboradores apresentaram padrões hematológicos para macacos-prego-galego em cativeiro e complementando esse trabalho, Mota

e colaboradores (2016) também descreveram esses padrões junto com as taxas bioquímicas (e.g. proteínas) a fim de se obter um prognóstico adequado que facilite a aferição do estado de saúde dos animais. Outro fator clínico importante, tanto em animais cativos quanto em vida livre, é o controle da microbiota intestinal, identificando doenças parasitárias e infecciosas (Ferreira et al., 2015a; Ramalho et al., 2017). Os trabalhos com a espécie identificaram parasitas gastrointestinais (e.g. *Strongylida*, *Strongyloides* sp, *Trichuris trichiura*, *Molineus torulosus* e *Coccídios* - Bacalhao, 2014; Souza-Santos et al., 2015), enterobactérias (*Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca*, *Edwardsiella tarda*, *Edwardsiella* sp, *Salmonella* sp, *Shigella* sp, *Enterobacter* sp, *Mycoplasma* sp - Ramalho et al., 2015; Ferreira et al., 2015a; Ramalho et al., 2017), protozoários (*Entamoeba*, *Cystoisospora*, *Balantidium*, *Toxoplasma gondii* - Ferreira et al., 2015b; Macedo, 2016), vírus (*Simia foamy vírus* - Muniz et al., 2015) e helmintos (*Ancylostoma* e *Strongiloides* - Macedo, 2016).

2 OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

- ∴ Preencher lacunas no conhecimento sobre a bioacústica, ecologia comportamental e genética do macaco-prego-galego, *Sapajus flavius*, para dar suporte as ações de manejo e conservação *in situ* e *ex situ* para a espécie, as quais são parte de políticas públicas nacionais vigentes para conservação.

OBJETIVOS ESPÉCÍFICOS

- ∴ Investigar o padrão de atividades do macaco-prego-galego em uma área de manguezal, baseado nas vocalizações emitidas por eles.
- ∴ Notificar se existe interações entre os simpátricos macaco-prego-galego e sagui-comum, *Callithix jacchus*, focando em sinais acústicos como mediadores dessas interações em situações naturais e experimentais.
- ∴ Averiguar a composição da dieta do macaco-prego-galego, investigando influências de variáveis ambientais e biológicas.
- ∴ Verificar se duas populações de macaco-prego-galego podem ser distinguidas por suas características genéticas e por características físicas de vocalizações, ambos os dados obtidos de maneira não-invasiva.

3 **CAPÍTULO I: USE OF MANGROVE HABITATS BY *Sapajus flavius* ASSESSED BY VOCALISATION SURVEYS**

Nota: Capítulo do livro *Primates in Flooded Habitats*, atualmente *in press* pela Cambridge University Press. A previsão de publicação do capítulo é novembro de 2018.

Bastos M¹, Medeiros K¹, Souto A¹, Jones G², Bezerra B^{1,2}

¹Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Zoologia, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Av. Professor Moraes Rego, S/N - Cidade Universitária, Recife - PE. CEP: 50670-420

²Bristol Life Sciences Building, University of Bristol, 24 Tyndall Ave, Bristol BS8 1TH, United Kingdom

Running header: Mangrove use by *Sapajus flavius*

INTRODUCTION

Primate vocal signals are usually classified according to behavioural context during signal emission (e.g., Winter et al., 1966; Hammerschmidt & Fischer, 1998; Bezerra & Souto 2008; Gros-Louis et al., 2008; Leliveld et al., 2011; Bastos, 2013). Investigations on specific calls from *Cebus* and *Sapajus* species have allowed researchers to gain a deeper knowledge on the behavioural context of several vocalisations (e.g., Boinski, 1993; Boinski & Campbell, 1996; Di Bitetti, 2003; Di Bitetti & Janson, 2001; Gros-Louis, 2002; 2003; 2006). To investigate the vocalisations of species flagged as "threatened" is a non-invasive manner of acquiring information on their behaviour and ecology. This information on the vocalisations is particularly valuable when there is a problem either with habituation process or when contact with humans may pose risks to study animals and potentially disease transmission across monkey populations (Crockett, 1998; Vasconcelos et al., 2001, 2003; Holzmann et al., 2010).

Animals belonging to the genera *Cebus* and *Sapajus*, known as capuchin monkeys, are largely arboreal and inhabit a range of biomes across Central and South America, including Atlantic forest, Subtropical forest, Amazon forest, Caatinga and Cerrado (Freese & Oppenheimer, 1981; Fernandes, 1991; Rowe, 1996; Di Bitetti, 2001; Vilanova et al., 2005; Oliveira & Langguth, 2006; Redmond, 2008; Lynch Alfaro et al., 2012). They are capable of living in small and highly fragmented areas (Janson & Di Bitetti, 1997; Ludwig et al., 2006; Chagas & Ferrari, 2010; Beltrão-Mendes et al., 2011; Souto et al., 2011), due, at least in part, to the efficient and versatile foraging strategies that they adopt.

Blonde capuchin monkeys (*Sapajus flavius*) inhabit fragments of Atlantic forest in Northeast Brazil, with populations concentrated in the states of Alagoas, Paraíba and Pernambuco (Oliveira & Langguth, 2006; Masseti & Veracini, 2010; Souto et al., 2011; Malta & Mendes-Pontes, 2013). The species has a diverse vocal repertoire with 29 call types (Bastos et al., 2015) and frequents densely vegetated habitats that impose limitations upon the transmission of visual signals. Because vocalisations can propagate over long distances (e.g., ~ 0.5 km the Lost call by *Cebus capucinus* – Gros-Louis et al., 2008) even when there are physical barriers (Brumm, 2004; Sabatini & Ruiz-Miranda, 2008; Bezerra et al., 2012), acoustic communication is essential for the coordination of the large groups of blonde capuchins that seem to live in fission-fusion groups (Bezerra et al., 2014).

In this chapter we use vocalisations to investigate the behavioural activity patterns of the Critically Endangered blonde capuchins in dense mangrove habitats. Until not long ago, the

blonde capuchins were considered one of the 25 most endangered primate species in the world (Mittermeier et al., 2012). Mangrove habitats impose major challenges for researchers because it is difficult to approach and observe subjects, and owing to the habitats flood daily (Alongi, 2008). Consequently, it is difficult to access mangrove areas, making it not always feasible to directly observe the behaviours of the animals living there, such as blonde capuchins. Considering the importance and the progressive destruction of mangrove ecosystems across the world (Alongi, 2008; Ribeiro et al., 2009; Rodrigues et al., 2009), understanding how the Critically Endangered blonde capuchins exploit such habitats will aid in the effective management and conservation of this threatened habitat.

METHODS

3.1.1 Study site and animals

The study was conducted in a mangrove inserted in an Atlantic forest fragment, 15 km distant from Mataraca, Paraíba, Brazil (06°29.423'S – 034°58.847'W). The fragment belongs to the mining company Cristal and has an area of 1,050 ha. About 27 ha consists of mangrove extension, which is crossed by the Guajú river. In addition to the mangrove habitats, the area comprises primary and secondary Atlantic forest, coastal scrubland (Restinga) and sand dunes, and the blonde capuchins have been observed using all of these habitats (M. Bastos & B. Bezerra, unpubl. data).

The blonde capuchins in the area were semi-habituated, allowing the researchers to approach at ≥ 5 m. The maximum visual counting of the group at the time of the study was 77 individuals, with animals of all age classes (i.e., adults, juveniles and infants) present. The presence of the animals in the mangrove habitat was initially confirmed by direct visual contact and from hearing diagnostic vocalisations.

This study was part of a long-term conservation research project on the blonde capuchins, which started in September 2010. Fieldworks were conducted from September 2010 to February 2011, and from August 2011 to July 2012, and included 856 hours of fieldwork in 91 days (average of 5 days/month). The study group was observed entering the mangrove habitat in 35 (38.5%) out of the 91 days of fieldwork. In nine (10%) of those days, 64 min of recordings of the animals vocalising in the mangrove were conducted.

We used a Marantz PMD670 digital recorder (Kanagawa - Japan; linear frequency response: 20 Hz - 20 kHz), connected to a directional microphone Sennheiser ME67 (Sennheiser - Germany; linear frequency response: 20 Hz - 20 kHz) with a K6 module. We used AKG K44 headphone (frequency response: 18 Hz–20 kHz) to monitor the sounds while conducting the recordings. In this paper the animals were at a maximum distance of 20 m from the recording equipment.

The recordings of the vocalisations of the blonde capuchins were inspected using the software BatSound 3.31 (Pettersson Elektronik, Uppsala, Sweden). Spectrograms were constructed and the vocalisations of the different types were then quantified (Figure 1). The context of the vocalisations was ascertained from previous knowledge of the vocal repertoire of the species (

Table 1 adapted from Bastos, 2013 and Bastos et al., 2015). The following settings were used when inspecting the spectrograms: FFT size= 1024; threshold= 15; and a Hanning window.

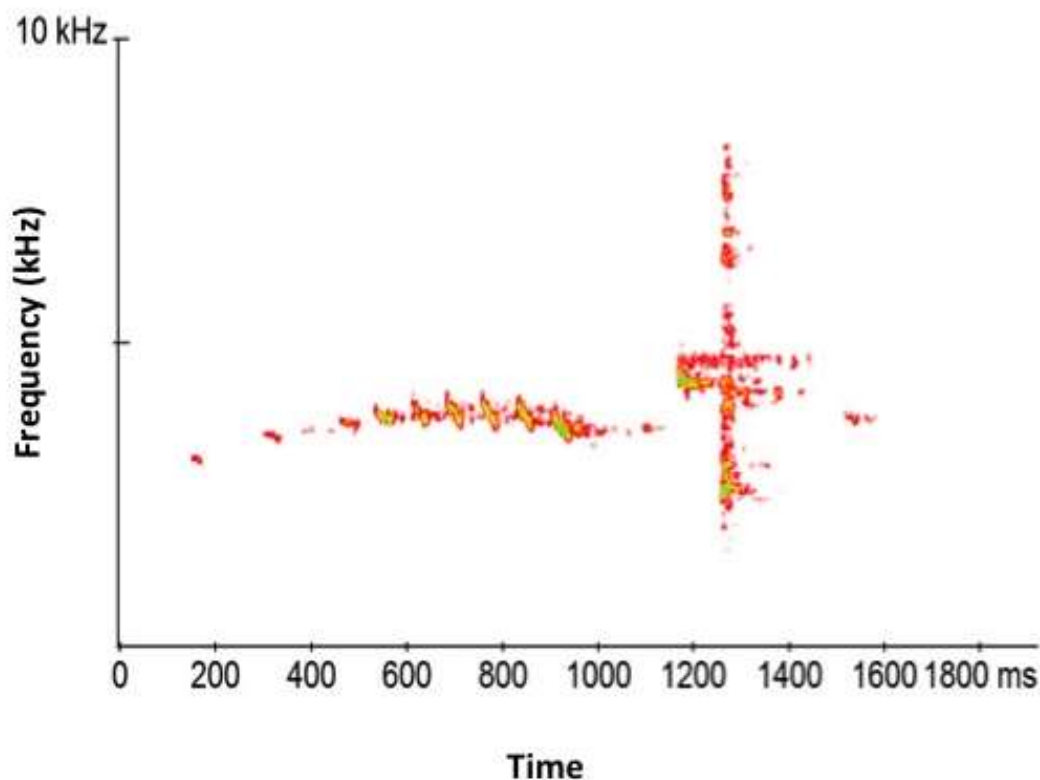


Figure 1- Spectrogram showing two different call types of the blonde capuchins, *Sapajus flavius*. Each acoustic signal was counted in the spectrograms. For instance, in the depicted spectrogram above, we counted 2 calls (*Trill* call on left and *Sleck* call on the right).

Table 1: Vocal repertoire of blonde capuchins, *Sapajus flavius*. Full descriptions of the calls can be found in Bastos et al. (2015).

Call category	Call name	Call context
1. <i>Agonistic</i>	<i>Heh</i>	Low-intensity aggressive situations, with no physical contact between the animals
2. <i>Fear</i>	<i>Nhan</i>	Infants emitted the call when carried by young group members. Facial expression of the infant indicated fear
3. <i>Contact</i>	<i>Trill</i>	It was used during close interactions between animals
4. <i>Locomotion</i>	<i>Flick</i>	Locomotion associated calls
	<i>Snap</i>	
	<i>Clack</i>	
	<i>Popped</i>	
5. <i>Screams</i>	<i>Hoot</i>	Not identified
	<i>Bellow</i>	
	<i>Howl</i>	
	<i>Yell</i>	
	<i>Shout</i>	
6. <i>Calls emitted prior to Sleeping</i>	<i>Cheep</i>	Emitted when preparing to sleep
	<i>Woop</i>	
7. <i>Invitation calls</i>	<i>Sleck</i>	After emitting the <i>Sleck</i> , <i>Ghiu</i> and <i>Clok</i> described below, the animals presented alert-like behaviours. After hearing the calls, the animal tended to look at the caller and approached or followed him. Hough call was a long distance contact call
	<i>Ghiu</i>	
	<i>Clok</i>	
	<i>Houh</i>	
8. <i>Food-associated calls</i>	<i>Huh</i>	<i>Huh</i> and <i>Nosh</i> were associated with foraging (i.e. looking for food on both the ground and in the trees). <i>Huh</i> -1var, <i>Huh</i> -2var, <i>Huh</i> -3var and <i>Huh</i> -4var were feeding-associated (i.e. emitted as soon as the monkeys spotted the food and while eating it). The latter were variants of the <i>Huh</i> call.
	<i>Nosh</i>	
	<i>Huh</i> -1var	
	<i>Huh</i> -2var	
	<i>Huh</i> -3var	
	<i>Huh</i> -4var	
9. <i>Grooming</i>	<i>Ghrr</i>	Social grooming
10. <i>Mangrove specific calls</i>	<i>Troll</i>	Not identified
	<i>Tiny</i>	
	<i>Phliu</i>	
	<i>Kuen</i>	

A Chi square test was used to verify whether there was a difference in the frequency of use of the different vocalisations in the mangrove (i.e., to test whether the number of times a specific vocalisation was emitted differed from an even that use of vocalisations). The pattern of use of the vocalisations was quantified from the recordings. The behavioural context attributed to each vocalisation was used to infer behaviours of the blonde capuchins in the mangrove areas (Bastos et al. 2015).

RESULTS AND DISCUSSION

We extracted 1,023 vocalisations from the sound files obtaining a total of 16 call types recorded when the animals were using the mangrove habitat (Figure 2). The frequency of use of the different calls varied significantly ($N=12$; Chi square= 2771.1; $df=15$; $p<0.001$). The most frequent calls were *Huh-1var* (41.20%), *Trill* (15.67%) and *Huh* (13.15%). Based on the calls' context, 62% of vocalisations were feeding associated (Figure 3;

Table 1).

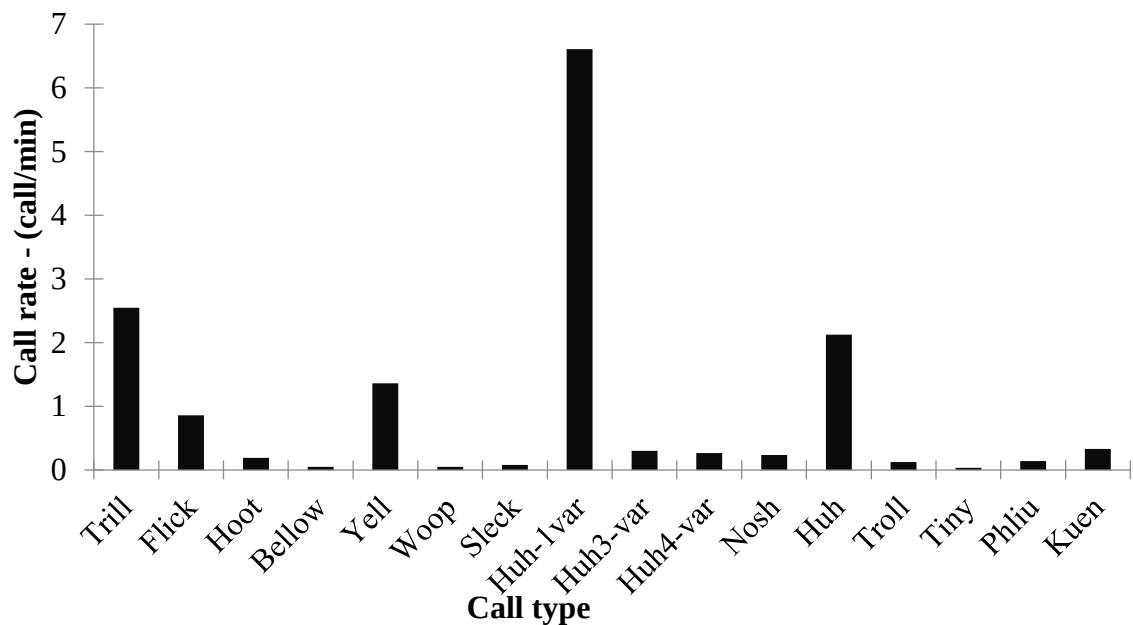


Figure 2- Preliminary vocal pattern of the blonde capuchins, *Sapajus flavius*, in mangrove habitat.

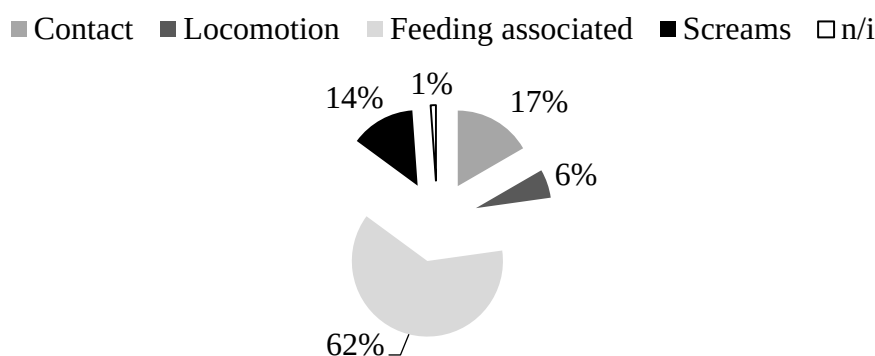


Figure 3- Inferred behavioural context of the blonde capuchins, *Sapajus flavius*, calls in mangrove habitat.

Sixteen out of 29 vocalisations of the vocal repertoire of blonde capuchins (Bastos et al., 2015) were recorded when the animals were in the mangrove habitat. The majority of the calls were related to foraging, suggesting that the mangrove is primarily used for feeding. Other species of capuchin monkeys have been reported using the mangrove for foraging. For instance, Fernandes (1991) observed *S. apella* and Santos (2010) observed *S. libidinosus* feeding on oysters in the mangrove. We have seen the blonde capuchins eating lizards, flowers (e.g., from *Calophyllum brasiliense* – Calophyllaceae), leaves (e.g., from *Tapirira guianenses* - Anacardiaceae) and some fruits (e.g., from *Chrysobalanus icaco* - Chrysobalanaceae).

The vocalisation most commonly used was the foraging-associated call *Huh*-var 1, which in *Cebus capucinus* has been associated with arthropod predation (Boinsk & Campbell, 1996). In *S. flavius*, the call is used for foraging in general, not existing an apparent specificity between the call and the exploitation of any prey type. Four calls of the vocal repertoire of the species (i.e., *Troll*, *Tiny*, *Phliu* and *Kuen*) were exclusively produced when the animals were in the mangrove (Bastos et al., 2015). The calls could not be associated to a specific behavioural context due to the poor visibility in the area. Further investigation, possibly using playback experiments, would be necessary to ascertain the exact context of these calls.

The behavioural contexts of vocalisations suggested that blonde capuchins in mangrove habitats behave in similar ways to other capuchin monkeys in general, i.e., that foraging-related behaviours are usually predominant (Oliveira et al., 2014). Even though some of the vocalisations of the blonde capuchins could not be attributed to specific behaviours in the recordings, the percentage of those was very small (1.0 %). Thus, overall we can confirm that recordings of vocalisations could be used as a tool to infer behaviours used by blonde capuchins and possibly other primate species. Considering that knowledge on the vocal repertoire of the blonde capuchins is available, an automated data collection system (Aide et al., 2013) could be

developed and used effectively in different study sites for comparative purposes. Other species inhabiting the study sites could also be investigated from the same database of recordings. Common marmosets, for example, inhabit many areas where blonde capuchins exist and their vocal repertoire is fairly well known (Epple, 1968; Bezerra & Souto, 2008; Bezerra et al., 2011). Equipment such as the SM3 for land animals developed by Wildlife Acoustics, Inc. (www.wildlifeacoustics.com), can record over 300 hours of acoustic data and can be programmed to record in different hours to adapt to the activity period of the study species. Like camera traps (Olson et al., 2012; Tan et al., 2012; Bezerra et al., 2014; Moraes et al., 2014;), sound traps could become powerful tools for exploring behaviour of non-habituated primates especially in areas where it is difficult to visualize and follow the animals, or where a risk of disease transmission occurs.

REFERENCES

- AIDE, T. M. et al. Real-time bioacoustics monitoring and automated species identification. **Peer J**, v. 1, p. e103, 2013.
- ALONGI, D. M. Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 76, n. 1, p. 1-13, 2008.
- BASTOS, M. **Comunicação vocal em *Sapajus flavius* na natureza**. 91 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.
- BASTOS, M. et al. Vocal repertoire of wild blonde capuchins (*Sapajus flavius*) and contextual use of calls. **American Journal of Primatology**, v. 77, n. 6, p. 605-617, 2015.
- BELTRAO-MENDES, R.; CUNHA, A. A.; FERRARI, S. F. New localities and perspectives on the sympatry between two endangered primates (*Callicebus coimbrai* and *Cebus xanthosternos*) in northeastern Brazil. **Mammalia**, v. 75, n. 1, p. 103-105, 2011.
- BEZERRA, B. et al. Brevity is not always a virtue in primate communication. **Biology Letters**, v. 7, n. 1, p. 23-25, 2011.
- BEZERRA, B. et al. Camera trap observations of nonhabituated critically endangered wild blonde capuchins, *Sapajus flavius* (formerly *Cebus flavius*). **International Journal of Primatology**, v. 35, n. 5, p. 895-907, 2014.
- BEZERRA, B. et al. Ethogram and natural history of golden-backed uakaris (*Cacajao melanocephalus*). **International Journal of Primatology**, v. 32, n. 1, p. 46-68, 2011.
- BEZERRA, B.; SOUTO, A. Structure and usage of the vocal repertoire of *Callithrix jacchus*. **International Journal of Primatology**, v. 29, n. 3, p. 671, 2008.

BEZERRA, B.; SOUTO, A.; JONES, G. Propagation of the loud “*tchó*” call of golden-backed uakaris, *Cacajao melanocephalus*, in the black-swamp forests of the upper Amazon. **Primates**, v. 53, n. 4, p. 317-325, 2012.

BOINSKI, S. Vocal coordination of troop movement among white-faced capuchin monkeys, *Cebus capucinus*. **American Journal of Primatology**, v. 30, n. 2, p. 85-100, 1993.

BOINSKI, S.; CAMPBELL, A. F. The *Huh* vocalization of white-faced capuchins: a spacing call disguised as a food call? **Ethology**, v. 102, n. 6, p. 826-840, 1996.

BRUMM, H. et al. Acoustic communication in noise: regulation of call characteristics in a New World monkey. **Journal of Experimental Biology**, v. 207, n. 3, p. 443-448, 2004.

CHAGAS, R. R. D.; FERRARI, S. F. Habitat use by *Callicebus coimbrai* (Primates: Pitheciidae) and sympatric species in the fragmented landscape of the Atlantic Forest of southern Sergipe, Brazil. **Zoologia**, v. 27, n. 6, p. 853-860, 2010.

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

DI BITETTI, M. S. Food-associated calls of tufted capuchin monkeys (*Cebus apella nigritus*) are functionally referential signals. **Behaviour**, v. 140, n. 5, p. 565-592, 2003.

DI BITETTI, M. S.; JANSON, C. H. Social foraging and the finder's share in capuchin monkeys, *Cebus apella*. **Animal Behaviour**, v. 62, n. 1, p. 47-56, 2001.

EPPLÉ, G. Comparative studies on vocalization in marmoset monkeys (Hapalidae). **Folia primatologica**, v. 8, n. 1, p. 1-40, 1968.

FERNANDES, M. Tool use and predation of oysters (*Crassostrea rhizophorae*) by the tufted capuchin, *Cebus apella appella*, in brackish water mangrove swamp. **Primates**, v. 32, n. 4, p. 529-531, 1991.

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

GROS-LOUIS, J. Acoustic analysis and contextual description of food-associated calls in white-faced capuchin monkeys (*Cebus capucinus*). **International Journal of Primatology**, v. 27, n. 1, p. 273-294, 2006.

GROS-LOUIS, J. Contexts and behavioral correlates of trill vocalizations in wild white-faced capuchin monkeys (*Cebus capucinus*). **American Journal of Primatology**, v. 57, n. 4, p. 189-202, 2002.

GROS-LOUIS, J. et al. Vocal repertoire of *Cebus capucinus*: acoustic structure, context, and usage. **International Journal of Primatology**, v. 29, n. 3, p. 641-670, 2008.

GROS-LOUIS, J. The function of food-associated calls in white-faced capuchin monkeys, *Cebus capucinus*, from the perspective of the signaller. **Animal Behaviour**, v. 67, n. 3, p. 431-440, 2004.

HAMMERSCHMIDT, K.; FISCHER, J. The vocal repertoire of Barbary macaques: a quantitative analysis of a graded signal system. **Ethology**, v. 104, n. 3, p. 203-216, 1998.

HOLZMANN, I. et al. Impact of yellow fever outbreaks on two howler monkey species (*Alouatta guariba clamitans* and *A. caraya*) in Misiones, Argentina. **American Journal of Primatology**, v. 72, n. 6, p. 475-480, 2010.

JANSON, C. H.; DI BITETTI, M. S. Experimental analysis of food detection in capuchin monkeys: effects of distance, travel speed, and resource size. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 41, n. 1, p. 17-24, 1997.

LELIVELD, L.; SCHEUMANN, M.; ZIMMERMANN, E. Acoustic correlates of individuality in the vocal repertoire of a nocturnal primate (*Microcebus murinus*). **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 129, n. 4, p. 2278-2288, 2011.

LUDWING, G.; AGUIAR, L. M.; ROCHA, V. J. Comportamento de obtenção de *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae), mandioca, por *Cebus nigritus* (Goldfuss, 1809) (Primates, Cebidae) como uma adaptação alimentar em períodos de escassez. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, p. 888-890, 2006.

LYNCH ALFARO, J. W. et al. Explosive Pleistocene range expansion leads to widespread Amazonian sympatry between robust and gracile capuchin monkeys. **Journal of Biogeography**, v. 39, n. 2, p. 272-288, 2012.

MALTA, A.; MENDES PONTES, A. R. The simplified novel diet of the highly threatened blond capuchin in the vanishing Pernambuco endemism center. In: MARSH, L. K.; CHAPMAN, C. **Primates in Fragments**. New York: Springer, 2013, p. 245-257.

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

MITTERMEIER, R. A. et al. Primates in Peril: The World's 25 most endangered primates 2010–2012. **Primates Conservation**, p. 1-40, 2012.

MORAES, B. L. C.; SOUTO, A.; SCHIEL, N. Adaptability in stone tool use by wild capuchin monkeys (*Sapajus libidinosus*). **American Journal of Primatology**, v. 76, n. 10, p. 967-977, 2014.

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

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

OLSON, E. R.; MARSH, R. A.; BOVARD, B. N. Arboreal camera trapping for the Critically Endangered greater bamboo lemur *Prolemur simus*. **Oryx**, v. 46, n. 4, p. 593-597, 2012.

REDMOND, I. **The primate family tree**: the amazing diversity of our closest relatives. Firefly Books Limited, 2008.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

RODRIGUES, R. R. et al. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological conservation**, v. 142, n. 6, p. 1242-1251, 2009.

ROWE, N.; GOODALL, J.; MITTERMEIER, R. **The pictorial guide to the living primates**. Vol. 9. East Hampton, New York: Pogonias Press, 1996.

SABATINI, V.; RUIZ-MIRANDA, C. R. Acoustical aspects of the propagation of long calls of wild *Leontopithecus rosalia*. **International Journal of Primatology**, v. 29, n. 1, p. 207-223, 2008.

SANTOS, R. R. **Uso de ferramentas por macacos-prego em manguezais**. 107 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

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

TAN, C. L., YANG, Y. AND NIU, K. Into the night: camera traps reveal nocturnal activity in a presumptive diurnal primate, *Rhinopithecus brelichi*. **Primates**, v. 54, p. 1-6, 2012.

VASCONCELOS, P. et al. Epidemic of jungle yellow fever in Brazil, 2000: implications of climatic alterations in disease spread. **Journal of Medical Virology**, v. 65, n. 3, p. 598-604, 2001.

VASCONCELOS, P. et al. Isolations of yellow fever virus from *Haemagogus leucocelaenus* in Rio Grande do Sul State, Brazil. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 97, n. 1, p. 60-62, 2003.

VILANOVA, R. et al. Limites climáticos e vegetacionais das distribuições de *Cebus nigratus* e *Cebus robustus* (Cebinae, Platyrrhini). **Neotropical Primates**, v. 13, n. 1, p. 14-19, 2005.

WINTER, P.; PLOOG, D.; LATTA, J. Vocal repertoire of the squirrel monkey (*Saimiri sciureus*), its analysis and significance. **Experimental Brain Research**, v. 1, n. 4, p. 359-384, 1966.

4 **CAPÍTULO II: SMALL BUT WISE: COMMON MARMOSETS (*Callithrix jacchus*) USE ACOUSTIC SIGNALS AS CUES TO AVOID INTERACTIONS WITH BLONDE CAPUCHIN MONKEYS (*Sapajus flavius*)**

Nota: Artigo publicado no American Journal of Primatology em 2018 como resultado dos dados coletados durante o desenvolvimento da presente tese de doutorado.

Bastos M¹, Medeiros K¹, Jones G², Bezerra B^{1*}.

¹Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, Departamento de Zoologia.

²School of Biological Sciences, University of Bristol

Short title: Marmosets eavesdropping on capuchin calls

DOI: 10.1002/ajp.22744

INTRODUCTION

Communication is the transmission of signals (e.g. visual, tactile, chemical and vocal signals) between two or more individuals of the same or different species, where one individual usually provides information and the other can use this information for making decisions (Shettleworth, 1998; Bradbury & Vehrencamp, 1998; Pearce, 2013; Hebets et al. 2016). The signal choice is related to the way the animals deal with their environment and their social interactions, for example, when competing for resources and territory or in predator-prey interactions (Snowdon, 2011; Laidre & Johnstone 2013). When sharing the same habitat, several species also share acoustic space and are able to identify the acoustic signals of other species as a way of obtaining ecological information which often aids their survival (Fichtel, 2004; Lea, Barrera, Tom & Blumstein, 2008). Animals can benefit from eavesdropping on vocalizations from other species (Seiler, Schwitzer, Gambar & Holderied, 2013). Acoustic signals are frequently used to avoid niche overlap to facilitate the detection of predators (Eckardt & Zuberbühler, 2004) and can maximise the location of food resources (Koda, 2012).

Disputes over food resources, adaptations during niche overlap, predation and multi-species interactions that occur when there are different species of primates living in sympatry have long attracted the attention of researchers (Oates & Whitesides, 1990; Eckardt & Zuberbühler, 2004; Watts & Amsler, 2013; Hilário & Ferrari, 2015). Interactions between different species of Neotropical primates are principally related to the use of tree strata, body size and diet. Often there is some overlap of these characteristics, resulting in competition for food and space (*Callithrix jacchus*, *C. aurita* and *Leontopithecus rosalia* - Cerqueira, Marroig, & Finder, 1998; *Cebus* sp and *Callithrix jacchus* - Cunha, Vieira, & Grelle, 2006; *L. rosalia* and *Callithrix* spp - Ruiz-Miranda et al., 2006). Acoustic communication in primates is important in maintaining the sociability of the individuals in a group, population or community (McComb & Semple, 2005; Strier, 2007) and is therefore essential in the mediation of social interactions. Interactions between primates that share the same habitat are not always advantageous for the species involved. In predator-prey interactions, for example, the prey species experiences negative impacts (Watts & Mitani, 2015).

The present study focuses on two species of Neotropical primates - the blonde capuchin monkey (*Sapajus flavius*) and the common marmoset (*Callithrix jacchus*) - in an area of sympatry. These two species are endemic to northeastern Brazil and are arboreal, diurnal and omnivorous (Freese & Oppenheimer, 1981; Stevenson & Rylands, 1998; Oliveira & Langguth,

2006; Masseti & Veracini, 2010; Bezerra et al., 2014). Both species use all vertical forest strata but prefer to remain in the middle stratum, using the other strata mainly for foraging (Freese & Oppenheimer, 1981; Stevenson & Rylands, 1988). Niche partitioning between *Sapajus* and *Callithrix* is facilitated through the use of forest strata at different times of day, as well as through the use of different food resources (Cunha et al., 2006; Hilário & Ferrari, 2015). However, there is a reduction in the population density of *Callithrix* in areas of sympatry with *Sapajus*, which suggests that predation or strong competition may occur (Hilário & Ferrari, 2015). Indeed, the relationship between predation and a reduction in population density of a prey species has previously been observed in primates such as red colobus monkeys, *Procolobus* spp., that are common prey of chimpanzees, *Pan troglodytes*, in Uganda (Watts & Mitani, 2015). Several instances of capuchin monkeys preying on smaller sympatric primates such as *Plecturocebus moloch* (Red-bellied titi monkey), *Aotus brumacki* (owl monkey) and the common marmoset have been documented (Sampaio & Ferrari, 2005; Carretero-Pinzón, Defler, & Ferrari, 2008; Albuquerque et al., 2014) (Appendix - B).

This study investigated the interactions between blonde capuchin monkeys and common marmosets, focusing on acoustic signals for eavesdropping or as potential mediators of these interactions in natural and experimental situations. Here we aimed to answer the following questions: Do these monkeys use the space in a similar manner? Are there any kind of vocal interactions between these two species? Is there information acquired via eavesdropping? How do these species react to unknown acoustic stimuli? Long distance vocalizations, alarm vocalizations of both species and two control stimuli were used in playback experiments. Considering that long distance vocalizations are used, amongst other things, for group cohesion (e.g. Galdikas, 1983; Gros-Louis et al., 2008; Spillmann et al., 2015), we predicted that the animals would respond intraspecifically to the stimuli by either approaching or looking in the direction of the source of the sound. An anti-predator response of the common marmoset is predicted during exposure to blonde capuchin vocalizations, considering the potential of predation documented in previous studies between primates in the genera *Sapajus* and *Callithrix* (e.g. Albuquerque et al., 2014). When confronted with alarm calls of the two species, we predicted that the study animals would respond with anti-predator behaviors, which would suggest that the animals could be acquiring information during eavesdropping.

METHODS

4.1.1 Study site and animals

The study was carried out in a 936 ha forest fragment composed of native and secondary Atlantic forest in Mataraca, Paraíba, Brazil, (06°29.902'S - 034°58.704'W). Köppen climate classification is type Aw, tropical and rainy, with a short dry season (Pereira, Girão, Pacheco & Brito, 2005; Francisco, Medeiros, Santos & Matos, 2015). The average temperature over the study period was 26.6 °C (with a minimum of 24.6 °C in August / 2014 and a maximum of 28.6 °C in November / 2015), mean rainfall was 48.4 mm in dry months (October / 2015 as the driest month with only 8.4 mm) and 169.1 mm in wet months (July and March 2015 representing the rainiest with 249.2 and 280.3 mm, respectively) (Data provided by Cristal Mineração obtained from the local weather station). The predominant vegetation is native Atlantic Forest and reforested with native species after mining, also containing *restinga* areas on coastal sand dunes, flooded areas near the Guaju River, board areas in sandy plains near the coast, being one (e.g. *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, among others) (MB, *personal observation*). We observed a habituated group of blonde capuchin monkeys. The blonde capuchin monkeys have been studied here since 2010, and maximum counts suggest that at least 120 individuals are present, including adults, sub-adults, juveniles and infants. Two groups of semi-habituated common marmosets were studied: marmoset group one contained 12 individuals (8 adults, 2 juveniles and 2 infants) and marmoset group two comprised nine individuals (6 adults, 2 juveniles and 1 infant). The marmosets would allow our observations from distances of 10 m with no evident distress. Body size was used to estimate age class based on Castro Leão, Neto, & Sousa (2009) for common marmosets and Bezerra et al., (2014) for blonde capuchin monkeys.

4.1.2 Field observations

Observations under natural conditions focusing on vocal interactions occurred between August 2014 and April 2015, in monthly expeditions lasting between five and nine days, resulting in a total of 347h of fieldwork. The natural observations started five months before the beginning of the playback experiments described below. Whenever a marmoset or a blonde capuchin group was encountered, they were observed and all occurrences of interspecific vocal interactions were registered, together with documentation of behaviors involved and forest strata used by the animals (Stratum 1: 0 – 1 m; Stratum 2: > 1 – 6 m and Stratum 3: > 6 m).

There was no observed physical or evident-visual contacts between the blonde capuchin monkeys and the common marmosets in this study. We focused on vocal interactions as since we started monitoring the blonde capuchin monkeys at the study site, we only observed one previous physical interaction between common marmosets and blonde capuchin monkeys. The latter pursued a juvenile marmoset as if attempting to capture it on April 16 2012, at 16:49h (BMB and MB unpublished data).

4.1.3 Playback experiments

Playback experiments were conducted between January and December 2015 resulting in a total of over 667h of fieldwork. We broadcasted alarm and long distance calls from blonde capuchin monkeys (*'Popped'* and *'Houh'*, respectively; Call description and context in Bastos et al., 2015) and common marmosets (Alarm 2' and *'Phee'*, respectively; Call description and context in Bezerra & Souto, 2008) as well as two control stimuli (forest background noise, and a loud *Tchó* call made by wild Amazonian golden backed uakaris, *Cacajao melanocephalus*; Call description and context in Bezerra, Souto & Jones 2010a) (Figure 1, Table 1). The playback stimuli were obtained from previous recordings taken by MB (blonde capuchin monkeys), and by BMB (wild golden backed uakaris and background noise at Jaú National Park) and from captive common marmosets at the Biocenter of the Faculty of Life Sciences, Vienna University. The rationale for using the calls, and the contexts that they are used in intraspecifically are outlined in Table 1. We only used calls from adult individuals as stimuli. We used a Sennheiser ME-67 super-directional microphone (linear frequency response 40 Hz to 20 kHz $\pm$ 2.5 dB) and a Marantz PMD-670 Professional digital recorder (Kanagawa, Japan) (frequency response 20 Hz to 20 kHz $\pm$ 2 dB, at 16-bit quantization and 48 kHz sampling rate) for recording the stimuli. Playback files were created using BatSound 3.01 software (Pettersson Elektronik, Uppsala, Sweden) and lasted 8 -10 s.

Table 1- Expected responses to the acoustic stimuli.

Sound stimuli/ Species/Call structure*	Predicted Response	Reasoning
<i>Popped</i> / <i>Sapajus flavius</i> , blond capuchin monkeys / HF= 4.15 ± 0.11 ; FR= 3.58 ± 0.11 ; CD= 91.47 ± 5.86 .	The animal distances itself quickly in a vigilant manner from its original location, fleeing.	Alarm calls may be emitted naturally for different reasons such as an alert to a potential threat, in response to other alarm vocalisations, to notify others of potential predation threats and/or to communicate the presence of a predator, with this message being passed on to other individuals that are present at the time or so that the predator itself knows that it has been identified (Seyfarth, Cheney & Marler, 1980; Zuberbühler, Jenny & Bshary, 1999 & Gros-Louis et al., 2008). The ' <i>Popped</i> ' vocalization is commonly emitted to elicit displacement of other animals in the group in an alert situation (Bastos et al., 2015).
<i>Houh</i> / blond capuchin monkeys / HF= 1.49 ± 0.02 ; FR= 0.38 ± 0.02 ; CD= 388.4 ± 27.5 .	The animal responds vocally with the same sound or looks at the "individual" that produced the sound (considered as looking for the source of the sound or the "individual").	Long distance calls are generally used for group cohesion, to mediate dominance relationships, for the localization of individuals, to keep the groups together and even for the detection of predators (Galdikas, 1983; Zuberbühler, Noë & Seyfarth, 1997; Gros-Louis et al., 2008; Spillmann et al., 2017). The long distance vocalisation, <i>Houh</i> , is produced when the animal appears to be isolated from the group or when an individual is responding to an animal that has become isolated (Bastos et al., 2015).
Alarm 2 / <i>Callithrix jacchus</i> , common marmoset / HF= 16.86 ± 0.49 ; FR= 6.61 ± 0.74 ; CD= 0.10 ± 0.02 .	The individual or the group demonstrates brusque flight movements associated with vigilance behaviour.	Alarm 2 vocalisations of the common marmoset are produced in the presence of a terrestrial predator, eliciting displacement (Bezerra & Souto, 2008).
<i>Phee</i> / common marmoset / HF= 8.80 ± 0.08 ; FR= 1.73 ± 0.10 ; CD= 1.38 ± 0.04 .	The animal responds using the same vocalisation, looks in the direction of the source of the sound and moves in that direction.	A long call produced with the aim of maintaining contact with individuals of the same social group, conspecifics or to reunite the group (Bezerra & Souto, 2008).
<i>Tchó</i> / <i>Cacajao ouakary</i> , golden-backed uakari / HF= 2.03 ± 0.02 ; FR=	The primates in the study site had never had contact with this call. Anti-predator behaviours or behaviours which suggest that the animals are scared.	In order to mitigate the possibility of interpreting data incorrectly, control experiments are used. We introduced a new sound to the study animals, the <i>Tchó</i> call was used as the control stimulus 1. This loud call is produced by golden

1.34 ± 0.03; CD=
187.26 ± 7.70.

backed uakaris when they forage, travel or find themselves in agonistic situations (Bezerra et al., 2010a).

*Forest background
noise*

There will be no reaction, change in behaviour
or vocal response

This was second group control used in the study. It was represented by forest background noise, a sound commonly heard by all animals that live in forest habitats (e.g. wind, insects, birds).

*Call structure obtained from Bastos et al., 2015; Bezerra & Souto, 2008; Bezerra et al., 2010a.

We conducted 80 experimental trials, but only 60 trials were included in the analysis. The remaining 20 trials were omitted due to equipment failure, sudden torrential rainfall or because the animals became aware of the presence of the observers. We conducted five experimental trials per stimulus for each species using a different file of the same call/stimulus type from different adult individuals in each trial to avoid the pseudoreplication of acoustic signals. The playback stimuli were broadcasted from an iPod Touch A1367 32GB (Apple, Inc) connected to an amplified field speaker SME-AFS (Saul Mineroff Electronics, Inc.; frequency response: 100 Hz to 15 kHz $\pm$ 2 dB). We used a digital decibel meter jts-1357 (MECO Co., Ltd) to control the average sound pressure level (SPL) of the stimuli. At a distance of 5 m from the speaker, stimuli peak SPL were: 55 dB for Alarm 2, 63.5 dB for *Phee* call, 60.6 dB for *Popped* call and 55.2 dB for *Houh* call, these values are similar to natural average SPL obtained for the natural call. The peak SPL for the *Tchó* call stimulus is based on values in Bezerra, Souto, & Jones, (2010b) (i.e. 78 dB at 20 m from the speaker).

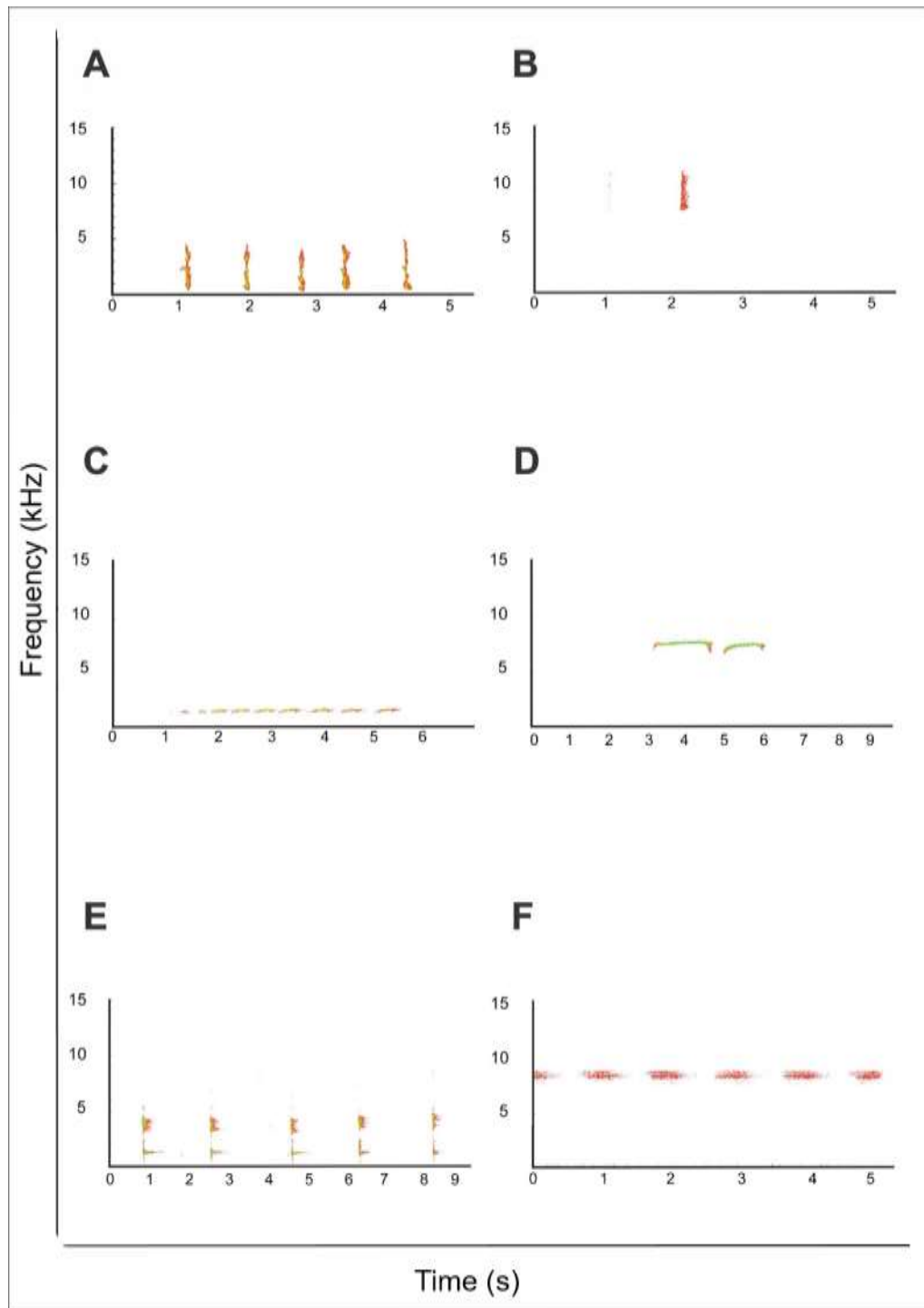


Figure 1- Spectrograms of the playback stimuli. Alarm and long distance calls of blonde capuchin monkeys, respectively: (A) *Popped* and (C) *Houh*; Alarm and long distance calls of common marmosets, respectively: (B) Alarm 2 and (D) *Phee*; Control stimuli: (E) *Tchó* call from allopatric golden backed uakaris, *Cacajao melanocephalus* and (F) forest background noise (FFT size = 1024, threshold = 10, and Hann window).

Experimental trials were conducted when the animals were close to a feeding platform (30 x 30 cm, a 1.30 m high) to standardize initial experimental conditions. The feeding platform was at a 7m distance from the playback speaker. Two feeding platforms were used (556m apart

in a straight line), one within the home range of marmoset group 1 and one within the home range of marmoset group 2. Blonde capuchin monkeys used both feeding areas. The number of animals on the feeding platforms varied from one to five individuals for common marmosets and from 1 to 21 individuals for blonde capuchin monkeys. To attract the animals to the feeding platforms, we placed dry corn, bananas and papaya on them. Considering the primarily arboreal nature of the study animals and the potential sound distortion that can be caused by placing the loudspeaker on the ground, the camouflaged loudspeaker was placed on a 2.5 m high platform (i.e. a forest stratum commonly used by the study animals) (adapted from Fischer, Noser, & Hammerschmidt, 2013). The vocalizations and behaviors of the study animals were systematically monitored 2 min before and 2 min after the stimulus broadcast. Vocalizations were recorded using a Sennheiser ME-66 microphone (linear frequency response: 40 Hz and 20 kHz (± 0.5 dB)) connected to a digital recorder Marantz PMD-660 (frequency response 20 Hz to 20 kHz ± 2 dB, at 16-bit quantization and 48 kHz sampling rate). We counted the number of calls emitted 10 seconds before and after stimulus broadcast by the entire group by viewing spectrograms in BatSound 3.01 (spectrogram settings: FFT size = 1024; threshold = 15; and a Hanning window). Over the experimental sessions, the animals were video recorded using Canon PowerShot SX30 IS and Nikon Coolpix P600 cameras operated by MB and KM. The videos were later analysed using Datavyu 1.3.4 software (<http://www.datavyu.org/>) to score the behaviors immediately before and after the playback stimuli. We scored an apparent behavioral response to the stimulus when the animal changed its behavior immediately after the stimulus was broadcasted. For instance, the animals may have been foraging or resting prior to playback, then fled, became vigilant, looked in the direction of the speaker or started travelling after the stimulus was broadcasted. The observers were concealed inside a camouflaged tent to minimise disturbance over the experimental trials (Figure 2). The feeding platform was at a 7m distance from the camouflaged tent. Playback trials were conducted once a day at intervals of at least 48h to avoid habituation of the animals to the stimuli and also to minimise unnatural disturbances to the study animals.

The study was non-invasive, adhered to legal requirements of the country in which data were collected (i.e. Brazil), and adhered to the American Society of Primatologists principles for the ethical treatment of non-human primates.



Figure 2- Camouflaged tent where observations were conducted during the playback experiments. The circle shows the position of the camouflaged loudspeaker at 2.5 high, whereas the arrows point to the observers' windows where video cameras and the microphone were placed to record each trial.

4.1.4 Analyses

Statistical analyses were conducted in SPSS 20.1 software (SPSS, Chicago, IL, USA) and Excel (Microsoft, Redmond, WA, USA). Significance was attained when $p \leq 0.05$ and all tests were 2-tailed. A Chi-square test was used to determine if there was variation in the frequency of use of different tree strata by the study target species. A Chi-square test was used to determine whether there was an association between the daily activity periods of the two species in the area. A Cochran's Q test was performed using binary variables, to verify if there was a significant change in behavior in response to the different stimuli (Siegel & Castellan Jr, 1975). Two types of binary variables were evaluated: i) "anti-predator response" and "non-anti-predator response", where we considered an anti-predator response as when an animal presented an immediate flight or vigilance response on hearing the stimulus, which can be associated with fearful facial expressions such as looking around with eyes wide open in fast movements, indicating an alert animal; ii) "expected response" and "non-expected response" to the acoustic stimuli (Table 1). A Wilcoxon test was used to determine whether there was a

difference in the vocalization rate before and after playback experiments. The vocalization rate was obtained from the total number of vocalizations produced 10 s before and after playing an acoustic stimulus and then dividing these numbers by the number of animals present. In other words, the test was used to determine whether the animals produced more or fewer vocalizations when subjected to the playback stimuli.

RESULTS

4.1.5 Field observations

Although blonde capuchin monkeys and common marmosets inhabited the same area, we did not observe any visual or physical contact between the two species during the study. We recorded 492 instances of vertical use of tree strata, with 237 of these by common marmosets and 255 by blonde capuchin monkeys. Both species were observed to occupy all tree strata, with a significant difference in the frequency of use of these strata for common marmosets (Chi-square: 95.873; d.f.: 2; $p < 0.005$) and blonde capuchin monkeys (Chi-square: 24.306; d.f.: 2; $p < 0.005$). The intermediate stratum (>1 m – 6 m) was used most by common marmosets and blonde capuchin monkeys, representing 56.1% and 47.8% of total use respectively. Blonde capuchin monkeys used the lower stratum (0-1 m) and high stratum (>6 m) in a similar way, 25.1% and 27.1% respectively. Common marmosets used the lower stratum (5.1%) less frequently than the high stratum (38.8%). Although blond capuchins and common marmosets inhabit the same areas and forest strata included in the study, they do not use them proportionally at the same time. The two species were not active in the same space at the same time, even though their daily activity periods were not significantly different (Table 2). Overall, the marmosets showed relatively more activity between 07:00h and 09:30h, whereas the capuchins were relatively more active between 15:00-17:00h.

Table 2- Rate of encounters of the study species throughout the day.

Time of the day	Percentage of encounters with the study species	
	<i>Sapajus flavius</i> (n= 144)	<i>Callithrix jacchus</i> (n= 97)
5:00 - 6:59	7,89	5,15
7:00 - 8:59	15,79	23,71
9:00 - 10:59	20,18	28,87
11:00 - 12:59	7,02	6,19
13:00 - 14:59	24,56	23,71
15:00 - 16:59	22,81	12,37
≥ 17:00	1,75	0

We observed 22 vocal encounters between the target species, but no evident visual or physical encounter. We scored a vocal encounter when one species could potentially hear the other, but they could not apparently see or touch it. Of these 22 vocal encounters, five were recorded during observations focusing on blonde capuchin monkeys and 17 were recorded during observations focusing on common marmosets. During the five vocal encounters recorded during blonde capuchin observations, common marmosets produced *Phee* vocalizations and the blond capuchin did not demonstrate any reaction to the call. In 10 of the 17 encounters documented during common marmoset observations, when *Huh-1var* and/or *Houh* and/or *Trill* blonde capuchin vocalizations were heard, the common marmoset became vigilant. However, when blonde capuchin monkeys approached the area (approach was estimated subjectively based on the louder volume of the vocalizations), the common marmosets become more vigilant and demonstrated flight behavior away from the source of the blonde capuchin vocalizations. Blonde capuchin monkeys were generally observed approximately one minute after the flight of the marmosets. In seven of the 17 vocal encounters recorded during marmoset observations, blonde capuchin monkeys were relatively far away (the distance was estimated subjectively based on the lower volume of vocalizations) and the common marmoset group did not present any immediate change in behavior. However, an increase in vigilance with subsequent flight was observed seconds after the approach of blonde capuchin monkeys.

4.1.6 Playback experiments – behavioral responses

There was a change in the behavior of blonde capuchin monkeys and common marmosets after playing back vocal stimuli when compared to the forest background noise control (Electronic supplementary materials – Appendix C and Appendix D). Common

marmosets demonstrated anti-predator behavior (i.e. flee and vigilance) for all of the vocal stimuli except the background noise control stimulus and the *Phee* call stimulus (Q: 25.000; d.f.: 5; $p < 0.0001$; Figure 3). Blonde capuchin monkeys demonstrated anti-predator behavior (i.e. flee and vigilance) in response to *Popped* (threat calls from their own species) and *Tchó* stimuli (from golden-backed uacaris) and did not demonstrate anti-predator behavior in response to the other stimuli (Q: 22.561; d.f.= 5; $p < 0.0001$; Figure 3). Blonde capuchin monkeys (Q: 10.000; d.f.= 2; $p = 0.007$) and common marmosets (Q: 10.000; d.f.= 2; $p = 0.007$) reacted as expected to their own vocalizations (i.e. in response to *Houh*, blonde capuchins respond vocally with the same call and look at sound source; In response to *Phee* call, marmosets respond vocally with the same call, look and or move towards the speaker direction.

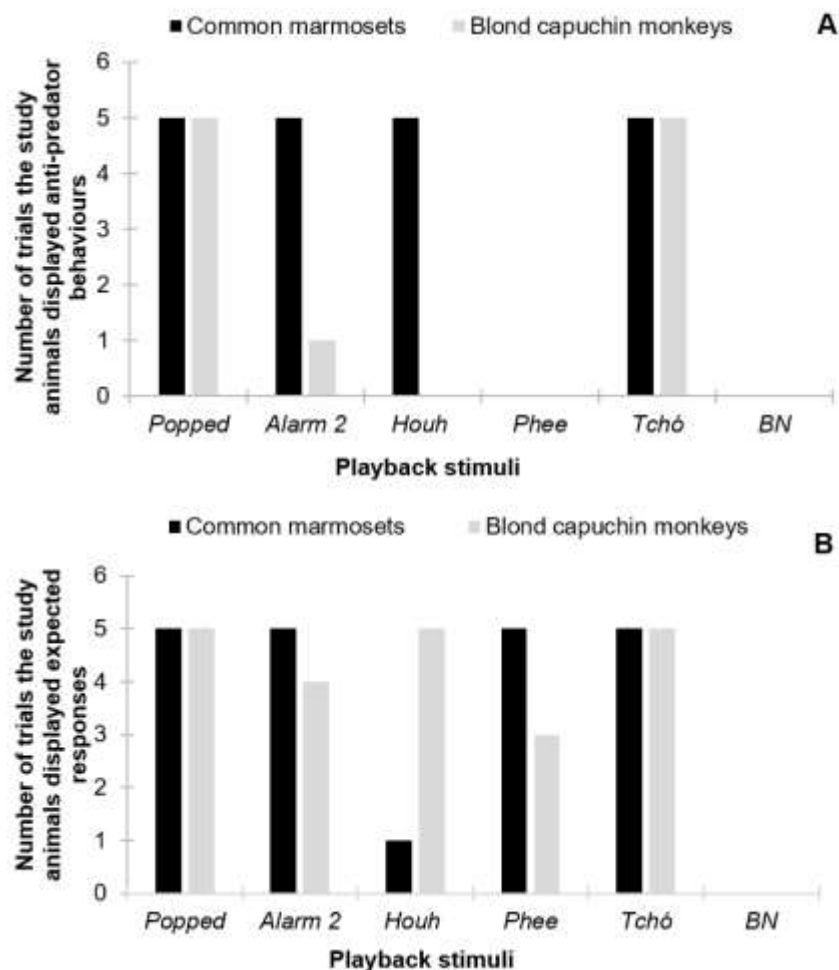


Figure 3- Behavioral responses to playback stimuli. A) Anti-predator response; B) Expected responses; BN = Background Noise.

Behaviors observed before playback experiments for blonde capuchin monkeys and common marmosets were “foraging and feeding”, “locomotion” and “still, resting and looking around randomly and calmly”. Behaviors observed after playback stimuli included “flee”, “vigilance”, “look in the direction of the speaker”, “travel triggered by stimuli”, “resting looking around triggered by stimuli” and the same behaviors they did before the stimuli. Neither species demonstrated a change in behavior in response to the forest background noise control stimulus (Electronic supplementary material – Appendix E).

4.1.7 Playback Experiment - Vocal responses

No significant difference was found in the vocalization rate of blonde capuchin monkeys and common marmosets after experimentally playback vocalization stimuli and a forest background noise control stimulus (Table 3). Even though there was not a significant increase or reduction in call rate after call playback, there was variation in the actual types of vocalizations produced before and after the call playback (Electronic supplementary material – Appendix F, G, H, I, J and K).

Table 3- Call rate before and after stimuli were broadcasted for both blonde capuchin monkeys (*Sapajus flavius*) and common marmosets (*Callithrix jacchus*) in a forest fragment in Northeastern Brazil. Wilcoxon tests.

Stimuli	Blonde capuchin monkeys				Common marmosets			
	Mean±SE Before	Mean ±SE After	Z	p	Mean ±SE Before	Mean ±SE After	Z	p
<i>Popped</i>	0.99 ±0.33	1.38 ±0.50	-1.47	0.141	0.0 ±0.0	0.0 ±0.97	-1.34	0.180
<i>Alarm 2</i>	0.93 ±0.43	0.72 ±0.47	-1.07	0.285	0.0 ±0.0	0.0 ±0.20	-1.00	0.317
<i>Houh</i>	0.66 ±0.36	0.33 ±0.18	0	1.00	0.70 ±0.58	0.70 ±0.37	-0.32	0.715
<i>Phee</i>	0.58 ±0.24	1.01 ±0.43	-0.73	0.465	0.10 ±0.10	0.10 ±0.20	-1.00	0.317
<i>Tchó</i>	0.50 ±0.09	0.87 ±0.33	-1.46	0.144	0.70 ±0.70	0.70 ±0.80	-1.00	0.317
Forest background noise	0.66 ±0.20	0.47±0.12	-0.92	0.357	0.10±0.10	0.10±0.0	-1.00	0.317

DISCUSSION

Encounters between common marmosets and blonde capuchin monkeys during the study period were exclusively vocal. Although these two species live in syntopy, there was no evidence of physical or visual interactions between the two species as commonly observed in

several other syntopic primate species (e.g. Milton, 1981; Eckardt & Zuberhühler, 2004; Cunha, Vieira & Grelle, 2006; Haugaasen & Peres, 2009; Cords & Würsig, 2014; Camarotti, Silva, & Oliveira, 2015). Only one evident physical-visual event has been documented between the two species in the area, and this was observed outside of the study period (i.e. April 2012) and appeared to be a potential predation attempt by a blonde capuchin monkey on a marmoset. Flight and vigilance behaviors demonstrated by marmosets in this single event (and also when exposed to blonde capuchin monkey vocalizations both naturally and experimentally) indicate that blonde capuchin monkeys may be perceived as potential predators by the marmosets (Blanchard, Blanchard, Rodgers, & Weiss, 1991; Lindshield, Danielson, Rothman, & Pruetz, 2017). This idea is reinforced when considering the fact that capuchin monkeys are known to prey upon smaller primates, i.e. Red-bellied titi monkey, owl monkey and common marmoset (e.g. Sampaio & Ferrari, 2005; Carretero-Pinzón, Defler & Ferrari, 2008; Albuquerque et al., 2014).

When blonde capuchin vocalizations were produced naturally nearby, the common marmosets fled, indicating that marmosets are not only aware of the presence of blonde capuchin monkeys but they are also aware of the distance of blonde capuchin monkeys in relation to them. Common marmosets are known to alter the amplitude of their contact calls depending on the distance of the listener (Choi, Takahashi, & Ghazanfar, 2015) and the level of background noise (Brumm, Voss, Köllmer, & Todt, 2004). This flexibility and ability to accurately perceive information in vocalizations, even in environments with high levels of noise, may allow the marmosets to protect themselves against potential predators. Indeed, we observed that blonde capuchin monkeys and common marmosets utilized the same study areas but during different times of the day. Common marmosets appeared to use spatial information contained in blonde capuchin monkey vocalizations to avoid potentially costly physical/visual encounters and to allow for the two species to use the shared space with minimal conflict.

Blonde capuchin monkeys demonstrated anti-predator behaviors in response to their own alarm vocalizations and to the *Tchó* stimulus of the golden-backed uakari during playback experiments. On the other hand, common marmosets demonstrated anti-predator behavior in response to their own alarm vocalizations, to the *Tchó* stimulus and to the two blonde capuchin monkey vocalizations. Although both species demonstrated anti-predator behavior in response to the *Tchó* stimulus, the behaviors of each species were different: blonde capuchin monkeys demonstrated an immediate flight response whereas common marmosets demonstrated vigilance behavior. This may be due to the fact that blonde capuchin vocalizations and golden-backed uakari vocalizations have similar frequencies (Bezerra & Souto, 2008; Bezerra, Souto,

& Jones, 2010a; Bastos et al., 2015). Blonde capuchin monkeys are probably not exposed to vocalizations with frequencies similar to their own in the study area. Considering that the size of a vocalizing primate can be associated with the frequency parameters of their vocalizations (Bowling et al., 2017), it is possible that the blonde capuchin monkeys perceived the *Tchó* as a vocalization belonged to a larger animal, which may have triggered the flight response. However, we cannot rule out the possibility that they found the acoustic signal to be a response to an unexpected novel sound, which resulted in the aversion and fear behaviors demonstrated (Talling, Waran, Wathes, & Lines, 1998; Biedenweg, Parsons, Fleming, & Blumstein, 2011). Playback experiments with harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) show that the emission of loud and unexpected experimental noises frighten and provoke flight responses in the species (Teilmann et al., 2006). Also, we cannot disregard the idea that marmosets and capuchins displayed different behaviors in response to the uakari call simply because of their specific strategies to deal with potential threats.

Although blonde capuchin monkeys and common marmosets reacted as expected in response to the alarm calls (i.e. fleeing, becoming vigilant), there was no evidence to indicate any understanding of vocalization context, since vigilance behavior was also observed as a marmoset response to long distance blonde capuchin vocalizations. As previously mentioned, marmosets may be using blonde capuchin monkey vocalizations to detect their presence, which suggests that they perceive blonde capuchin monkeys as potential predators. Some animals may benefit from recognizing the alarm calls of other species and it is possible that they use this to avoid encounters with potential predators (e.g. Hurd, 1996; Oda, 1998; Ramakrishnan & Cross, 2000; Magrath, Pitcher, & Gardner, 2007; Lea, Barrera, Tom & Blumstein, 2008; Magrath, Pitcher, & Gardner, 2009; Seiler et al., 2013). This may be advantageous to an individual when alone or when in a mixed species group (Goodale & Kotagam, 2008; Suzuki, 2016). Interspecific acoustic eavesdropping may be advantageous and could directly influence the behavior and the use of the habitat of the individuals of the species that obtain information by listening to the vocal interactions of others (Ridley, Wiley, & Thompson, 2014). The information obtained in acoustic eavesdropping is particularly advantageous in sympatric species that live in association with one another (e.g. Oda, 1998; Zuberbuhler, 2000; Rainey, Zuberbuhler & Slater, 2004; Fichtel, 2004; Fichtel & Manser, 2010), which is not the case with the species studied here, which avoid, rather than associate with each other. Common marmosets and blonde capuchins are nonetheless sympatric species with broadly similar diurnal activity periods and thus, avoidance seem to be an active behavioral process mediated by vocal signals. Also, the fact that marmoset potentially uses the calls of capuchins (besides alarm calls)

to infer they proximity could also be considered eavesdropping because the animals are exploring signals of other individuals that are not directed to it.

Although there was no evidence of any physical or visual interactions between the two species, their use of the habitat appears to be temporally segregated. When confronted with their own vocalizations played back experimentally, the behavioral and vocal responses of common marmosets and blonde capuchin monkeys were consistent with behaviors previously described in response to these vocalizations (i.e. Vitale, Zanzoni, Queyras, & Chiarotti, 2003; Bastos et al., 2015; Bezerra & Souto, 2008). The behavior and vocalizations of the common marmosets in response to blonde capuchin monkey vocalizations (produced both naturally and experimentally) suggest that marmosets associate blonde capuchin monkeys with potentially threatening situations.

REFERENCES

- Albuquerque, N. M., Silvestre, S. M., Cardoso, T. S., Ruiz-Esparza, J. M., Rocha, P. A., Beltrão-Mendes, R., & Ferrari, S. F. (2014). Capture of a common marmoset (*Callithrix jacchus*) by a capuchin monkey (*Sapajus* sp.) in the Ibura National Forest, Sergipe (Brazil). *Neotropical Primates*, 21(2), pp.218-220. DOI:10.1896/044.021.0216
- Bastos, M., Souto, A., Jones, G., Eason, P., Bione, C., Schiel, N., & Bezerra, B. (2015). Vocal repertoire of wild blonde capuchin monkeys (*Sapajus flavius*) and contextual use of calls. *American Journal of Primatology*, 77(6), pp.605-617. DOI:10.1002/ajp.22384
- Bezerra, B. M., & Souto, A. (2008). Structure and usage of the vocal repertoire of *Callithrix jacchus*. *International Journal of Primatology*, 29(3), p.671. DOI: 10.1007/s10764-008-9250-0
- Bezerra, B. M., Bastos, M., Souto, A., Keasey, M. P., Eason, P., Schiel, N., & Jones, G. (2014). Camera trap observations of nonhabituated critically endangered wild blonde capuchin monkeys, *Sapajus flavius* (formerly *Cebus flavius*). *International Journal of Primatology*, 35(5), pp.895-907. DOI:10.1007/s10764-014-9782-4
- Bezerra, B. M., Souto, A. S., & Jones, G. (2010a). Vocal repertoire of golden-backed uakaris (*Cacajao melanocephalus*): call structure and context. *International Journal of Primatology*, 31(5), pp.759-778. DOI:10.1007/s10764-010-9427-1
- Bezerra, B. M., Souto, A. S., & Jones, G. (2010b). Responses of golden-backed uakaris, *Cacajao melanocephalus*, to call playback: implications for surveys in the flooded Igapó forest. *Primates*, 51(4), pp.327-336. DOI:10.1007/s10329-010-0206-6
- Biedenweg, T. A., Parsons, M. H., Fleming, P. A., & Blumstein, D. T. (2011). Sounds scary? Lack of habituation following the presentation of novel sounds. *PLoS One*, 6(1), p.e14549. DOI:10.1371/journal.pone.0014549

- Blanchard, R. J., Blanchard, D. C., Rodgers, J. & Weiss, S. M. (1991). The characterization and modelling of antipredator defensive behavior. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 14(4), pp.463-472. DOI:10.1016/S0149-7634(05)80069-7
- Bowling, D. L., Garcia, M., Dunn, J. C., Ruprecht, R., Stewart, A., Frommolt, K. H., & Fitch, W. T. (2017). Body size and vocalisation in primates and carnivores. *Scientific Reports*, 7, p.41070. DOI:10.1038/srep41070
- Bradbury, J. W., & Vehrencamp, S. L. (1998). Principles of animal communication. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- 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), pp.443-448. DOI:10.1242/jeb.00768
- Camarotti, F. L., Silva, V. L., & Oliveira, M. A. (2015). The effects of introducing the Amazonian squirrel monkey on the behavior of the northeast marmoset. *Acta Amazonica*, 45(1), pp.29-34. DOI:10.1590/1809-4392201400305
- Carretero-Pinzón, X., Defler, T. R., & Ferrari, S. F. (2008). Observation of black-capped capuchins (*Cebus apella*) feeding on an owl monkey (*Aotus brumbacki*) in the Colombian llanos. *Neotropical Primates*, 15(2), 62-63.
- Castro Leão, A., Neto, A. D. D., & Sousa, M. B. C. (2009). New developmental stages for common marmosets (*Callithrix jacchus*) using mass and age variables obtained by K-means algorithm and self-organizing maps (SOM). *Computers in Biology and Medicine*, 39(10), 853-859. DOI:10.1016/j.combiomed.2009.05.009
- Cerqueira, R., Marroig, G., & Finder, L. (1998). Marmosets and lion-tamarins distribution (Callitrichidae, Primates) in Rio de Janeiro state, south-eastern Brazil. *Mammalia*, 62(2), 213-226. DOI:10.1515/mamm.1998.62.2.213
- 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. DOI:10.1152/jn.00228.2015
- Cords, M., Würsig, B. (2014). A mix of species: associations of heterospecifics among primates and dolphins. In Yamagiwa, J. & Karczmarski, L. (Eds.), *Primates and Cetaceans: Field Research and Conservation of Complex Mammalian Societies* (p. 409-431). Japan, Springer.
- Cunha, A. A., Vieira, M. V., & Grelle, C. E. (2006). Preliminary observations on habitat, support use and diet in two non-native primates in an urban Atlantic forest fragment: The capuchin monkey (*Cebus* sp.) and the common marmoset (*Callithrix jacchus*) in the Tijuca forest, Rio de Janeiro. *Urban Ecosystems*, 9(4), 351-359. DOI:10.1007/s11252-006-0005-4
- Eckardt, W., & Zuberbühler, K. (2004). Cooperation and competition in two forest monkeys. *Behavioral Ecology*, 15(3), 400-411. DOI:10.1093/beheco/arh032

Fichtel, C. (2004). Reciprocal recognition of sifaka (*Propithecus verreauxi verreauxi*) and redfronted lemur (*Eulemur fulvus rufus*) alarm calls. *Animal Cognition*, 7(1), 45-52. DOI:10.1007/s10071-003-0180-0

Fichtel, C., & Manser, M. (2010). Vocal communication in social groups. In Kappeler, P. (Ed.). *Animal Behaviour: Evolution and mechanisms* (pp. 29-54). Berlin Heidelberg: Springer. DOI:10.1007/978-3-642-02624-9_2

Fischer, J., Noser, R., & Hammerschmidt, K. (2013). Bioacoustic field research: a primer to acoustic analyses and playback experiments with primates. *American Journal of Primatology*, 75(7), 643-663. DOI:10.1002/ajp.22153

Francisco, O., Medeiros, R., Santos, D., & Matos, R. (2015). Classificação climática de Koppen e Thrnhtwaite para o estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8(4), 1006-1016.

Freese, C., & Oppenheimer, J. R. (1981). The capuchin monkeys, genus *Cebus*. In Coimbra-Filho, A. F. & Mittermeier, R. A. (Eds.). *Ecology and Behavior of Neotropical Primates: Academia Brasileira de Ciências*. (p. 331–390). Rio de Janeiro.

Galdikas, B. M. (1983). The orangutan long call and snag crashing at Tanjung Puting Reserve. *Primates*, 24(3), 371-384. DOI:10.1007/BF02381982

Goodale, E., & Kotagama, S. W. (2008). Response to conspecific and heterospecific alarm calls in mixed-species bird flocks of a Sri Lankan rainforest. *Behavioral Ecology*, 19(4), 887-894. DOI:10.1093/beheco/arn045

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(3), 641-670. DOI:10.1007/s10764-008-9263-8

Haugaasen, T., & Peres, C. A. (2009). Interspecific primate associations in Amazonian flooded and unflooded forests. *Primates*, 50(3), 239-251. DOI:10.1007/s10329-009-0135-4

Hebets, E. A., Barron, A. B., Balakrishnan, C. N., Hauber, M. E., Mason, P. H. & Hoke, K. L. (2016). A systems approach to animal communication. *Proceedings of the Royal Society of London B Biological Sciences*, 283(1826), 20152889. DOI: 10.1098/rspb.2015.2889.

Hilário, R. R., & Ferrari, S. F. (2015). Dense understory and absence of capuchin monkeys (*Sapajus xanthosternos*) predict higher density of common marmosets (*Callithrix jacchus*) in the Brazilian Northeast. *American Journal of Primatology*, 77(4), 425-433. DOI:10.1002/ajp.22358

Hurd, C. R. (1996). Interspecific attraction to the mobbing calls of black-capped chickadees (*Parus atricapillus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 38(4), 287-292. DOI:10.1007/s002650050244

Koda, H. (2012). Possible use of heterospecific food-associated calls of macaques by sika deer for foraging efficiency. *Behavioural Processes*, 91(1), 30-34. DOI:10.1016/j.beproc.2012.05.006

- Laidre, M. E., & Johnstone, R. A. (2013). Animal signals. *Current Biology*, 23(18), R829-R833. DOI:10.1016/j.cub.2013.07.070
- Lea, A. J., Barrera, J. P., Tom, L. M., & Blumstein, D. T. (2008). Heterospecific eavesdropping in a nonsocial species. *Behavioral Ecology*, 19(5), 1041-1046. DOI:10.1093/beheco/arn064
- Lindshield, S., Danielson, B. J., Rothman, J. M., & Pruett, J. D. (2017). Feeding in fear? How adult male western chimpanzees (*Pan troglodytes verus*) adjust to predation and savanna habitat pressures. *American Journal of Physical Anthropology*. DOI: 10.1002/ajpa.23221
- Magrath, R. D., Pitcher, B. J., & Gardner, J. L. (2007). A mutual understanding? Interspecific responses by birds to each other's aerial alarm calls. *Behavioral Ecology*, 18(5), 944-951. DOI:10.1093/beheco/arm063
- Magrath, R. D., Pitcher, B. J., & Gardner, J. L. (2009). Recognition of other species' aerial alarm calls: speaking the same language or learning another? *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 276(1657), 769-774. DOI: 10.1098/rspb.2008.1368
- Masseti, M., & Veracini, C. (2010). The first record of Marcgrave's capuchin in Europe: South American monkeys in Italy during the early sixteenth century. *Archives of Natural History*, 37(1), 91-101. DOI:10.3366/E0260954109001673
- McComb, K., & Semple, S. (2005). Coevolution of vocal communication and sociality in primates. *Biology Letters*, 1(4), 381-385. DOI: 10.1098/rsbl.2005.0366
- Milton, K. (1981). Food choice and digestive strategies of two sympatric primate species. *The American Naturalist*, 117(4), 496-505. DOI: 10.1086/283730
- Oates, J. F., & Whitesides, G. H. (1990). Association between olive colobus (*Procolobus verus*), diana guenons (*Cercopithecus diana*), and other forest monkeys in Sierra Leone. *American Journal of Primatology*, 21(2), 129-146. DOI: 10.1002/ajp.1350210206
- Oda, R. (1998). The responses of Verreaux's sifakas to anti-predator alarm calls given by sympatric ring-tailed lemurs. *Folia Primatologica*, 69(6), 357-360. DOI: 10.1159/000021651
- Oliveira, 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*, 523:1-16.
- Pearce, J. M. (2013). Animal learning and cognition: An Introduction. Psychology Press. 432p
- Pereira, G. A., Girão, W., Pacheco, G. L., & Brito, M. T. (2005). Primeiro registro documentado de *Hepsilochmus pectoralis* Sclater, 1857 no estado da Paraíba, Brasil. *Atualidades Ornitológicas*, 127, 29-32.
- Rainey, H. J., Zuberbühler, K., & Slater, P. J. (2004). Hornbills can distinguish between primate alarm calls. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271(1540), 755.

- Ramakrishnan, U., & Coss, R. G. (2000). Recognition of heterospecific alarm vocalisation by Bonnet macaques (*Macaca radiata*). *Journal of Comparative Psychology*, 114(1), 3. DOI:10.1037/0735-7036.114.1.3
- Ridley, A. R., Wiley, E. M., & Thompson, A. M. (2014). The ecological benefits of interceptive eavesdropping. *Functional Ecology*, 28(1), 197-205. DOI:10.1111/1365-2435.12153
- Ruiz-Miranda, C. R., Affonso, A. G., Morais, M. M. D., Verona, C. E., Martins, A., & Beck, B. B. (2006). Behavioral and ecological interactions between reintroduced golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia*, Linnaeus, 1766) and introduced marmosets (*Callithrix* spp, Linnaeus, 1758) in Brazil's Atlantic Coast forest fragments. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49(1), 99-109. DOI:10.1590/S1516-89132006000100012
- Sampaio, D. T., & Ferrari, S. F. (2005). Predation of an infant titi monkey (*Callicebus moloch*) by a tufted capuchin (*Cebus apella*). *Folia Primatologica*, 76(2), 113-115. DOI:10.1159/000083617
- Seiler, M., Schwitzer, C., Gamba, M., & Holderied, M. W. (2013). Interspecific semantic alarm call recognition in the solitary Sahamalaza sportive lemur, *Lepilemur sahamalazensis*. *PLoS One*, 8(6), e67397. DOI:10.1371/journal.pone.0067397
- Seyfarth, R. M., Cheney, D. L., & Marler, P. (1980). Monkey responses to three different alarm calls: evidence of predator classification and semantic communication. *Science*, 210(4471), 801-803.
- Shettleworth, S. J. (1998). *Cognition, evolution and behavior*: Oxford University Press. New York.
- Siegel, S., & Castellan Jr, N. J. (1975). *Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento*. Artmed Editora.
- Snowdon, C. T. (2011). Comunicação. In Yamamoto, M. E. & Volpato, G. L. (Eds.), *Comportamento Animal*: EDUFRRN. (p. 131-157). Natal.
- Spillmann, B., van Noordwijk, M. A., Willems, E. P., Mitra Setia, T., Wipfli, U., & van Schaik, C. P. (2015). Validation of an acoustic location system to monitor Bornean orangutan (*Pongo pygmaeus wurmbii*) long calls. *American Journal of Primatology*, 77(7), 767-776. DOI:10.1002/ajp.22398
- Spillmann, B., van Schaik, C. P., Setia, T. M., & Sadjadi, S. O. (2017). who shall I say is calling? Validation of a caller recognition procedure in Bornean flanged male orangutan (*Pongo pygmaeus wurmbii*) long calls. *Bioacoustic*, 26(2), 109-120.
- Stevenson, M. F., & Rylands, A. B. (1988). The marmosets, genus *Callithrix*. In Mittermeier, R. A., Rylands, A. B., Coimbra-Filho, A. F., Fonseca, G. A. (Eds.), *Ecology and Behavior of Neotropical primates*: World Wildlife Foundation. Washington DC.
- Strier, K. B. (2007). *Primate behavioral ecology*. Routledge: Pearson Allyn and Bacon.

- Suzuki, T. N. (2016). Referential calls coordinate multi-species mobbing in a forest bird community. *Journal of Ethology*, 34(1), 79-84. DOI: 10.1007/s10164-015-0449-1
- Talling, J. C., Waran, N. K., Wathes, C. M., & Lines, J. A. (1998). Sound avoidance by domestic pigs depends upon characteristics of the signal. *Animal Behaviour Science*, 58(3), 255-266. DOI: 10.1016/S0168-1591(97)00142-1
- Teilmann, J., Tougaard, J., Miller, L. A., Kirketerp, T., Hansen, K., & Brando, S. (2006). Reactions of captive *Harbor Porpoises* (*Phocoena phocoena*) to pinger-like sounds. *Marine Mammal Science*, 22(2), 240-260. DOI:10.1111/j.1748-7692.2006.00031.x
- 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. DOI:10.1002/ajp.10060
- Watts, D. P., & Amsler, S. J. (2013). Chimpanzee-red colobus encounter rates show a red colobus population decline associated with predation by chimpanzees at Ngogo. *American Journal of Primatology*, 75(9), 927-937. DOI:10.1002/ajp.22157
- Watts, D. P., & Mitani, J. C. (2015). Hunting and prey switching by chimpanzees (*Pan troglodytes schweinfurthii*) at Ngogo. *International Journal of Primatology*, 36(4), 728-748. DOI:10.1007/s10764-015-9851-3
- Zuberbühler, K. (2000). Interspecies semantic communication in two forest primates. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 267(1444), 713-718.
- Zuberbühler, K., Jenny, D., & Bshary, R. (1999). The predator deterrence function of primate alarm calls. *Ethology*, 105(6), 477-490. DOI:10.1046/j.1439-0310.1999.00396.x
- Zuberbühler, K., Noë, R., & Seyfarth, R. M. (1997). Diana monkey long-distance calls: messages for conspecifics and predators. *Animal Behaviour*, 53(3), 589-604. DOI:10.1006/anbe.1996.0334

**5 CAPÍTULO III: O QUE TEM NO CARDÁPIO? O PAPEL
DE PLANTAS EXÓTICAS, DA DISPONIBILIDADE DE
ALIMENTOS E DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS SOBRE A
DIETA DO MACACO-PREGO-GALEGO, *Sapajus flavius***

INTRODUÇÃO

Todo animal necessita de uma fonte de energia alimentar para seu desenvolvimento e sobrevivência no meio. A caracterização da dieta é essencial para um melhor entendimento sobre o comportamento, ecologia, morfologia e fisiologia dos animais (Clink et al., 2017). Entre os primatas, existe uma grande variedade de tipos de dietas, as quais são usualmente classificadas levando-se em consideração a seletividade em relação a alimentos de origem animal e vegetal (e.g. frutos e folhas). Baseado na frequência de consumo desses itens, os primatas são classificados em frugívoros, folívoros, carnívoros, insetívoros, e onívoros (Nash, 1986; Chapman, 1987; Fleagle, 2013; Rylands & Mittermeier, 2013). O consumo de diferentes itens alimentares por primatas confere um balanço nutricional para o funcionamento adequado de seu sistema fisiológico e de suas habilidades comportamentais, para atender as necessidades energéticas do indivíduo (Hohmann et al., 2010; Rothman et al., 2011; Foerster et al., 2012; Lambert & Rothman, 2015).

A seleção dos itens alimentares consumidos pode estar diretamente relacionada ao tamanho dos indivíduos de uma determinada espécie, o que vai determinar a quantidade de nutrientes e energia necessária para funcionamento de seu metabolismo (Oftedal, 1991; Cant, 1992). Além disso, outros fatores também influenciam nesta seleção alimentar, tais como a dentição do animal, que define a capacidade de perfuração e mastigação do alimento (Anapol & Lee, 1994; Barnett et al., 2016), e a morfo-fisiologia digestiva, a qual reflete diferenças na bioquímica e estrutura do estômago e intestino (Nash, 1986; Chivers & Hladik, 1980; Sussman, 1991). A disponibilidade de recurso no habitat também pode induzir mudanças no comportamento alimentar e de forrageio de primatas (Hamilton, 1985; Stone, 2007; Chaves & Bicca-Marques, 2015), influenciando ainda na estrutura social do grupo para otimizar a obtenção do alimento (Wrangham, 1980; Whitten, 1983; Pinacho-Guendulain & Ramos-Fernández, 2017). A disponibilidade sazonal de recursos não só influencia padrões de consumo de determinados itens da dieta dos primatas (e.g. Chaves & Bicca-Marques, 2015), como também pode causar variações na densidade populacional (e.g. Mourthé, 2014) e resultar em sazonalidade reprodutiva (Jin-Fa et al., 2014).

Comumente, os primatas adaptam-se bem às variações sazonais na disponibilidade de recursos (e.g. Gursky, 2000; Mourthé, 2014; Paim et al., 2017). E devido à grande flexibilidade de forrageio, quando os alimentos preferidos encontram-se indisponíveis, muitos fazem uso de recursos que não são de sua preferência (i. e. os chamados *fallback foods*) (Marshall &

Wrangham, 2007; Spagnoletti et al., 2012; Chaves & Bicca-Marques, 2016; Clink et al., 2017). Em geral o termo *fallback food*, para primatas, está usualmente associado a preferência alimentar, disponibilidade (abundância absoluta ou abundância relativa) de alimentos preferidos e compensação de energia e nutrientes (Lambert & Rothman, 2015). Isto é, a definição gira em torno de preferência e importância dos alimentos, onde a preferência estará associada à escolha dietética, e a importância relaciona-se à nutrição, ingestão de calorias e tempo despendido na aquisição e consumo (Marshall & Wrangham, 2007). São reconhecidos dois tipos de *fallback food*: o *fallback food staple* ou *fallback food básico* (i.e. alimento substituto mais importante), e o *fallback food filler* (i.e. alimento substituto tipo suplemento) (Marshall & Wrangham, 2007).

Diferenças nas condições abióticas e ecológicas entre localidades são vistas como determinantes das variações de composição da dieta de primatas (Hladik & Chivers, 1978; Chapman & Chapman, 1990; Hill & Dunbar, 2002). Variações de pluviosidade, por exemplo, impõem restrições na disponibilidade de recursos alimentares em função do impacto causado na fenologia e distribuição de espécies vegetais (Dunbar, 1992). A frequência na alimentação e, conseqüentemente, qualidade da dieta também podem variar em função da temperatura. Por exemplo, em períodos de temperaturas mais baixas, primatas tendem a aumentar a alimentação supostamente para compensar o gasto de energia necessário para termorregulação (Iwamoto & Dunbar 1983; Agetsuma, 2000; Caselli & Setz 2011). A Floresta Atlântica, habitat de diversos primatas neotropicais, por exemplo, está sob forte influência de variações geoclimáticas no que diz respeito a diferenciação florística da vegetação (Morellato et al., 2000; Oliveira-Filho & Fontes 2000; Nettesheim et al., 2010) e que conseqüente influencia na dieta desses animais. A Mata Atlântica brasileira tem sofrido contínua pressão e exploração antrópica (e.g. ocupação humana, agricultura, pecuária e poluição) pelos últimos 500 anos desde a ocupação européia no Brasil (Colombo & Joly 2010; Joly et al., 2014; Scarano & Ceotto 2015; Eisenlohr et al., 2015). Ambientes impactados, com altas temperaturas, enriquecimento de gás carbônico e deposição de nitrogênio são cenários perfeitos para estabilidade de plantas exóticas (Liu et al., 2017), muitas das quais acabam sendo peça chave na dieta de algumas espécies de primatas, substituindo itens naturais (de Thoisy & Richard-Hansen, 1997; Chaves & Bicca-Marques, 2016).

No trabalho, almejamos entender como plantas exóticas, disponibilidade de recursos e variáveis ambientais (i.e. regime pluviométrico, temperatura e tamanho do fragmento) influenciam o padrão de dieta do macaco-prego-galego (*Sapajus flavius*), um primata Criticamente Ameaçado de Extinção e endêmico da Mata Atlântica do Nordeste do Brasil

(Oliveira et al., 2015; Fialho et al., 2014). A espécie era considerada extinta até o ano de 2006 (Oliveira & Langguth 2006; Mendes Pontes et al., 2006), já foi considerada uma das 25 espécies mais ameaçadas do planeta (Mittermeier et al., 2012) e hoje sobrevive em 29 pequenos e impactados fragmentos de Mata Atlântica no Nordeste do Brasil (Fialho et al., 2014). Os macacos-prego-galegos são considerados onívoros, prevalecendo uma dieta frugívora-insetívora (Valença-Montenegro, 2011; Bione, 2011; Bastos, 2012; Malta & Mendes Pontes, 2013; Rodrigues, 2013; Medeiros, 2015; Jerônimo, 2017; Medeiros, 2017). A flexibilidade e habilidade de forrageamento dos macacos-prego-galegos merecem destaque, havendo inclusive o registro de consumo de um produto de monocultura, a cana de açúcar (Malta & Mendes Pontes, 2013), e de uso de ferramentas para obtenção de cupins (Souto et al., 2011).

Dessa forma, considerando a importância da espécie no cenário de conservação e a necessidade de maior entendimento sobre sua dieta para auxiliar nas ações de conservação, neste trabalho nós: i) compilamos dados sobre a dieta do macaco-prego-galego considerando estudos realizados em cinco populações de macacos-prego-galegos no Nordeste do Brasil; ii) detalhamos a dieta de uma dessas populações, levando em consideração dados de observação direta dos animais e inspeção de fezes coletados ao longo de seis anos, iii) verificamos como o regime pluviométrico influencia a disponibilidade de recursos e a dieta, e por fim, iv) investigamos que variáveis ambientais ou conjunto de variáveis (i.e. tamanho do fragmento, temperatura e pluviosidade) melhor explicariam o padrão de variáveis biológicas (i.e. tamanho populacional e variedade da dieta) observado atualmente para a espécie. Nós esperávamos que um maior regime pluviométrico refletisse em uma maior disponibilidade de recursos e uma maior diversidade de itens consumidos por macacos-prego-galegos na Mata Atlântica. Além disso, esperávamos que quanto mais diversificada fosse a disponibilidade de frutos, mais variada seria a sua dieta, implicando que eles se utilizariam do potencial de produção da área para garantir um balanço nutricional adequado. Por fim, esperávamos, ainda, que o tamanho populacional e a variedade da dieta de indivíduos das populações observadas seriam um reflexo das características ambientais de temperatura, pluviosidade e tamanho do fragmentos onde elas se encontram.

METODOLOGIA

5.1.1 Animais e Área de estudo

Um grupo com pelo menos 151 macacos-prego-galegos foi observado entre setembro de 2010 e dezembro de 2016 (ver Bastos et al., 2015; Medeiros, 2017; Bastos et al., 2018 para mais detalhes sobre a população investigada) em um fragmento de Mata Atlântica localizado no município de Mataraca no Estado da Paraíba, nordeste do Brasil (06°29.902'S - 034°58.704'O). O fragmento pertence à empresa Cristal Mineração do Brasil Ltda e abrange uma área total de aproximadamente 936 ha de mata Atlântica nativa e secundária. O clima é do tipo Tropical com estação seca de inverno, segundo a classificação de Köppen (Francisco et al., 2015), caracterizando-se como tropical e chuvoso, com uma curta estação seca (Pereira et al., 2005). A temperatura média no período total do trabalho foi de 26,1 °C (com mínima 19 °C em agosto e setembro/2013 e máxima 36 °C em outubro/2010) (Dados de temperatura foram obtidos do site *Time and Date*, para o município de Mataraca, PB, Brasil - <http://www.timeanddate.com/>). A precipitação média dos anos foi de 135,9 mm (com o ano de 2011 representando o mais chuvoso dentre estes) (Dados fornecidos pela Cristal Mineração obtidos da estação meteorológica do local) (Figura 1).

A vegetação inicial ao processo de mineração na área (i.e. Mata Atlântica nativa) ocupava 95% da área da mineradora (1000 ha). Essa mata caracterizava-se por ser antropizada, ocorria exploração de madeira pelos antigos proprietários. Até junho de 2018, um total de 682 ha de vegetação foi suprimida devido ao processo de mineração e destes 618 ha foram reflorestados, encontrando-se em diferentes estágios de sucessão. Faltam apenas 9,4% da área impactada a ser recuperada. Os espaços reflorestados na área de estudo têm diferentes estados de sucessão, visto que os processos de reflorestamento ocorrem desde 1988..

Além disso, existem áreas de restinga sobre as dunas de areia costeiras, áreas alagadas próximo ao Rio Guaju, regiões de tabuleiro em planícies arenosas próximas à costa, o que caracteriza uma disjunção dos cerrados da região central do Brasil e um manguezal (Medeiros, 2017; Medeiros et al., *Submetido*). A densidade vegetacional medida da área de floresta é de 25,6 árvores/m² com distância média entre as árvores de 40,5 cm, e circunferência média das árvores a 1 m do chão de 24,9 cm. A densidade da vegetação foi calculada pelo método “do vizinho mais próximo” (Beasom & Haucke, 1975; Souto et al., 2007).

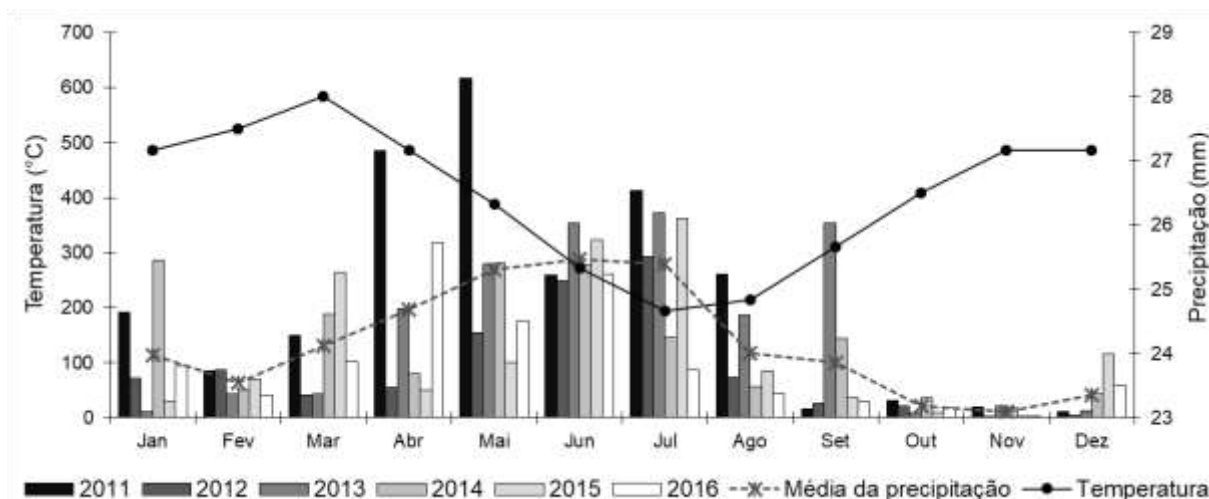


Figura 1- Precipitação e temperatura média entre setembro de 2010 e dezembro 2016 no fragmento de Mata Atlântica pertencente ao município de Mataraca-PB, onde o presente estudo foi realizado.

5.1.2 Coleta de dados

Um total de 2.941 horas foram despendidas em campo entre setembro de 2010 e dezembro 2016 na busca dos animais e de seus vestígios. Foram realizadas expedições com duração entre 8 e 10 dias por mês, entretanto, nem todos os meses de todos esses anos foram contemplados. Em 2010, foi realizado reconhecimento da área e início do processo habituação dos animais com os pesquisadores, entre setembro e dezembro. Em 2011, foram feitas expedições de janeiro a março e de agosto a dezembro, totalizando 350h de trabalho de campo. Em 2012, as expedições ocorreram entre os meses de janeiro e agosto, totalizando 417h de trabalho de campo. Em 2013, ocorreram expedições em novembro e dezembro, resultando 86h de trabalho de campo. Em 2014, as expedições ocorreram de janeiro até dezembro, 735h de trabalho de campo; Em 2015, as expedições ocorreram de janeiro até dezembro, 769h de trabalho de campo; Em 2016, expedições ocorreram de janeiro à dezembro, 753h de trabalho de campo.

5.1.3 Dados de dieta

A dieta do macaco-prego-galego foi definida, no presente estudo, através de: i) levantamento bibliográfico considerando todas as áreas naturais de ocorrência da espécie, e ii) dados de dieta dos animais na área investigada no presente estudo, considerando tanto observações diretas dos animais como coleta de recursos alimentares descartados com marcas de dentes, bem como do macaco-prego-galego e inspeção do conteúdo de amostras fecais desses animais coletadas durante o período de estudo.

Para o levantamento bibliográfico sobre a dieta do macaco-prego-galego, foram utilizadas as seguintes plataformas *on line* de busca: Web of Science, Google scholar, periódicos CAPES, Banco de Tese, PrimatLit e PubMed, considerando artigos e outros documentos publicados até abril de 2018. Os termos utilizados nas buscas foram: dieta do macaco-prego-galego, alimentação do macaco-prego-galego, forrageio, *Sapajus flavius*, *Cebus flavius*, macaco-galego e macaco-prego-galego. Esses termos em português e inglês, nas buscas, para abranger os estudos dos programas de pós-graduação no Brasil que ainda não tivessem sido disponibilizados na forma de artigo em ambas as línguas. Para a compilação da dieta utilizando o levantamento bibliográfico, foram considerados todos os artigos publicados em periódicos, capítulos de livro, teses de doutorado, dissertações de mestrado, monografias de conclusão de curso de graduação e especialização e resumos de congresso que focassem na dieta do macaco-prego-galego.

Para a coleta de dados de comportamento alimentar da população do fragmento de Mata Atlântica de Mataraca-PB, utilizamos o método “todas as ocorrências” (Altmann, 1974), onde registramos todos os eventos de consumo de recurso alimentar pelo macaco-prego-galego no decorrer dos meses de coleta de dados. Os recursos eram identificados no momento do consumo ou coletados para posterior identificação em laboratório. Os animais eram acompanhados para observações comportamentais e para coleta de fezes. Além disso, três locais específicos de defecação (i.e. latrinas) também foram usados em coletas sistemáticas de fezes dos macacos-prego-galegos. Para facilitar a observação dos animais, foram usadas 71 trilhas com comprimento médio 38,45 m e largura de 50 cm localizadas em áreas de difícil acesso no fragmento (totalizando 2,81 km). Os alimentos encontrados no fragmento contendo marcas de dentes dos macacos-prego-galegos foram identificados e registrados como evidência de item na dieta. Além disso, coletamos 2225 amostras de fezes dos animais no período do estudo, das quais 910 distribuídas em 45 meses de coleta foram aleatoriamente selecionadas e inspecionadas para maior detalhamento da dieta. Antes da inspeção, as fezes foram armazenadas em potes de acrílico (10 ml) e condicionadas em freezer (-20°C) ou álcool 70%. Utilizamos pinças e lupas sob aumento de 0.7 à 5.6 vezes para inspecionar as fezes. As demais amostras de fezes coletadas foram reservadas para estudos genéticos de estrutura populacional. Durante a triagem das fezes, separamos as sementes encontradas em morfotipos subjetivamente. Sempre que possível, as sementes foram identificadas após comparação com exemplares disponíveis nos herbários da Universidade Federal de Pernambuco (UFP - Herbário Geraldo Mariz), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PEUFR – Hérbário Professor Vasconcelos Sobrinho), da Universidade Federal da Paraíba (JPB - Herbário Lauro

Pires Xavier), no herbário do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), no banco de sementes localizado no Museu Guaju de Educação Ambiental na mineradora Cristal e pela listagem de flora da Mata Atlântica disponível em Lorenzi, 1949 (Vol. 1, 2 e 3). Além disso, extraímos medidas de comprimento, largura, espessura e massa das sementes. Os parâmetros largura, comprimento e espessura foram obtidos através de paquímetro digital (Mitutoyo, 500-143B). A massa foi aferida através da pesagem em balança analítica (Mod. FA2104, Capacidade Máxima: 210g/0,1mg). Obtivemos ainda imagens de todas as sementes através de uma câmera digital (Nikon Coolpix P600) e para os casos das sementes muito pequenas, utilizamos a máquina acoplada a uma lupa Zeiss modelo Stemi 2000-C.

5.1.4 Dados fenológicos e estimativa da disponibilidade de recursos vegetais

Fizemos o acompanhamento das fenofases de 76 espécies vegetais durante 12 meses (abril/2014 - março/2015). Essas espécies foram selecionadas por produzirem frutos potencialmente utilizáveis em dietas de primatas, baseando-se em nossas observações na área de estudo, nos relatos dos mateiros locais e também em levantamentos bibliográficos. Nem todas as espécies de plantas selecionadas possuíam registros prévios de consumo por macaco-prego-galego, mas eram fortes candidatos. Um número mínimo de cinco espécimes (exceto *Artocarpus integrifolia*, *Byrsonima crassifolia* e *Licania tomentosa*, para os quais encontramos apenas quatro espécimes na área de estudo) e o máximo de dez foram considerados para o estudo fenológicos. Dessa forma, um total de 707 espécimes foram acompanhados. Cada planta foi numerada e etiquetada com placas de acrílico, tendo sendo seguido os critérios de Bencker e Morellato (2002a) para determinação da fenofase. Para cada espécime foi amostrado a presença de frutificação (maduros/imaturos) (Bencker e Morellato, 2002b).

5.1.5 Análise de dados

Para verificar se nossa classificação *a priori* dos diferentes morfotipos de sementes encontradas nas fezes dos animais se apoiava em diferenças morfológicas significativas, realizamos uma análise PERMANOVA (Análise de Variância Permutacional), aplicada sobre uma matriz de distância Euclidiana. A análise PERMANOVA foi seguida do método PERMDISP (Anderson, 2006) para verificar diferenças de dispersão multivariada. A matriz foi também usada para o escalonamento multidimensional (nMDS). Para cálculo da distância Euclideana utilizamos as medidas normalizadas de largura, altura, espessura e massa das sementes, levando em consideração apenas os morfotipos com no mínimo 10 exemplares obtidos. Essas análises foram realizadas através do software PRIMER-e v.6.

Consideramos como “itens chave” na dieta do macaco-prego-galego, aqueles alimentos mais representativos na amostra. Para calcular a representatividade, calculamos a abundância relativa dos itens registrados por uma combinação de observações direta e análise de conteúdo fecal dos animais. Aqueles itens com alta representatividade na dieta, indicada aqui por uma abundância relativa igual ou superior a 3%, foram considerados como “itens chave” na dieta da espécie. A metodologia poderá vir a ser usada em estudos futuros comparativos sobre classificação de itens chave na dieta de primatas. Para esses itens chave da dieta, apresentamos o padrão de frutificação de um ano. Esse padrão foi obtido a partir de coleta de dados fenológicos, no qual calculamos o Percentual de intensidade de Fournier. Este é obtido em campo através de uma divisão subjetiva do espécime numa escala intervalar semi-quantitativa de 0 a 4, permitindo estimar a porcentagem de intensidade da fenofase em cada indivíduo. Contabilizamos então a soma dos valores de intensidade obtidos por mês de frutificação. Esse valor foi dividido pelo valor máximo possível (número de indivíduos multiplicado por quatro) e multiplicado por 100 para transformá-lo em um valor percentual (Fournier, 1974; Bencker & Morellato, 2002b). Esses dados foram apresentados em gráficos apenas para os itens chave da dieta.

A partir de dados referentes à presença e ausência de frutificação (i.e. frutos maduros e imaturos), estimamos a quantidade de itens alimentares vegetais disponíveis por mês. Fizemos correlação de Kendall Tau-b através do SPSS v. 24.0 para investigar se existe relação entre pluviosidade e a quantidade de itens vegetais disponíveis para o consumo do macaco-prego-galego na área de estudo. O mesmo teste foi usado para investigar se existe relação entre pluviosidade e os itens de fato consumidos pelo macaco-prego-galego na área durante o estudo. Tais correlações foram feitas considerando apenas os meses em que fizemos análises fenológicas na área, considerando tanto a dieta obtida por observação direta (n= 12 meses), como por inspeção fecal (n= 8 meses, visto que alguns meses em que realizamos levantamentos da fenologia não foram encontradas amostras fecais).

Para uma comparação à nível populacional, realizamos correlações de Kendall Tau-b através do SPSS v. 24.0 para determinar se houve relação entre variáveis ambientais (i.e. tamanho do fragmento, pluviosidade anual e temperatura anual) e variáveis biológicas relacionadas à cinco populações de macaco-prego-galego, (i.e. tamanho populacional, quantidade de tipos de itens de origem vegetal consumidos, quantidade de tipos de itens de origem animal consumidos, quantidade total de itens consumidos). A correlação de Kendall Tau-b é menos sensível aos erros de variação e mais apropriada para amostras pequenas como na nossa análise (i.e. cinco populações de macaco-prego-galego consideradas nas análises por

serem as únicas das 29 populações atualmente conhecidas com estudos que amostraram a dieta). Além disso, realizamos uma Análise BEST através do programa estatístico PRIMER-e v.6 para investigar que variáveis ambientais (ou conjunto das mesmas - i.e. tamanho do fragmento, pluviosidade anual e temperatura anual) podem melhor explicar o padrão das variáveis biológicas (i.e. tamanho populacional, quantidade de tipos de itens de origem vegetal consumidos, quantidade de tipos de itens de origem animal consumidos, quantidade total de itens consumidos) consideradas para populações de macaco-prego-galego. Os dados das matrizes de variáveis ambientais e variáveis biológicas foram normalizados antes da realização da análise BEST. Na análise foram considerados apenas dados de dieta obtidos por observação direta dos animais para as cinco populações para fins de comparabilidade e evitar viés de amostragem.

O nível de significância de 5% foi considerado em todas análises.

RESULTADOS

5.1.6 Dieta do macaco-prego-galego

Encontramos 10 trabalhos relatando a dieta da espécie, sendo uma tese de doutorado, quatro dissertações de mestrado, três monografias, um capítulo de livro e um artigo publicado em periódico. Esses estudos foram resultados de pesquisa feitas com cinco populações de macaco-prego-galego em fragmentos distintos no Nordeste do Brasil, sendo quatro no estado da Paraíba e uma em Pernambuco. A compilação dos dados de dieta relatados nesses estudos revelou 152 itens vegetais diferentes sendo consumidos pelos macacos-prego-galegos, sendo 26 identificados à nível de gênero, 90 à nível de espécie e 36 itens à nível de nome popular (Tabela 1). Os macacos-prego-galegos dessas populações fazem uso de diversas partes das plantas incluindo flores, frutos, folhas, sementes e caule. Quarenta itens de origem animal foram compilados para a dieta da espécie, dentre eles 23 invertebrados, 14 vertebrados e três produtos animais (ovos, mel e favo de mel) (Tabela 1).

Tabela 1- Itens alimentares compondo a dieta de macacos-prego-galegos distribuídos em cinco fragmentos de Mata Atlântica.

Família	Espécie	Nome popular local	Número de fragmentos com registros do item	Fonte
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Cajú	3	Valença Montenegro, 2011; Bastos, 2012; Rodrigues, 2013; Medeiros, 2015; Medeiros, 2017; presente estudo.
	<i>Mangifera indica</i> L.	Manga	3	Valença Montenegro, 2011; Bastos, 2012; Malta e Mendes Pontes, 2013; Medeiros, 2015; Medeiros, 2017; presente estudo.
	<i>Spondias mombin</i> L.	Cajá	2	Valença Montenegro, 2011; Rodrigues, 2013.
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Cupiúba	5	Valença Montenegro, 2011; Bastos, 2012; Rodrigues, 2013; Malta e Mendes Pontes, 2013; Lins, 2015; Medeiros, 2015; Medeiros, 2017; Jerônimo, 2017; presente estudo.
	<i>Thyrsodium salzmannianum</i> Benth.	Cabata leite	1	Lins, 2015
	<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	Manga-braba; Cabata branca	2	Malta e Mendes Pontes, 2013; Lins, 2015; Jerônimo, 2017.
Annonaceae	<i>Annona coriacea</i> Mart.	Araticum	1	Lins, 2015.
	<i>Annona glabra</i> L.	Panã	1	Valença Montenegro, 2011; Rodrigues, 2013.
	<i>Annona salzmannii</i> A.DC.		1	Rodrigues, 2013.
	<i>Annona</i> sp.		1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
	<i>Guatteria</i> sp.		1	Valença Montenegro, 2011.
	<i>Guatteria schomburgkiana</i> Mart.		1	Rodrigues, 2013.
	<i>Guatteria pogonopus</i> Mart.	Imbira preta	2	Rodrigues, 2013; Lins, 2015.
	<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	Semente de imbira	2	Valença Montenegro, 2011; Rodrigues, 2013.
	<i>Xylopia laevigata</i> Mart.		1	Rodrigues, 2013.
Apocynaceae	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes.	Mangaba	1	Bastos, 2012; presente estudo.

	<i>Himatanthus bracteatus</i> A.DC.		1	Rodrigues, 2013.
Araceae				
	<i>Philodendron</i> sp.		1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
	<i>Anthurium</i> sp.		1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
	<i>Monstera</i> sp.	Trepadeira	1	Valença Montenegro, 2011.
	<i>Monstera</i> sp. ¹		1	Rodrigues, 2013.
	<i>Monstera</i> sp. ²		1	Rodrigues, 2013.
	<i>Montrichardia linifera</i> Schott.	Aninga	3	Malta e Mendes Pontes, 2013; Rodrigues, 2013; Medeiros, 2017; presente estudo.
Araliaceae				
	<i>Schefflera morototoni</i> Aubl.	Sambacuim	2	Valença Montenegro, 2011; Rodrigues, 2013; Lins, 2015.
Arecaceae				
	<i>Acrocomia aculeate</i> Jacq.	Macaíba/Macaúba-barriguda	3	Valença Montenegro, 2011; Rodrigues, 2013; Malta e Mendes Pontes, 2013; Lins, 2015.
	<i>Attalea oleifera</i> Barb Rodr.	Pindova	1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
	<i>Attalea</i> sp.	Palmeira	1	Valença Montenegro, 2011.
	<i>Bactris</i> sp.	Ticum	1	Bastos, 2012.
	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Dendê	6	Valença Montenegro, 2011; Bastos, 2012; Rodrigues, 2013; Malta e Mendes Pontes, 2013; Lins, 2015; Medeiros, 2015; Medeiros, 2017; Jerônimo, 2017; presente estudo.
	<i>Elaeis oleifera</i> Kunth.	Dendê	1	Valença Montenegro, 2011; Rodrigues, 2013.
	<i>Syagrus</i> sp.	Coco catolé	1	Valença Montenegro, 2011.
Bormeliaceae				
		Morfo 1	1	Rodrigues, 2013.
Burseraceae				
	<i>Protium giganteum</i> Engl.	Amescao	1	Lins, 2015.
	<i>Protium heptaphyllum</i> (Marchand) Aubl.	Amescla	4	Valença Montenegro, 2011; Rodrigues, 2013; Lins, 2015; Medeiros, 2015; Jerônimo, 2017; presente estudo.
	<i>Protium</i> sp.	Amesclão	1	Valença Montenegro, 2011; Rodrigues, 2013.

Cactaceae	<i>Pilosocereus catingicola</i> subsp. <i>salvadorensis</i> (Werderm.) Zappi.	Cactus grande	1	Presente estudo*.
Caesalpinioideae	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.		1	Rodrigues, 2013.
Calophyllaceae	<i>Caraipa densifolia</i> Mart.	Camaçari	1	Lins, 2015.
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	Guajirú	1	Bastos, 2012; Medeiros, 2015; Medeiros, 2017; presente estudo.
	<i>Couepia</i> sp.		2	Valença Montenegro, 2011.
Combretaceae	<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Vahl) Eichler.	Imbiridiba	2	Bastos, 2012; Medeiros, 2015; Medeiros, 2017; presente estudo.
Costaceae	<i>Costus arabicus</i> (L.) M.R.Almeida.	Banana-do-macaco	1	Lins, 2015.
	<i>Costus spiralis</i> (Jacq.) Roscoe.	Cana do brejo	1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
Cucurbitaceae	<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. & Nakai.	Melancia	1	Bastos, 2012.
	<i>Gurania</i> sp.		1	Valença Montenegro, 2011.
Cyperaceae		Capim	1	Medeiros, 2017; presente estudo.
Dilleniaceae	<i>Tetracera breyniana</i> Schltdl.	Cipo de fogo	1	Bastos, 2012.
Elaeocarpaceae	<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.		1	Valença Montenegro, 2011.
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i> sp.		1	Presente estudo*.

Euphorbiaceae

<i>Sapium aubletianum</i> (Müll.Arg.) Huber.		1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
---	--	---	------------------------------

Fabaceae

<i>Acosmium lentiscifolium</i> Schoot.	Murta	1	Lins, 2015.
<i>Andira</i> sp.	Angelim	1	Lins, 2015.
<i>Chamaecrista</i> sp. ¹		1	Presente estudo*.
<i>Chamaecrista</i> sp. ²		1	Presente estudo*.
<i>Clitoria racemose</i> Benth.	Sombreiro	1	Bastos, 2012; presente estudo.
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	1	Presente estudo*.
<i>Inga capitate</i> Desv.	Ingá cabeludo	2	Bastos, 2012; Rodrigues, 2013.
<i>Inga edulis</i> Mart.		1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
<i>Inga dysantha</i> Benth.	Ingá	1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd.	Ingá tatu	2	Bastos, 2012.
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Ingáí	1	Medeiros, 2017.
<i>Inga</i> sp. ¹	Ingá	1	Presente estudo*.
<i>Inga</i> sp. ²	Ingá	1	Presente estudo*.
<i>Inga</i> sp. ³	Ingá	1	Presente estudo*.
<i>Inga</i> sp. ⁴	Ingá	1	Presente estudo*.
<i>Inga thibaudiana</i> DC.	Ingá	2	Valença Montenegro, 2011; Rodrigues, 2013; Malta e Mendes Pontes, 2013.
<i>Inga</i> sp.		4	Malta e Mendes Pontes, 2013; Rodrigues, 2013; Lins, 2015; Medeiros, 2017; Jerônimo, 2017.
<i>Parkia pendula</i> Willd.	Visgueiro	1	Lins, 2015; Jerônimo, 2017.
<i>Piptadenia stipulacea</i> Benth.	Amorosa	2	Bastos, 2012; Jerônimo, 2017.

Guttiferae

<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	Gulandi de leite; Bulandi	3	Valença Montenegro, 2011; Bastos, 2012; Rodrigues, 2013; Malta e Mendes Pontes, 2013; Medeiros, 2017.
-----------------------------------	------------------------------	---	---

Heliconiaceae

<i>Heliconia angusta</i> (Vell.) Griggs.	Paquevira	1	Lins, 2015; Jerônimo, 2017.
<i>Heliconia psittacorum</i> L.f.	Helicônia-papagaio	2	Malta e Mendes Pontes, 2013; Rodrigues, 2013.

	<i>Heliconia</i> sp.		2	Rodrigues, 2013; Medeiros, 2015; presente estudo.
Humiriaceae	<i>Sacoglottis</i> <i>mattogrossensis</i> Malme.	Oiticica de morcego	1	Bastos, 2012; presente estudo.
Lauraceae	<i>Sparattanthelium</i> <i>botocudorum</i> Mart.		1	Rodrigues, 2013.
	<i>Ocotea canaliculata</i> (Rich.) Mez.		1	Rodrigues, 2013.
Lecythidaceae	<i>Eschweilera</i> <i>ovata</i> (Cambess.) Mart. ex Miers.	Imbiriba	4	Valença Montenegro, 2011; Rodrigues, 2013; Malta e Mendes Pontes, 2013; Lins, 2015; Jerônimo, 2017.
	<i>Gustavia augusta</i> L.	Jeniparana	1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
	<i>Lecythis Pisonis</i> Cambess.	Sapucaia	2	Valença Montenegro, 2011; Rodrigues, 2013.
Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i> sp.	Murici	1	Valença Montenegro, 2011.
	<i>Byrsonima</i> sp ¹	Murici	1	Presente estudo*.
	<i>Byrsonima</i> sp ²	Murici	1	Presente estudo*.
	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	Murici	2	Rodrigues, 2013; Lins, 2015.
	<i>Malpighia emarginata</i> DC.	Acerola	1	Presente estudo*.
	<i>Stigmaphyllon</i> <i>ciliatum</i> (Lam.) A.Juss.	Cipó de chão	1	Bastos, 2012; presente estudo.
Malvaceae	<i>Luehea paniculata</i> Mart.	Pereira	1	Lins, 2015.
Marcgraviaceae	<i>Marcgravia umbellata</i> L.		1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
Melastomataceae	<i>Miconia candoleana</i> Markgr.	Guabiraba	1	Valença Montenegro, 2011.
	<i>Miconia prasina</i> DC.	Canela-de-viado	1	Lins, 2015.
Meliaceae				

	<i>Trichilia</i> sp.		1	Rodrigues, 2013.
Monimiaceae				
	<i>Mollinedia dardanoi</i> Peixoto.		1	Valença Montenegro, 2011.
Moraceae				
	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	Jaca	2	Valença Montenegro, 2011; Rodrigues, 2013.
	<i>Artocarpus integrifolia</i> L.f.	Jaca	2	Bastos, 2012; Malta e Mendes Pontes, 2013.
	<i>Ficus</i> sp.		1	Rodrigues, 2013.
	<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul.		1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
Musaceae				
	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Banana	1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
Myristicaceae				
	<i>Virola</i> sp.		1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
Myrtaceae				
	<i>Campomanesia</i> <i>dichotoma</i> (O.Berg) Mattos.	Guabiraba	1	Medeiros, 2015; presente estudo.
	<i>Eugenia</i> sp.		1	Valença Montenegro, 2011.
	<i>Myrcia</i> sp.		1	Presente estudo*.
		Myrtaceae de várzea	1	Medeiros, 2017.
	<i>Psidium guineense</i> Sw.		1	Rodrigues, 2013.
	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels.	Azeitona-roxa	1	Bastos, 2012; Medeiros, 2015; Medeiros, 2017; presente estudo.
	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston.	Jambo roxo	1	Presente estudo*.
Nyctaginaceae				
	<i>Guapira</i> sp.	João mole	1	Lins, 2015.
Papilionoideae				
	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth.		1	Rodrigues, 2013.
Passifloraceae				
	<i>Passiflora</i> sp.		2	Valença Montenegro, 2011; Bastos, 2012.
	<i>Passiflora alata</i> Curtis.		1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
	<i>Passiflora cincinnata</i> Mast.	Maracujá do mato	1	Bastos, 2012; Medeiros, 2015; Medeiros, 2017; presente estudo.

	<i>Passiflora ovalis</i> Vell. ex M. Roem.		1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
	<i>Passiflora subrotunda</i> Mast.		1	Rodrigues, 2013.
	<i>Passiflora silvestris</i> Vell.	Maracujá triangular	1	Presente estudo*.
Peraceae				
	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	Sete cascas	2	Medeiros, 2017; Jerônimo, 2017.
	<i>Pogonophora schomburgkiana</i> Miers ex Benth.	Cacao	2	Valença Montenegro, 2011; Rodrigues, 2013; Lins, 2015.
Poaceae				
	<i>Saccharum officinarum</i> L.	Cana de açúcar	6	Valença Montenegro, 2011; Bastos, 2012; Rodrigues, 2013; Malta e Mendes Pontes, 2013; Jerônimo, 2017; presente estudo.
	<i>Zea mays</i> L.	Milho	1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
Polygonaceae				
	<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	Cabaçu	1	Lins, 2015.
Rhamnaceae				
	<i>Ziziphus platyphylla</i> Reissek.	Juá	1	Bastos, 2012; presente estudo.
Rubiaceae				
	<i>Genipa Americana</i> L.	Jenipapo	1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
	<i>Guettarda platypoda</i> DC.	Angélica	1	Medeiros, 2015; Medeiros, 2017; presente estudo.
	<i>Coffea</i> sp.		1	Rodrigues, 2013.
Rutaceae				
	<i>Conchocarpus cyrtanthus</i> Kallunki.	Orelha-de-cabra	1	Lins, 2015.
Sapindaceae				
	<i>Paullinia trigonia</i> Vell.	Cipó-timbó	1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
	<i>Cupania</i> sp.		1	Rodrigues, 2013.
	<i>Cupania impressinervia</i> Acev.-Rodr.	Cabatã-do-rego; cabatã	2	Lins, 2015; Medeiros, 2015.
	<i>Talisia esculenta</i> (A. St.-Hil.) Radlk.	Pitomba do mato	1	Bastos, 2012.

Sapotaceae					
	<i>Manilkara salzmannii</i> (A.DC.) H.J.Lam.	Massaranduba	1		Bastos, 2012.
	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P.Royen.	Sapoti	1		Medeiros, 2017; presente estudo.
	<i>Pouteria grandiflora</i> (A.DC.) Baehni.	Goiti	3		Valença Montenegro, 2011; Bastos, 2012; Jerônimo, 2017.
Simaroubaceae					
	<i>Simaba ferruginea</i> A. St.-Hil.	Cajarana	1		Bastos, 2012; presente estudo.
	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Sambaqui, Praiba	2		Rodrigues, 2013; Lins, 2015; Jerônimo, 2017.
Urticaceae					
	<i>Cecropia</i> sp.	Embaúba	3		Valença Montenegro, 2011; Bastos, 2012; Rodrigues, 2013; Medeiros, 2015; presente estudo.
	<i>Cecropia palmate</i> Willd.	Embaúba	1		Lins, 2015.
	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul.		1		Rodrigues, 2013.
		Urtiga	1		Medeiros, 2017.
Não identificados					
		Cabaça	1		Valença Montenegro, 2011.
		Cipo	1		Valença Montenegro, 2011.
		Côco de fruto	1		Bastos, 2012.
		Leiteiro	1		Valença Montenegro, 2011.
		Mutamba de leite	1		Valença Montenegro, 2011.
		Pitombinha	1		Valença Montenegro, 2011.
		Pau ferro	1		Medeiros, 2015.
		Vagem	1		Medeiros, 2015.
		Amorosa	1		Lins, 2015.
		Araça-piroca	1		Lins, 2015.
		Araruta	1		Lins, 2015.
		Bulandi	1		Lins, 2015.
		Caniçu	1		Lins, 2015.
		Cipó Mulatinha	1		Lins, 2015.

Cocão branco	1	Lins, 2015.
Coco difuso	1	Lins, 2015.
Coco-maranhai	1	Lins, 2015; Jerônimo, 2017.
Esterco de passarinho	1	Jerônimo, 2017.
Imbé (cipó)	1	Lins, 2015.
Imbira	1	Lins, 2015.
Imbira vermelha	1	Lins, 2015.
Jitaí	1	Lins, 2015.
Laque	1	Lins, 2015.
Laranja	1	Presente estudo*.
Laranja cravo	1	Presente estudo*.
Laranjinha do mato	1	Presente estudo*.
Massarandubinha	1	Lins, 2015.
Peludinha	1	Lins, 2015.
Pentia	1	Lins, 2015.
Pitomba de macaco	1	Lins, 2015.
Pompona	1	Lins, 2015.
Tiririca	1	Lins, 2015.
Morfo 2	1	Rodrigues, 2013.
Morfo 3	1	Rodrigues, 2013.
Morfo 4	1	Rodrigues, 2013.
Morfotipo 1	1	Presente estudo*.
Morfotipo 2	1	Presente estudo*.
Morfotipo 3	1	Presente estudo*.
Morfotipo 5	1	Presente estudo*.
Morfotipo 6	1	Presente estudo*.
Morfotipo 7	1	Presente estudo*.
Morfotipo 8	1	Presente estudo*.
Morfotipo 10	1	Presente estudo*.

		Morfotipo 11	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 13	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 14	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 16	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 19	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 20	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 22	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 23	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 24	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 25	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 26	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 28	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 29	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 30	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 32	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 35	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 38	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 40	1	Presente estudo*.
		Morfotipo 45	1	Presente estudo*.
Invertebrado				
		Nome comum	Número de fragmentos com registros do item	Fonte
Acarineae		Ácaros	1	Presente estudo*.
Artrópoda			1	Lins, 2015.
Blattodea		Barata	1	Presente estudo*.
Diplopoda			1	Bione, 2011.
Diptera			1	Presente estudo*.
Coleoptera	Cerambycidae	Larvas de besouros	2	Valença Montenegro, 2011.

Coleoptera		Besouros	2	Bione, 2011; Medeiros, 2015.
Gastrópode	<i>Achatina fulica</i>	Caramujo-africano	1	Rodrigues, 2013.
Gastrópode	<i>Megalobulimus</i> sp.	Caramujo	1	Rodrigues, 2013.
Gastrópode		Caramujo	1	Valença Montenegro, 2011.
Hymenoptera			2	Rodrigues, 2013; presente estudo.
Hymenoptera	Formicidae	Formiga	4	Bione, 2011; Valença Montenegro, 2011; Bastos, 2012; Medeiros, 2017; presente estudo.
Hymenoptera		Larva de abelha	1	Valença Montenegro, 2011.
Hymenoptera		Larva de vespa	1	Medeiros, 2017.
Hemíptera		Partes do corpo	1	Presente estudo*.
Isoptera (Atualmente Blattodea)		Cupim	4	Bione, 2011; Souto et al., 2011; Valença Montenegro, 2011; Bastos, 2012; Rodrigues, 2013; presente estudo.
Lepidoptera		Borboletas	1	Bione, 2011.
Lepidoptera		Mariposas	1	Bione, 2011.
Molusca			1	Lins, 2015.
Orthoptera			1	Rodrigues, 2013.
Orthoptera	Acrididae	Gafanhotos	2	Valença Montenegro, 2011; Bastos, 2012; Medeiros, 2017; Presente estudo.
Orthoptera	Gryllidae	Grilo	1	Medeiros, 2017 Presente estudo.
Orthoptera	Tettigoniidae	Esperanças	1	Valença Montenegro, 2011.
Siphonaptera			1	Presente estudo*.
		Aranha	3	Bione, 2011; Rodrigues, 2013; presente estudo.
		Lagartas	2	Bione, 2011; presente estudo.
		Larva	2	Rodrigues, 2013; presente estudo.
		Insetos não identificados	3	Valença Montenegro, 2011; Medeiros, 2017; Jerônimo, 2017; presente estudo.

Vertebrado	Nome comum	Número de fragmentos com registros do item	Fonte
	<i>Anolis punctatus</i>	1	Bione, 2011.
	<i>Cnemidophorus ocellifer</i>	1	Bastos, 2012.
	<i>Iguana iguana</i>	1	Medeiros, 2017.
	<i>Kentropyx</i> sp.	1	Medeiros, 2017.
	<i>Tupinambis teguixin</i>	1	Bastos, 2012.
	<i>Tupinambis merianae</i>	1	Medeiros, 2017.
	<i>Strobilurus torquatus</i>	1	Rodrigues, 2013.
	Serpente	1	Presente estudo*.
	Lagarto	1	Presente estudo*.
	<i>Didelphis</i> sp.	1	Rodrigues, 2013.
	<i>Marmosa</i> sp.	1	Rodrigues, 2013.
	<i>Cacicus cela</i>	1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
	<i>Coereba flaveola</i>	1	Malta e Mendes Pontes, 2013.
	Ave	1	Lins, 2015.
	Roedor	1	Lins, 2015.
	<i>Callithrix jacchus</i>	1	Lins, 2015.
Outros	Nome comum	Número de fragmentos com registros do item	Fonte
	Favos de mel	1	Valença Montenegro, 2011; presente estudo.
	Mel	1	Valença Montenegro, 2011; Lins, 2015; presente estudo.
	Ovo de ave	1	Rodrigues, 2013; presente estudo.

*Itens novos não citados nos trabalhos de descrição dos itens na área.

5.1.7 Itens chave na dieta do macaco-prego-galego na área de estudo

Para a população do fragmento em Mataraca-PB, foram compilados 81 itens vegetais e 26 itens animais (i. e. 7 vertebrados, 16 invertebrados e 3 de origem animal). No presente estudo foram registrados 68 itens, dos quais 51 representam novos itens para a dieta da espécie em relação aos dados de estudos anteriores. Dos 52 itens novos, 40 foram obtidos via inspeção fecal. Considerando as fezes, dos itens vegetais observamos fibras e sementes; dos itens invertebrados observamos cupins, formigas, pernas diversas, cabeças, antenas, asas e carapaças de insetos diversos; e como itens de vertebrados observamos escamas, vértebras e outros fragmentos diversos de ossos. Nas fezes, registramos 47 morfotipos de sementes (Tabela 2; Figuras 2). Dentre as sementes triadas das fezes, a análise multivariada confirmou a nossa classificação feita *a priori* em diferentes morfotipos (PERMANOVA: pseudo - $F = 109.04$; $df = 19$; $p = 0.001$) (Figura 3). O teste de homogeneidade de dispersões multivariadas mostrou que há diferenças significativas entre os morfotipos de sementes ($F = 11.959$; $df1 = 19$; $df2 = 180$; $p = 0.001$).

Tabela 2- Caracterização dos 47 morfotipos de sementes encontrados nas fezes dos macacos-prego-galegos na área de estudo. Valores são apresentados como média $\pm$ erro padrão.

Morfotipo de semente	Identificação	Quant. de sementes medidas	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Massa (mg)
Morfotipo 1	-	3	0,6833 $\pm$ 0,0491	0,43 $\pm$ 0,0361	0,3833 $\pm$ 0,0203	0
Morfotipo 2	-	1	1,15	0,74	0,7	0
Morfotipo 3	-	2	1,48 $\pm$ 0,01	0,89 $\pm$ 0,06	0,775 $\pm$ 0,0949	0,45 $\pm$ 0,5
Morfotipo 4	<i>Pilosocereus catingicola</i> subsp. <i>salvadorensis</i> (Werderm.) Zappi	10	1,485 $\pm$ 0,0386	1,074 $\pm$ 0,0492	0,574 $\pm$ 0,0356	0
Morfotipo 5	-	3	1,54 $\pm$ 0,1833	0,6767 $\pm$ 0,1073	0,5067 $\pm$ 0,0561	0
Morfotipo 6	-	1	1,77	0,99	0,47	0
Morfotipo 7	-	10	1,914 $\pm$ 0,0749	1,381 $\pm$ 0,0546	0,953 $\pm$ 0,0420	1,79 $\pm$ 0,1
Morfotipo 8	-	1	1,93	1,73	1,94	1,2
Morfotipo 9	<i>Cecropia</i> sp.	10	2,427 $\pm$ 0,0210	1,008 $\pm$ 0,0373	0,695 $\pm$ 0,0331	1,63 $\pm$ 0,8
Morfotipo 10	-	1	3,2	2,78	1,66	9,7
Morfotipo 11	-	9	3,5878 $\pm$ 0,0699	2,5933 $\pm$ 0,1164	2,1433 $\pm$ 0,0657	4,5 $\pm$ 0,3
Morfotipo 12	<i>Passiflora silvestris</i> Vell.	10	4,376 $\pm$ 0,0462	3,01 $\pm$ 0,0183	1,371 $\pm$ 0,0343	9,05 $\pm$ 0,8
Morfotipo 13	-	10	4,551 $\pm$ 0,2091	3,39 $\pm$ 0,2457	1,662 $\pm$ 0,0882	11,68 $\pm$ 1,3
Morfotipo 14	-	8	4,85625 $\pm$ 0,0698	2,41625 $\pm$ 0,0418	0,435 $\pm$ 0,0556	2,325 $\pm$ 0,3
Morfotipo 15	<i>Byrsonima</i> sp. Rich. ex Kunth 1	10	4,897 $\pm$ 0,0652	5,408 $\pm$ 0,1547	5,646 $\pm$ 0,1549	77,32 $\pm$ 5,9
Morfotipo 16	-	10	4,94 $\pm$ 0,0661	3,841 $\pm$ 0,0673	3,445 $\pm$ 0,0591	27,26 $\pm$ 0,9
Morfotipo 17	<i>Campomanesia dichotoma</i> (O.Berg) Mattos	10	4,974 $\pm$ 0,3012	4,205 $\pm$ 0,2999	2,082 $\pm$ 0,3490	31,82 $\pm$ 8,9
Morfotipo 18	<i>Byrsonima</i> sp. Rich. ex Kunth 2	2	5 $\pm$ 0,0300	4,83 $\pm$ 0,2300	4,595 $\pm$ 0,5350	215,55 $\pm$ 144,5
Morfotipo 19	-	3	5,1667 $\pm$ 0,2536	5,0333 $\pm$ 0,2521	5,0067 $\pm$ 0,1819	55,0 $\pm$ 9,2
Morfotipo 20	-	2	5,17 $\pm$ 0,0800	4,44 $\pm$ 0,02	3,505 $\pm$ 0,135	34,5 $\pm$ 2,1
Morfotipo 21	<i>Myrcia</i> sp	10	5,358 $\pm$ 0,1049	4,731 $\pm$ 0,0709	4,302 $\pm$ 0,0499	67,29 $\pm$ 2,6
Morfotipo 22	-	7	5,7814 $\pm$ 0,3794	4,0785 $\pm$ 0,1401	3,9585 $\pm$ 0,1353	62,7 $\pm$ 7,1
Morfotipo 23	-	10	5,974 $\pm$ 0,1547	4,408 $\pm$ 0,062	4,26 $\pm$ 0,0724	45,68 $\pm$ 2,0
Morfotipo 24	-	1	6,56	5,66	2,48	68,0
Morfotipo 25	-	1	6,56	5,18	4,94	85,1
Morfotipo 26	-	1	6,59	6,34	6,35	120,4

Morfotipo 27	<i>Guettarda platypoda</i> DC.	10	6,651 $\pm$ 0,1435	6,245 $\pm$ 0,0959	4,259 $\pm$ 0,0620	73,55 $\pm$ 3,3
Morfotipo 28	-	1	6.73	4.63	1.49	24,6
Morfotipo 29	-	5	7,268 $\pm$ 0,4745	4,54 $\pm$ 0,1453	4,492 $\pm$ 0,1136	50,92 $\pm$ 10,9
Morfotipo 30	-	10	7,44 $\pm$ 0,3636	4,56 $\pm$ 0,1741	3,817 $\pm$ 0,1121	72,81 $\pm$ 6,7
Morfotipo 31	<i>Chamaecrista</i> sp1	10	7,639 $\pm$ 0,3449	5,975 $\pm$ 0,1626	1,568 $\pm$ 0,0970	41,28 $\pm$ 2,2
Morfotipo 32	-	2	7,735 $\pm$ 0,715	7,655 $\pm$ 0,335	3,98 $\pm$ 0,0300	84,3 $\pm$ 6,7
Morfotipo 33	<i>Chamaecrista</i> sp2	10	7,748 $\pm$ 0,1993	7,186 $\pm$ 0,2199	1,541 $\pm$ 0,0754	51,96 $\pm$ 1,2
Morfotipo 34	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	2	8,42 $\pm$ 0,2500	7,505 $\pm$ 0,1550	3,125 $\pm$ 0,2550	111,3 $\pm$ 8,5
Morfotipo 35	-	10	8,507 $\pm$ 0,2801	4,893 $\pm$ 0,1038	4,164 $\pm$ 0,0810	88,82 $\pm$ 5,5
Morfotipo 36	<i>Erythroxylum</i> sp	8	8,595 $\pm$ 0,2683	3,4475 $\pm$ 0,0765	3,47125 $\pm$ 0,0552	45,56 $\pm$ 1,6
Morfotipo 37	<i>Inga</i> sp1	10	9,013 $\pm$ 0,4288	5,164 $\pm$ 0,2661	3,779 $\pm$ 0,1126	84,47 $\pm$ 10,4
Morfotipo 38	-	10	9,139 $\pm$ 0,1855	4,962 $\pm$ 0,2102	4,453 $\pm$ 0,1316	118,34 $\pm$ 4,6
Morfotipo 39	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	10	10,304 $\pm$ 0,1511	6,637 $\pm$ 0,0807	5,777 $\pm$ 0,0607	144,0 $\pm$ 3,1
Morfotipo 40	-	6	11,5967 $\pm$ 0,3377	5,0067 $\pm$ 0,1266	3,6217 $\pm$ 0,0845	139,6 $\pm$ 4,4
Morfotipo 41	<i>Inga</i> sp2	3	12,2267 $\pm$ 0,3339	6,3967 $\pm$ 0,2452	4,56 $\pm$ 0,2113	184,2 $\pm$ 13,4
Morfotipo 42	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	5	12,45 $\pm$ 0,2957	7,962 $\pm$ 0,2000	6,692 $\pm$ 0,4715	227,46 $\pm$ 25,0
Morfotipo 43	<i>Ziziphus platyphylla</i> Reissek	6	12,735 $\pm$ 0,5460	9,2067 $\pm$ 0,4842	7,925 $\pm$ 0,2789	436,6 $\pm$ 31,1
Morfotipo 44	<i>Buchenavia tetrphylla</i> (Aubl.) R.A.Howard	10	12,873 $\pm$ 0,6629	8,096 $\pm$ 0,3676	7,736 $\pm$ 0,2317	355,78 $\pm$ 30,2
Morfotipo 45	-	10	12,978 $\pm$ 0,5497	6,764 $\pm$ 0,1912	6,385 $\pm$ 0,1779	264,41 $\pm$ 41,1
Morfotipo 46	<i>Inga</i> sp3	5	14,64 $\pm$ 0,6407	8,064 $\pm$ 0,2361	5,054 $\pm$ 0,1629	252,94 $\pm$ 32,9
Morfotipo 47	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	1	18,99	14,25	14,68	2144,6



Figura 2- Sementes obtidas das fezes de macaco-prego-galego habitando o fragmento de mata Atlântica pertencente ao município de Mataraca-PB, Brasil. A barra de escala representa 1 cm no papel milimetrado de fundo. As medidas de altura, largura, espessura e massa das sementes estão detalhadas na tabela 2.

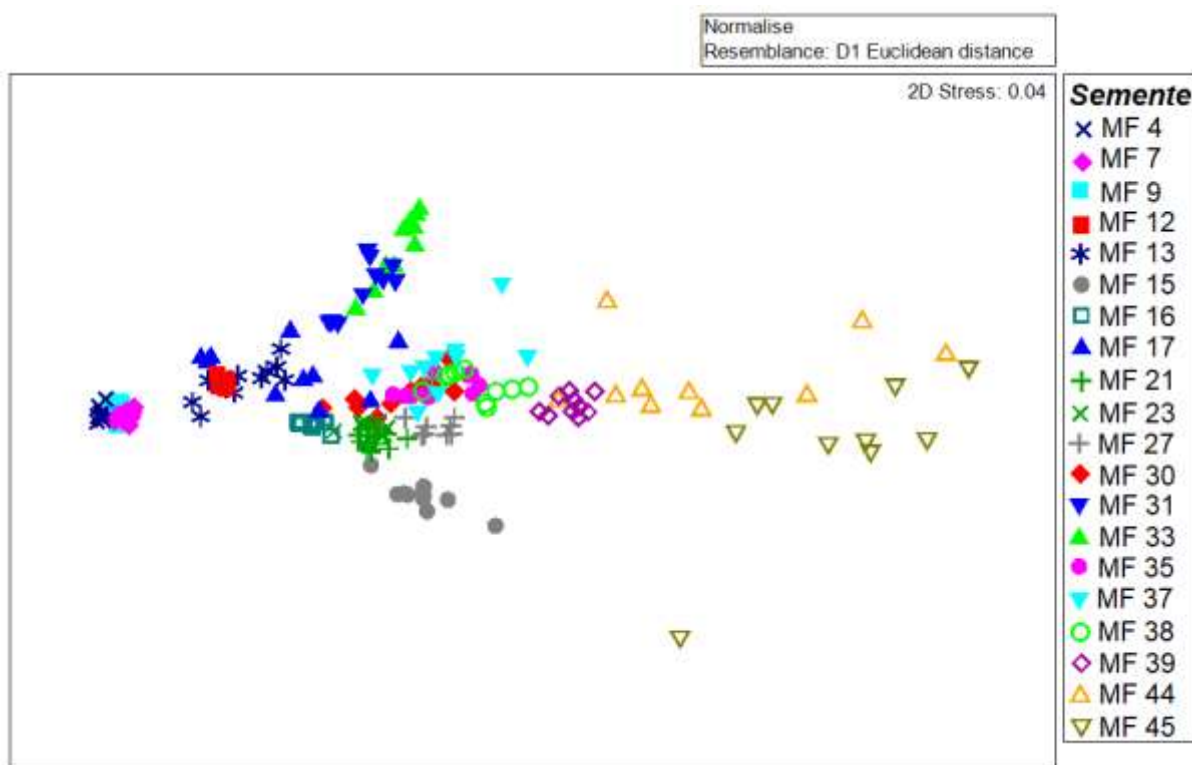


Figura 3- Gráfico de diferenciação representativo de 20 morfotipos de sementes considerados na análise PERMANOVA.

Os itens de origem vegetal foram os mais representativos na dieta pela análise do conteúdo fecal com uma abundância relativa de 50,1%, seguidos dos invertebrados com uma abundância relativa 48,1%. Os itens vertebrados da dieta foram menos representativos em geral, com uma abundância relativa de 1,8%. Dos 81 itens de origem vegetal, determinamos 11 como elementos chave na dieta do macaco-prego-galego: *Anacardium occidentale*, *Cecropia* sp, *Chrysobalanus icaco*, *Elaeis guineensis*, *Guettarda platypoda*, *Mangifera indica*, *Passiflora* sp, *Saccharum officinarum*, *Syzygium cumini*, *Tapirira guianensis* e fruto morfotipo 23.

Das 11 espécies vegetais classificadas como itens chave na dieta do macaco-prego-galego, oito foram registradas por observação direta e cinco foram através da análise das fezes. *E. guineensis* e *T. guianensis* foram registrados como espécies-chave nos dois métodos de coleta. No período de abril/2014 a março/2015, os dados fenológicos de frutificação de nove dos 11 itens chave foram acompanhados: *A. occidentale*, *Cecropia* sp, *C. icaco*, *E. guineensis*, *M. indica*, *P. alata* e *P. cincinnata* (duas espécies de macarujás com frutos disponíveis no respectivo ano), *S. cumini* e *T. guianensis*. Apenas para Morfotipo 23 e *Saccharum officinarum* não foram realizados estudos fenológicos. Durante o ano de estudo fenológico, oito espécies chaves apresentaram disponibilidade de frutos em pelo menos um mês do ano. Tendo *C. icaco*

e *E. guineensis* apresentado neste período uma frutificação contínua (Figura 4). Entretanto, houveram registro de consumo de alguns itens mesmo quando os dados fenológicos não indicaram presença de frutificação, sugerindo que outros espécimes não contabilizados na fenologia estavam frutificando no fragmento.

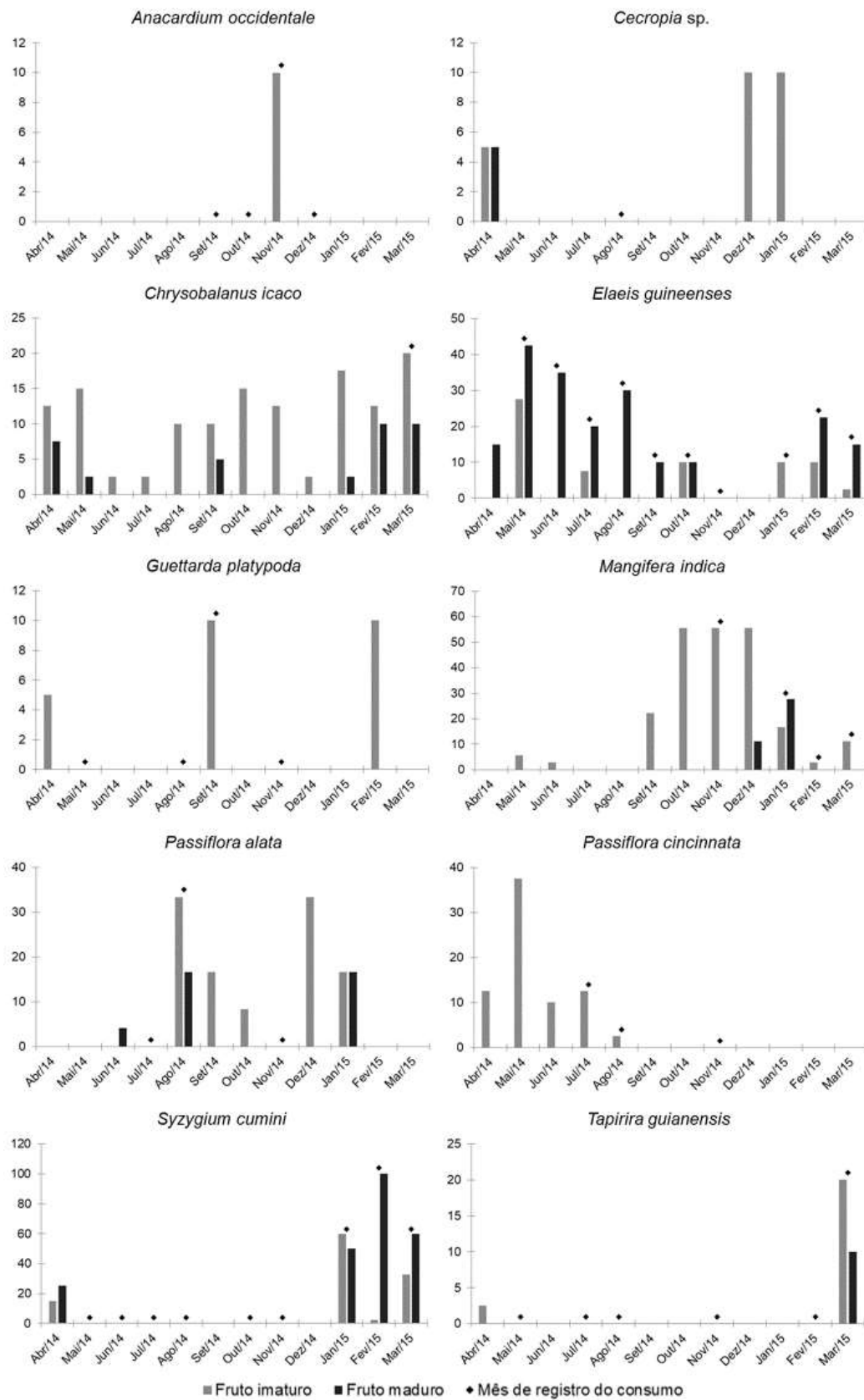


Figura 4- Espécies chave da dieta do macaco-prego-galego, mostrando também o período de frutificação dos espécimes usados no estudo fenológico e consumo dos itens chave na área de estudo.

5.1.8 Efeito da pluviosidade sobre a disponibilidade de recursos e a dieta consumida pelo macaco-prego-galego na área de estudo

Encontramos uma disponibilidade ampla de frutos durante todo o período de estudo na área, com picos de disponibilidades em abril de 2014 (e.g. máxima de frutos imaturos) e outubro de 2014 (e.g. máxima de frutos maduros). A figura 5 traz os dados fenológicos das 76 espécies de plantas que foram acompanhadas nesse estudo.

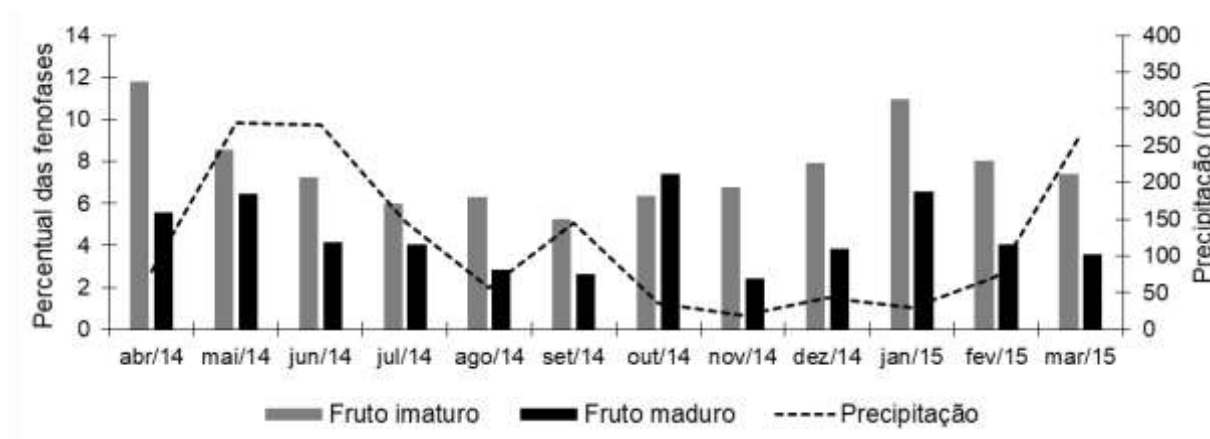


Figura 5- Fenofases de frutificação considerando as 76 espécies de plantas frutíferas encontradas no fragmento de Mata Atlântica pertencente ao município de Mataraca na Paraíba durante 12 meses.

Não foi encontrada correlação entre pluviosidade e disponibilidade de frutos para o macaco-prego-galego na área de estudo (Kendall tau-b = -0.176; $p = 0.440$, Figura 6a). Também não foi encontrada correlação entre a pluviosidade e a quantidade de itens de fato consumidos pelos macacos-prego-galegos, tanto por observações diretas (Kendall tau-b = -0.050; $p = 0.831$), como por análise de conteúdo fecal (Kendall tau-b = -0.161; $p = 0.599$), figura 6b e 6c, respectivamente.

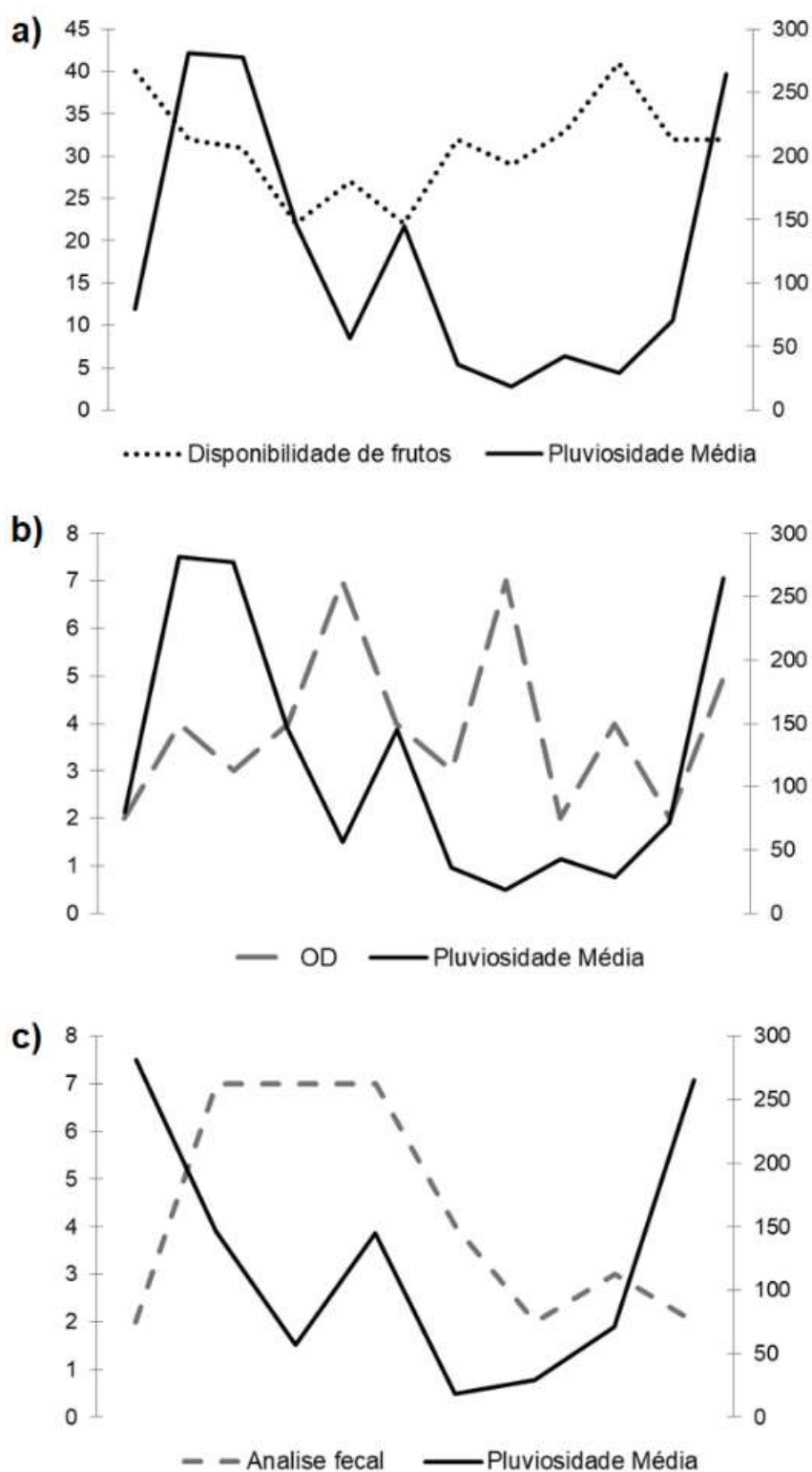


Figura 6- Relação entre pluviosidade (mm) e itens da dieta do macaco-prego-galego. (a) Correlação entre pluviosidade e a disponibilidade de frutos; (b) Correlação entre pluviosidade e quantidade de itens alimentares consumidos considerando os dados de observações direta (OD) e (c) Correlação entre pluviosidade e quantidade de itens alimentares consumidos considerando os dados de análise fecal.

5.1.9 Efeito da disponibilidade de recursos vegetais sobre a dieta do macaco-prego-galego na área de estudo

Não foi encontrada correlação entre a disponibilidade mensal de frutos e o consumo de frutos por macacos-prego-galegos quando consideramos os dados de dieta obtidos por observação direta dos animais (Kendall tau-b = -0.404; $p = 0.095$, Figura 7a). Entretanto, encontrou-se uma correlação negativa entre a diversidade de frutos disponíveis e o consumo de diferentes frutos quando consideramos a dieta aferida por inspeção do conteúdo fecal dos animais (Kendall tau-b = -0.870; $p = 0.007$, Figura 7b).

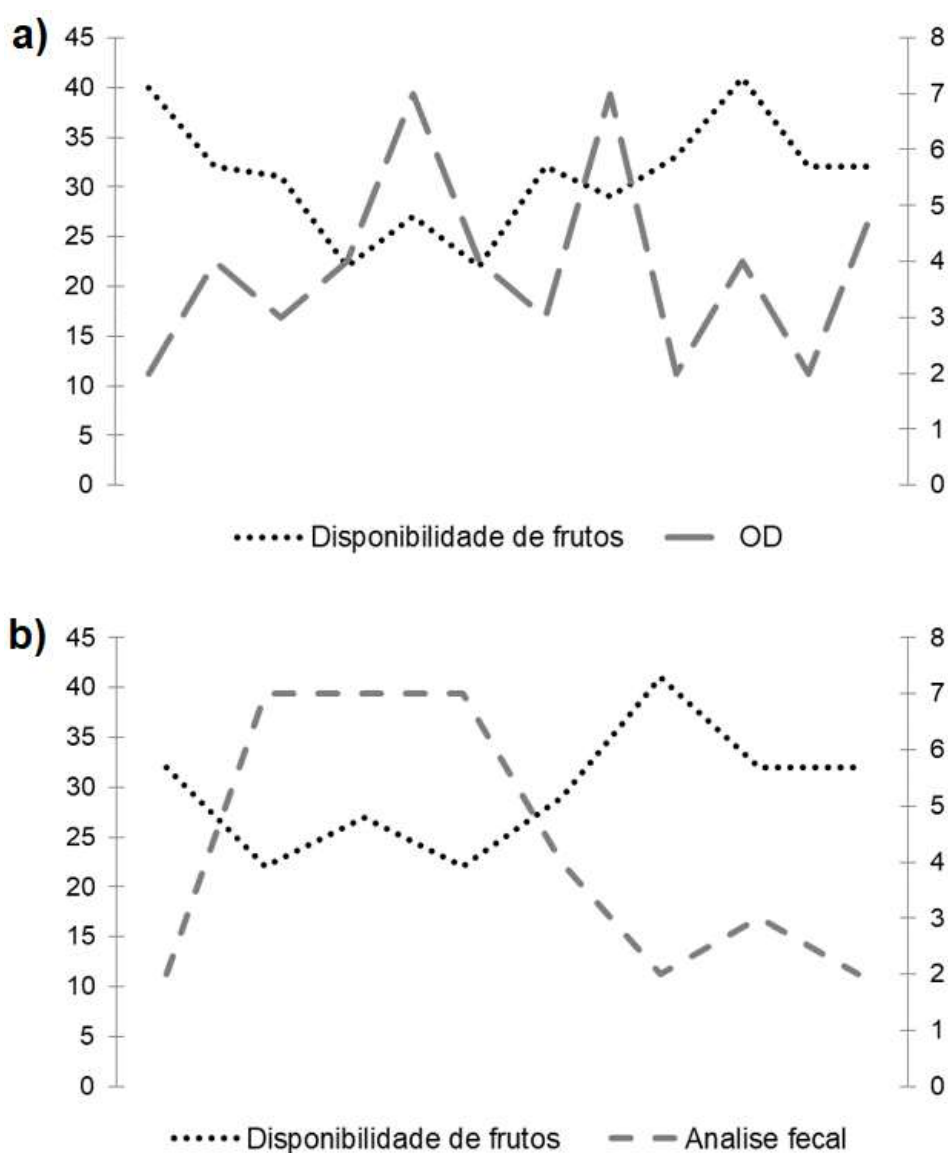


Figura 7- Relação entre disponibilidade de frutos e itens alimentares consumidos, considerando dados de dieta por observação direta (a) e análise fecal dos itens consumidos (b).

5.1.10 Efeito de variáveis ambientais no padrão biológico de cinco populações de macaco-prego-galego

Considerando as cinco populações de macaco-prego-galego com dados sobre dieta (Tabela 3), não encontramos correlação entre variáveis ambientais de tamanho de área, pluviosidade e temperatura e as variáveis biológicas de tamanho populacional, quantidades de itens vegetais, animais e ambos na dieta do macaco-prego-galego (Tabela 4). As variáveis ambientais individualmente ou em conjunto não explicaram significativamente o padrão de variáveis biológicas consideradas na análise (Análise BEST Kendall = 0.258; $p = 53\%$; Número de permutações: 999. A Tabela 5 traz as correlações entre as matrizes de variáveis ambientais e biológicas consideradas.

Tabela 3- Variáveis ambientais e biológicas relacionadas às cinco populações de macaco-prego-galego com dieta investigada em suas respectivas áreas de ocorrência.

Área*	Tamanho do fragmento (ha)	Tamanho da população	Quantidade de itens vegetais	Quantidade de itens animais	Quantidade total de itens na dieta	Pluviosidade anual (mm)	Temperatura anual média (C)	Métodos de amostragem da dieta**	Fonte****
1	94	9	16	9	25	2000	26	1, 2, 3	Bione, 2011, Souto et al., 2011, Valença Montenegro, 2011.
2	1060	69	48	11	59	2512,5	26	1, 3, 4	Valença Montenegro, 2011; Rodrigues 2013.
3	936	151	81 / 53***	26 / 6 ***	107/59	1232,3	28	1, 2, 5	Bastos 2012; Medeiros, 2017; Bastos et al., 2018; Presente estudo.
4	39,2	34	31	2	33	2000	24	1, 2	Malta e Mendes-Pontes, 2013; CPRH, 2001; Almeida Jr et al., 2010.
5	270	220	48	6	54	1678	26	1, 3, 4	Lins 2015; Jerônimo 2017; Barletta e Costa 2009.

* Áreas: 1 = Asplan (06°33'32.1"S - 35°07'56.5"O); 2 = RPPN Engenho Gargau (07°00'43.84"S - 34°57'24.96"O); 3 = Cristal (06° 29.902"S - 34° 58.704"O); 4 = Ipojuca (08° 30'52"S - 35° 03'31"O); 5 = Caaporã (07°52'85.2" - 034°96'29.4"O). ** Métodos de coleta da dieta: amostragem por *scan* (1), amostragem por observações focais (2), amostragem pelo método todas as ocorrências (3), amostragem por *ad libitum* (4), amostragem por inspeção de conteúdo fezes (5). *Estudos de onde foram obtidas as variáveis; ***Para a área 3, esses valores indicam os itens considerando dados de inspeção fecal somados à observação direta e dados obtidos apenas por observação direta. **** Para variáveis ambientais de temperatura e pluviosidade e variáveis biológicas de tamanho populacional, e quantidade de itens alimentares, os maiores valores dentre os trabalhos levantados foram considerados.

Tabela 4- Correlação Kendall's Tau-B (τ_b) entre variáveis ambientais e biológicas do macaco-prego-galego.

Variáveis	Variáveis correlacionadas	N	(τ_b)	p
1 - Tamanho do fragmento	1, 2	5	0.200	0.624
2 - Tamanho populacional	1, 3	5	0.527	0.207
3 - Quantidade de itens de origem vegetal na dieta	1, 4	5	0.105	0.801
	1, 5	5	0.600	0.142
4 - Quantidade de itens de origem animal na dieta	2, 3	5	0.738	0.077
	2, 4	5	-0.105	0.801
5 - Quantidade total de itens alimentares (vegetal e animal)	2, 5	5	0.600	0.142
	6, 2	5	-0.105	0.801
6 - Pluviosidade	6, 3	5	0.222	0.603
7 - Temperatura	6, 4	5	0.444	0.298
	6, 5	5	0.316	0.448
	7, 2	5	0.359	0.405
	7, 3	5	0.630	0.155
	7, 4	5	0.252	0.568
	7, 5	5	0.598	0.166

Tabela 5- Análise BEST mostrando que o padrão das variáveis biológicas consideradas para o macaco-prego-galego (i.e. tamanho da população, quantidade de itens vegetais, animais e totais da dieta do macaco-prego-galego), não são explicáveis pelas variáveis individuais ou em conjunto.

Variáveis ambientais	Quantidade de variáveis consideradas	Correlação	Variáveis selecionadas
1 Pluviosidade anual (mm)	1	0.258	2
2 Temperatura Anual (°C)	2	0.200	1, 2
3 Tamanho do fragmento (ha)	2	0.200	2, 3
	3	0.156	todas
	1	0.111	3
	1	0.092	1
	2	0.067	1, 3

DISCUSSÃO

A dieta do macaco-prego-galego pode ser considerada diversa e flexível, tendo em vista que se mostrou composta por 197 itens vegetais e 47 de origem animal, consumidos a medida que estão disponíveis nos fragmentos onde a espécie ocorre. Os itens vegetais e invertebrados foram mais representativos na dieta da espécie, confirmando um padrão onívoro generalista e com variações entre populações, frequentemente observado em espécies do gênero *Sapajus* (e.g. Freese & Oppenheimer, 1981; Fragaszy et al., 1990; Fragaszy et al., 2004; Redmond,

2008). Essa dieta extremamente rica e variada do macaco-prego-galego está acima do observado para outras espécies do gênero, sendo o único trabalho com mais de 100 itens relatados. Entretanto, isso pode ser um reflexo de diferenças metodológicas e esforços amostrais.

Foi notório o uso recorrente de plantas exóticas como itens chave na dieta do macaco-prego-galego (e.g. *E. guineensis*, *M. indica*, *S. cumini*, *S. officinarum*), evidenciando o sucesso de adaptação do mesmo na paisagem fragmentada e fortemente impactada pelo homem (e.g. monocultivos) na Mata Atlântica nordestina no Brasil. Liu e colaboradores (2017) afirmaram que áreas impactadas tendem a exibir uma vegetação frequentemente composta de plantas invasoras devido a facilidade de adaptação das mesmas em viver em ambientes com condições alteradas. Ou seja, fragmentos com alto impacto antrópico usualmente contêm uma grande quantidade de espécies exóticas distribuídas pela mata, visto que estas plantas demonstram grande tolerância a impactos ambientais e alta plasticidade fenotípica (Richards et al., 2006; Davidson et al., 2011). Essa é a realidade da Mata Atlântica do Nordeste brasileiro, habitat onde os macacos-prego-galegos são endêmicos. A presença de plantas exóticas em todos os fragmentos de ocorrência dos macacos-prego-galegos parece ter sido essencial para a sobrevivência da espécie, visto que em todas as áreas com estudo da composição alimentar dos mesmos foram notificadas à presença. A nutrição de um indivíduo está diretamente relacionada à sua sobrevivência e sucesso reprodutivo, já que é nos alimentos que os animais obtêm energia suficiente para balancear os nutrientes no seu organismo (Oftedal, 1991).

Para os macacos-prego-galegos da população onde houve o estudo de longo prazo (seis anos), o exótico dendê foi um alimento utilizado ao longo do ano garantindo uma obtenção rápida de energia mesmo em períodos de alta frutificação sazonal de outros itens da dieta. Lambert e Rothman (2015) enfatizaram que os animais normalmente têm preferência por alimentos ricos em nutrientes, fáceis de encontrar e de fácil acesso, visto que as características contrárias tendem a ser menos lucrativas energeticamente para os mesmos. O dendê é altamente energético (Sundram, 2003) e nosso estudo indicou a disponibilidade constante deste ao longo do ano. Portanto, o dendê poderia ser considerado como '*fallback food básico*' (i.e. *fallback food staple*) para o macaco-prego-galego. Tal categoria de *fallback food* é denominada quando o alimento consumido está disponível o ano todo e tende a ser consumido pelo primata durante todo o ano, podendo inclusive, compor 100% da dieta em determinados períodos (Marshall & Wrangham, 2007). Lins e Ferreira (2015) relataram o uso da cana de açúcar como *fallback food* por outra população de macacos-prego-galegos. A cana de açúcar também está usualmente disponível ao longo do ano no entorno dos fragmentos onde a espécie ocorre, vindo a confirmar

à flexibilidade alimentar e alta adaptabilidade da espécie aos remanescentes de Mata Atlântica impactados onde ocorre.

Observações diretas, atreladas a análises fecais, sejam no nível macro ou molecular, podem contribuir consideravelmente para o detalhamento da riqueza da dieta dos animais. De fato, vários estudos já demonstram que a partir de análises dos excrementos dos animais, é possível notificar mais detalhadamente sua dieta e seu hábito alimentar (Aguiar et al., 2003; Ludwig et al., 2005; Ludwig et al., 2006; Carvalho, 2007; Izar, 2008). A utilização de análise de conteúdo fecal no presente estudo proporcionou a adição de cerca de 40% de itens a mais na composição da dieta do macaco-prego-galego quando comparado com as observações diretas de consumo de alimentos pelos animais. Isso demonstra a importância do uso de observações diretas e análise de amostras fecais de maneira complementar quando o objetivo é caracterizar a dieta de uma espécie.

A análise de conteúdo fecal permitiu notar uma grande quantidade e o consumo constante de invertebrados diversos pela população de macaco-prego-galego estudada. Fragmentos de invertebrados foram obtidos nas fezes de todos os meses considerados. Um estudo realizado com quatro espécies de primatas (i.e. Macaco Colobus - *Colobus angolensis*, Macaco Sykes - *Cercopithecus mitis*, Macaco Vervet - *Cercopithecus aethiops* e Babuíno - *Papio cynocephalus*) também evidenciaram uma dieta abundante em insetos a partir da inspeção de amostras fecais (Moreno-Black, 1978). Para os macacos-prego-galegos, as amostras fecais também auxiliaram no reconhecimento da maior representatividade de material vegetal seguido de invertebrados na dieta. Tal reconhecimento também foi possível no Macaco de Taiwan - *Macaca cyclopis*, (Su & Lee, 2001) e no mandril - *Mandrillus sphinx* (Hongo et al., 2018). Para o macaco-prego-galego, foi possível, ainda, identificar consumo de alguns itens vertebrados, como serpentes, fato que ainda não fora observado para a espécie.

Apesar de mais custosa, a técnica de sequenciamento genético de nova geração ou metabarcoding e metagenômica, poderiam auxiliar ainda mais na determinação da dieta dos animais tendo em vista que parte do material ingerido perde parte das características morfológicas essenciais para identificação (Clare et al., 2009; Pickett et al., 2012; Clare 2014; Srivathsan et al., 2015). Um estudo realizado com carnívoros em 2012, por exemplo, analisando apenas 38 amostras de fezes constatou 18 táxons na dieta, dentre eles oito mamíferos, oito aves, um anfíbio e um peixe (Shehzad et al., 2012). Em outro estudo molecular com três grandes primatas africanos (e.g. gorilas, bonobos e chimpanzés), *Gorilla gorilla gorilla*, *Pan troglodytes* e *Pan paniscus*, utilizando apenas nove amostras fecais, foi possível a identificação de 32 famílias de insetos na dieta desses animais (Hamad et al., 2014). Em micos-leões-reais -

Saguinus weddelli, a análise molecular de amostras fecais permitiu identificar não só padrão alimentar dessa espécie e os taxóons presentes, como também estimar os microhabitats usados pelos mesmos para forrageio (Mallott et al., 2015). No entanto, os bancos de dados com sequências genômicas de insetos no Brasil ainda são limitados, sendo necessário serem consideravelmente enriquecidos para promover o uso mais eficiente de técnicas moleculares para identificação precisa da dieta dos primatas. Estudos futuros podem ser aplicados aos dados não identificados deste trabalho e com isso amplificar e descrever todos os itens consumidos.

Na natureza, a dinâmica da vegetação é diretamente influenciada pela sazonalidade das diferentes áreas, ou seja, variações de temperatura e pluviosidade resultam em diferentes períodos de frutificação, brotamento e floração das plantas (Morellato et al., 2000; Pereira et al., 2008). Essas variações influenciam diretamente a disponibilidade de recursos alimentares vegetais para os primatas. Por exemplo, para mico-leão-dourado - *Leontopithecus rosalia*, foi demonstrado uma limitação alimentar nos períodos de baixa pluviosidade, a qual teve um impacto negativo para os juvenis resultando em perda de peso corpóreo (Dietz et al., 1994). Para a população de macaco-prego-galego investigada, a oferta de alimento foi constante ao longo do ano, não havendo ligação entre pluviosidade ou disponibilidade de recursos e o consumo de diferentes itens alimentares por esses animais. Isto sugere que a população não utiliza o potencial total disponível de frutos na área por mês. Considerando os dados das amostras fecais, no entanto, observamos uma correlação negativa entre disponibilidade e consumo de itens vegetais. Tal resultado deve ser tratado com cuidado, tendo em vista que registramos consumo de alguns itens vegetais ao longo do ano, mesmo quando os nossos dados fenológicos não indicavam frutificação, e consequente disponibilidade, dos mesmos.

Usualmente, as variáveis ambientais que se destacam na determinação da ecologia comportamental e alimentar dos primatas são temperatura, o regime pluviométrico, disponibilidade de recursos, tamanho da área e densidade vegetacional (Dunbar, 1992; Hanya e Chapman, 2013; Gouveia et al., 2014; Clink et al., 2017; Maurice et al., 2017). Ao considerarmos as cinco populações de macaco-prego-galego com dieta disponíveis, vimos que esses dados não apresentaram variáveis ambientais consideradas que se relacionaram ou justificaram o padrão de variáveis biológicas considerado. A semelhança entre os itens chave na dieta dessas populações (em particular o consumo representativo e disponibilidade constante de plantas exóticas), pode estar compensando a flutuação das variáveis ambientais. Apesar do macaco-prego-galego não se utilizar do potencial total de itens vegetais disponíveis mensalmente, a variedade na disponibilidade de itens alimentares vegetais nativos ao longo do ano e a constância na disponibilidade de itens exóticos, provavelmente teve e tem um papel

chave para a sobrevivência da espécie no seu habitat natural impactado. Isto reforça a plasticidade alimentar e comportamental de primatas do gênero *Sapajus*, evidenciando a alta capacidade de adaptação desses animais em áreas fragmentadas e com alto impacto antrópico relativo.

REFERÊNCIAS

- AGETSUMA, N. Influence of temperature on energy intake and food selection by macaques. **International Journal of Primatology**, v. 21, n. 1, p. 103-111, 2000.
- AGUIAR, L. et al. Dieta, área de vida, vocalizações e estimativas populacionais de *Alouatta guariba* em um remanescente florestal no norte do estado do Paraná. **Neotropical**, v. 11, n. 2, p. 78, 2003.
- ALMEIDA JR, E. B. et al. Descrição morfológica de frutos e sementes de *Manilkara salzmannii* (Sapotaceae). **Floresta**, v. 40, n. 3, 2010.
- ANAPOL, F.; LEE, S. Morphological adaptation to diet in platyrrhine primates. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 94, n. 2, p. 239-261, 1994.
- ANDERSON, M. J. Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. **Biometrics**, v. 62, n. 1, p. 245-253, 2006.
- BARLETTA, M.; COSTA, M. F. Living and non-living resources exploitation in a tropical semi-arid estuary. **Journal of Coastal Research**, p. 371-375, 2009.
- BARNETT, MÁRIO et al. Foraging with finesse: A hard-fruit-eating primate selects the weakest areas as bite sites. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 160, n. 1, p. 113-125, 2016.
- BASTOS, M. **Aspectos da dieta do *Sapajus flavius* em ambiente natural**: composição e sazonalidade. 41 f. Monografia (Especialização). Fundação de Ensino Superior de Olinda, Olinda, 2012.
- BASTOS, M. et al. Small but wise: Common marmosets (*Callithrix jacchus*) use acoustic signals as cues to avoid interactions with blonde capuchin monkeys (*Sapajus flavius*). **American Journal of Primatology**, v. 80, n. 3, p. e22744, 2018.
- BASTOS, M. et al. Vocal repertoire of wild blonde capuchins (*Sapajus flavius*) and contextual use of calls. **American Journal of Primatology**, v. 77, n. 6, p. 605-617, 2015.
- BEASOM, S. L.; HAUCKE, H. H. A comparison of four distance sampling techniques in south Texas live oak mottes. **Journal of Range Management**, p. 142-144, 1975.
- BENCKER, C. S. C.; MORELLATO, P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, p. 269-275, 2002a.

BENCKER, C. S. C.; MORELLATO, P. C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, p. 237-248, 2002b.

BIONE, C. **Comportamento de forrageio e utilização de ferramentas pelo *Cebus flavius* (Primates: Cebidae) na natureza**. 66 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

CANT, J. G. H. Positional behavior and body size of arboreal primates: a theoretical framework for field studies and an illustration of its application. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 88, n. 3, p. 273-283, 1992.

CARVALHO, D. R. J. **Predação em *Pinus* sp. por *Cebus nigritus* (Goldfuss, 1809) (Primates; Cebidae) na região Nordeste do Paraná-Brasil**. 74 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

CASELLI, C. B.; SETZ, E. Z. F. Feeding ecology and activity pattern of black-fronted titi monkeys (*Callicebus nigrifrons*) in a semideciduous tropical forest of southern Brazil. **Primates**, v. 52, n. 4, p. 351-359, 2011.

CHAPMAN, C. A.; CHAPMAN, L. J. Dietary variability in primate populations. **Primates**, v. 31, n. 1, p. 121-128, 1990.

CHAPMAN, C. Flexibility in diets of three species of Costa Rican primates. **Folia Primatologica**, v. 49, n. 2, p. 90-105, 1987.

CHAVES, O. M.; BICCA-MARQUES, J. C. Behavioral flexibility of a Neotropical primate in response to variations in temperature and food availability in small and large fragments. In: **XVI Congresso Brasileiro de Primatologia**, 2015, Manaus. A Primatologia no Brasil – 15..., 2015. p. s/nn-s/n.

CHAVES, O. M.; BICCA-MARQUES, J. C. Feeding strategies of brown howler monkeys in response to variations in food availability. **PloS One**, v. 11, n. 2, p. e0145819, 2016.

CHIVERS, D. J.; HLADIK, C. M. Morphology of the gastrointestinal tract in primates: comparisons with other mammals in relation to diet. **Journal of Morphology**, v. 166, n. 3, p. 337-386, 1980.

CLARE, E. L. et al. Species on the menu of a generalist predator, the eastern red bat (*Lasiurus borealis*): using a molecular approach to detect arthropod prey. **Molecular Ecology**, v. 18, n. 11, p. 2532-2542, 2009.

CLARE, E. L. Molecular detection of trophic interactions: emerging trends, distinct advantages, significant considerations and conservation applications. **Evolutionary Applications**, v. 7, n. 9, p. 1144-1157, 2014.

CLINK, D. J. et al. Dietary diversity, feeding selectivity, and responses to fruit scarcity of two sympatric Bornean primates (*Hylobates albibarbis* and *Presbytis rubicunda rubida*). **PloS one**, v. 12, n. 3, p. e0173369, 2017.

COLOMBO, A. F.; JOLY, C. A. Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 3, p. 697-708, 2010.

CPRH. Diagnóstico sócio-ambiental do litoral sul de Pernambuco. **Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos**, Recife, Brasil, 122p. 2001.

DAVIDSON, A. M.; JENNIONS, M.; NICOTRA, A. B. Do invasive species show higher phenotypic plasticity than native species and, if so, is it adaptive? A meta-analysis. **Ecology Letters**, v. 14, n. 4, p. 419-431, 2011.

de THOISY, B.; RICHARD-HANSEN, C. Diet and social behaviour changes in a red howler monkey (*Alouatta seniculus*) troop in a highly degraded rain forest. **Folia Primatologica**, v. 68, n. 6, p. 357-361, 1997.

DIETZ, J. M.; BAKER, A. J.; MIGLIORETTI, D. Seasonal variation in reproduction, juvenile growth, and adult body mass in golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia*). **American Journal of Primatology**, v. 34, n. 2, p. 115-132, 1994.

DUNBAR, R. I. M. Time: a hidden constraint on the behavioural ecology of baboons. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 31, n. 1, p. 35-49, 1992.

EISENLOHR, P. V.; DE OLIVEIRA-FILHO, A. T.; PRADO, J. The Brazilian Atlantic Forest: new findings, challenges and prospects in a shrinking hotspot. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2129-2133, 2015.

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

FLEAGLE, J. G. **Primate adaptation and evolution**. 3. ed. New York: Academic Press, 2013.

FOERSTER, S.; CORDS, M.; MONFORT, S. L. Seasonal energetic stress in a tropical forest primate: proximate causes and evolutionary implications. **PLoS One**, v. 7, n. 11, p. e50108, 2012.

FOURNIER, L. A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. **Turrialba**, v. 24, p. 422-423, 1974.

FRAGASZY, D.; Visalberghi, E.; Fedigan, L. **The complete capuchin: the biology of the genus Cebus**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

FRAGASZY, D.; VISALBERGHI, E.; ROBINSON, J. Variability and adaptability in the genus *Cebus*. **Folia Primatologica**, v. 54, n. 3-4, p. 114-118, 1990.

FRANCISCO, P. et al. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba (Köppen's and Thornthwaite Climate Classification for Paraíba State). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p. 1006-1016, 2016.

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

GOUVEIA, S. F. et al. Forest structure drives global diversity of primates. **Journal of Animal Ecology**, v. 83, n. 6, p. 1523-1530, 2014.

GURSKY, S. Effect of seasonality on the behavior of an insectivorous primate, *Tarsius spectrum*. **International Journal of Primatology**, v. 21, n. 3, p. 477-495, 2000.

HAMAD, I. et al. Detection of termites and other insects consumed by African great apes using molecular fecal analysis. **Scientific Reports**, v. 4, p. 4478, 2014.

HAMILTON, W. J. Demographic consequences of a food and water shortage to desert chacma baboons, *Papio ursinus*. **International Journal of Primatology**, v. 6, n. 5, p. 451-462, 1985.

HANYA, G.; CHAPMAN, C. A. Linking feeding ecology and population abundance: a review of food resource limitation on primates. **Ecological Research**, v. 28, n. 2, p. 183-190, 2013.

HILL, R. A.; DUNBAR, R. I. M. Climatic determinants of diet and foraging behaviour in baboons. **Evolutionary Ecology**, v. 16, n. 6, p. 579-593, 2002.

HLADIK, C. M.; CHIVERS, D. J. Ecological factors and specific behavioural patterns determining primate diet. In: CHIVERS D.J.; J. HERBERT. **Recent Advances in Primatology**. London: Academic Press, p. 433-444, 1978.

HOHMANN, G. et al. Plant foods consumed by *Pan*: exploring the variation of nutritional ecology across Africa. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 141, n. 3, p. 476-485, 2010.

HONGO, S. et al. Seasonal change in diet and habitat use in wild mandrills (*Mandrillus sphinx*). **International Journal of Primatology**, v. 39, n. 1, p. 27-48, 2018.

IWAMOTO, T.; DUNBAR, R. I. M. Thermoregulation, habitat quality and the behavioural ecology of gelada baboons. **The Journal of Animal Ecology**, v. 52, n. 2, p. 357-366, 1983.

IZAR, P. Dispersão de sementes por *Cebus nigritus* e *Brachyteles arachnoides* em área de Mata Atlântica, Parque Estadual Intervales, SP. In: FERRARI, S. F.; RÍMOLI, J. A. **Primatologia no Brasil - 9**. Aracaju: Sociedade Brasileira de Primatologia, 2008, p. 8-24.

JERÔNIMO, C. E. **Crescendo em liberdade**: desenvolvimento do comportamento de forrageio em *Sapajus flavius* juvenis em fragmento de Mata Atlântica em Caaporã - PB. 54 f. Monografia (Graduação). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

JIN-FA, L. et al. Birth seasonality and pattern in black-and-white snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus bieti*) at Mt. Lasha, Yunnan. **Zoological Research**, v. 35, n. 6, p. 474-484, 2014.

JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, n. 3, p. 459-473, 2014.

LAMBERT, J. E.; ROTHMAN, J. M. Fallback foods, optimal diets, and nutritional targets: Primate responses to varying food availability and quality. **Annual Review of Anthropology**, v. 44, p. 493-512, 2015.

LINS, P. G. A. S. Preferência e Competição alimentar em um grupo de *Sapajus flavius* em fragmento de Mata Atlântica em Caaporã – Paraíba- Brasil. 100 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

LINS, P. G. A. S.; FERREIRA, R. G. Sugarcane as staple fallback food for blond capuchin monkeys, *Sapajus flavius*. In: **6th European Federation for Primatology Meeting. XXII Italian Association of Primatology Congress**. Rome, 2015, p. 25–28.

LIU, Y. et al. Do invasive alien plants benefit more from global environmental change than native plants?. **Global Change Biology**, v. 23, n. 8, p. 3363-3370, 2017.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**, vol. 1. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1992.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**, vol. 2. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1998.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**, vol. 3. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 2009.

LUDWIG, G.; AGUIAR, L. M.; ROCHA, V. J. Uma avaliação da dieta, da área de vida e das estimativas populacionais de *Cebus nigritus* (Goldfuss, 1809) em um fragmento florestal no norte do estado do Paraná. **Neotropical Primates**, v. 13, n. 3, p. 12-18, 2005.

LUDWING, G., AGUIAR, L. M. & ROCHA, V. J. Comportamento de obtenção de *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae), mandioca, por *Cebus nigritus* (Goldfuss, 1809) (Primates, Cebidae) como uma adaptação alimentar em períodos de escassez. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, p. 888-890, 2006.

MALLOTT, E. K.; MALHI, R. S.; GARBER, P. A. High-throughput sequencing of fecal DNA to identify insects consumed by wild Weddell's saddleback tamarins (*Saguinus weddelli*, Cebidae, Primates) in Bolivia. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 156, n. 3, p. 474-481, 2015.

MALTA, A.; MENDES PONTES, A. R. The simplified novel diet of the highly threatened blond capuchin in the vanishing Pernambuco endemism center. In: MARSH, L. K.; CHAPMAN, C. **Primates in Fragments**. New York: Springer, 2013, p. 245-257.

MARSHALL, A. J.; WRANGHAM, R. W. Evolutionary consequences of fallback foods. **International Journal of Primatology**, v. 28, n. 6, p. 1219, 2007.

MAURICE, M. E.; FUASHI, N. A.; LENGHA, T. K.. The influence of some ecological factors on drill monkeys *Mandrillus leucophaeus* (Cuvier)-in Limbe wildlife center (LWC), Southwest Region, Cameroon. **International Journal of Biodiversity and Conservation**, v. 9, n. 7, p. 256-264, 2017.

MEDEIROS, K. **Ecologia comportamental do macaco-prego-galego em um mosaico de Floresta Atlântica no Nordeste brasileiro: manguezal, várzea e terra firme**. 70 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

MEDEIROS, K. et al. Submetido. Mangrove tours? The use of a coastal Atlantic Forest mosaic in Northeastern Brazil by blonde capuchin monkeys (*Sapajus flavius*).

MEDEIROS, K. **Interação entre *Callithrix jacchus* e *Sapajus flavius* em um fragmento de Mata Atlântica da região Nordeste do Brasil**. 64 f. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

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

MITTERMEIER, R. A. et al. Primates in Peril: The World's 25 most endangered primates 2010–2012. **Primates Conservation**, p. 1-40, 2012.

MORELLATO, P. L. et al. Phenology of Atlantic rain forest trees: a comparative study. **Biotropica**, v. 32, n. 4, p. 811-823, 2000.

MORENO-BLACK, G. The use of scat samples in primate diet analysis. **Primates**, v. 19, n. 1, p. 215-221, 1978.

MOURTHÉ, I. Response of frugivorous primates to changes in fruit supply in a northern Amazonian forest. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 3, p. 720-727, 2014.

NASH, L. T. Dietary, behavioral, and morphological aspects of gummivory in primates. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 29, n. 7, p. 113-137, 1986.

NETTESHEIM, F. C. et al. Influence of environmental variation on Atlantic Forest tree-shrub-layer phytogeography in southeast Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 2, p. 369-377, 2010.

OFTEDAL, O. T. The nutritional consequences of foraging in primates: the relationship of nutrient intakes to nutrient requirements. **Philosophical Transactions: Biological Sciences**, v. 334, n. 1270, p. 161-170, 1991.

OLIVEIRA, M. M.; BOUBLI, J. P.; KIERULFF, M. C. M. *Sapajus flavius*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T136253A70612549. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015.RLTS.T136253A70612549.en>>. Acessado em 1 de abril de 2018.

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

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, v. 32, n. 4, p. 793-810, 2000.

PAIM, F. P. et al. Does resource availability affect the diet and behavior of the vulnerable squirrel monkey, *Saimiri vanzolinii*? **International Journal of Primatology**, v. 38, n. 3, p. 572-587, 2017.

PEREIRA, G. A. et al. Primeiro registro documentado de *Herpsilochmus pectoralis sclater*, 1857 no Estado da Paraíba, Brasil. **Atualidades Ornitológicas**, v. 127, p. 29-32, 2005.

PEREIRA, T. S. et al. Fenologia de espécies arbóreas em Floresta Atlântica da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Iheringia. Série Botânica.**, v. 63, n. 2, p. 329-339, 2008.

PICKETT, S. B.; BERGEY, C. M.; DI FIORE, A. A metagenomic study of primate insect diet diversity. **American Journal of Primatology**, v. 74, n. 7, p. 622-631, 2012.

PINACHO-GUENDULAIN, B.; RAMOS-FERNÁNDEZ, G. Influence of fruit availability on the fission–fusion dynamics of spider monkeys (*Ateles geoffroyi*). **International Journal of Primatology**, v. 38, n. 3, p. 466-484, 2017.

REDMOND, I. **The primate family tree: the amazing diversity of our closest relatives.** Firefly Books Limited, 2008.

RICHARDS, C. L. et al. Jack of all trades, master of some? On the role of phenotypic plasticity in plant invasions. **Ecology Letters**, v. 9, n. 8, p. 981-993, 2006.

RODRIGUES, K. C. **Padrão de atividades, comportamento alimentar, exploração de habitat e área de vida de um grupo de *Sapajus flavius* (Schreber, 1774) (Primates, Cebidae) em um fragmento de Floresta Atlântica, Paraíba, Brasil.** 57 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Rio Tinto, 2013.

ROTHMAN, J. M.; RAUBENHEIMER, D.; CHAPMAN, C. A. Nutritional geometry: gorillas prioritize non-protein energy while consuming surplus protein. **Biology Letters**, p. rsbl20110321, 2011.

RYLANDS, A. B.; MITTERMEIER, R. A. Family Callitrichidae (Marmosets and Tamarins). In: Mittermeier, R. A.; Rylands, A. B.; Wilson, D. E. **Handbook of the mammals of the world.** Barcelona: Lynx Edicions, v. 3, 2013.

SCARANO, F. R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2319-2331, 2015.

SHEHZAD, W. et al. Carnivore diet analysis based on next-generation sequencing: application to the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in Pakistan. **Molecular ecology**, v. 21, n. 8, p. 1951-1965, 2012.

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

SOUTO, A. et al. Saltatory search in free-living *Callithrix jacchus*: environmental and age influences. **International Journal of Primatology**, v. 28, n. 4, p. 881-893, 2007.

SPAGNOLETTI, N. et al. Stone tool use in wild bearded capuchin monkeys, *Cebus libidinosus*. Is it a strategy to overcome food scarcity?. **Animal Behaviour**, v. 83, n. 5, p. 1285-1294, 2012.

SRIVATHSAN, A. et al. Comparing the effectiveness of metagenomics and metabarcoding for diet analysis of a leaf-feeding monkey (*Pygathrix nemaeus*). **Molecular Ecology Resources**, v. 15, n. 2, p. 250-261, 2015.

STONE, ANITA Responses of squirrel monkeys to seasonal changes in food availability in an eastern Amazonian forest. **American Journal of Primatology**, v. 69, n. 2, p. 142-157, 2007.

SU, H.; LEE, L.. Food habits of Formosan rock macaques (*Macaca cyclopis*) in Jentse, northeastern Taiwan, assessed by fecal analysis and behavioral observation. **International Journal of Primatology**, v. 22, n. 3, p. 359-377, 2001.

SUNDRAM, K.; SAMBANTHAMURTHI, R.; TAN, Y. Palm fruit chemistry and nutrition. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v. 12, n. 3, 2003.

SUSSMAN, R. W. Primate origins and the evolution of angiosperms. **American Journal of Primatology**, v. 23, n. 4, p. 209-223, 1991.

VALENÇA-MONTENEGRO, M. M. **Ecologia de *Cebus flavius* (Schreber, 1774) em remanescentes de Mata Atlântica no estado da Paraíba**. 131 f. Tese (Doutorado). Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2011.

WHITTEN, P. L. Diet and dominance among female vervet monkeys (*Cercopithecus aethiops*). **American Journal of Primatology**, v. 5, n. 2, p. 139-159, 1983.

WRANGHAM, RICHARD An ecological model of female-bonded primate groups. **Behaviour**, v. 75, n. 3, p. 262-300, 1980.

6 CAPÍTULO IV: DIFERENÇAS GENÉTICAS E DE ESTRUTURA DE VOCALIZAÇÃO ENTRE DUAS POPULAÇÕES ISOLADAS DO CRITICAMENTE AMEAÇADO MACACO-PREGO-GALEGO, *Sapajus flavius*, NO NORDESTE DO BRASIL.

INTRODUÇÃO

Estudos sobre genética populacional podem auxiliar a preservação de populações ameaçadas (Manteuffel et al., 2004; Hogg et al., 2006). A descrição dos padrões de distribuição da diversidade genética das populações pode, por exemplo, auxiliar na definição de populações prioritárias para realização de ações de manejo e conservação (Volkman et al., 2014). As ferramentas genéticas podem auxiliar o monitoramento de dispersão de indivíduos e grupos por diferentes áreas, facilitando a estimativa do tamanho populacional e detecção de mudanças genéticas na população como um todo (Scribner et al., 2006). Por exemplo, marcadores microssatélites, também conhecidos como Sequências Simples Repetidas (SSR- Simple Sequence Repeats), são promissores nos estudos de estrutura demográfica, mapeamento genético, dinâmica e história filogenética de populações e ainda comportamento e organização social, e conservação (e.g. Clisson et al., 2000; Di Fiori 2003; Vigilant e Guschanski, 2009; Arif e Khan, 2009; Vieira et al., 2016; Engelhardt et al., 2017).

Atualmente, com o avanço da biologia molecular, informações genéticas de várias espécies de mamíferos têm sido coletadas de maneira não-invasiva, através da extração de material genético das fezes (Wasser et al., 1997; *Puma concolor* - Miotto et al., 2007; *Canis latrans* - Bozarth et al., 2015; *Elephas maximus* - Goossens et al., 2016; *Nyctereutes procyonoides* - Saito et al., 2016; *Ozotoceros bezoarticus* - Mantellatto et al., 2017). Inclusive, o material genético de várias espécies de primatas já foi extraído com sucesso através de fezes (e.g. *Presbytis entellus* - Launhardt et al., 1998; *Pan paniscus* - Gerloff et al., 1999; *Papio* sp - Bayes et al., 2000; *Pan troglodytes verus* e *Gorilla gorilla* - Bradley et al., 2000; *Gorilla gorilla* e *Colobus guereza* - Bradley et al., 2007; *Gorilla beringei beringei* - Nsubuga et al., 2004; *Macaca fascicularis* - Harf-Monteil et al., 2004; *Cebus capucinus* - Muniz e Vigilant, 2008; *Sapajus nigritus* - Tokuda et al., 2014; *Ateles chamek* - Nunes et al., 2017). Em primatas, tais estudos usando amostras fecais tem gerado a possibilidade de fornecimento de diagnósticos sobre a estrutura populacional de diversas espécies de maneira não-invasiva (e.g. Muller et al., 2014; Inoue et al., 2016; Engelhardt et al., 2017), uma técnica que é particularmente importante para espécies elusivas e ameaçadas (Silva e Bruford, 2016).

Outra forma não-invasiva de obtenção de dados sobre populações animais com potencial de uso para sua preservação é através de bioacústica. A bioacústica investiga a produção e a recepção de sons nos animais, assim como a comunicação realizada através de sons pelos mesmos (Bradbury e Vehrencamp, 1998). Os sons dos animais são bastante

complexos e carregam um conjunto de dados sobre as espécies. Dentre essas informações, podemos citar: sexo do animal, tamanho corpóreo, faixa etária, estado comportamental e até variações entre populações distintas (e.g. Hedwig et al., 2015; Bastos et al., 2015; Benítez et al., 2016; Gamba et al., 2016; Bowling et al., 2017; Cheney e Seyfarth, 2018). Variabilidade intra-específica na vocalização dos primatas pode ocorrer em vários níveis (e.g. subespécie, grupo, população, indivíduo e entre vocalizações diferentes de um mesmo indivíduo) (Norris 1996). Para averiguação de tais variações, vocalizações podem ser coletadas em ambiente natural e em cativeiro, o que também facilita o aumento de conhecimento sobre a biologia geral e estrutura populacional *in situ* e *ex situ*, respectivamente, da espécie investigada (Yoshino et al., 2008; Depraetere et al., 2012).

As vocalizações específicas de cada taxa também possibilitam aos pesquisadores diferenciá-los pelos sons, revelando a variabilidade interespecífica dos sons produzidos pelos primatas (McComb e Semple 2005). As análises dos parâmetros físicos de tempo e frequência das vocalizações permitem a identificação com maior precisão de peculiaridades das populações (Sugiura et al., 2006; Ancillotto et al., 2017), da espécie ou do indivíduo que vocalizou (Chapman e Weary, 1990; Jones et al., 2000; Hartwig, 2005; Aide et al., 2013). Estudos com vocalizações são vistos como ferramentas auto-suficientes cuja a coleta de dados pode ser ativa (i.e. o pesquisador fica a uma distância relativamente próxima dos animais e grava com o auxílio de um gravador especializado para tal feito) e também ser passiva através de armadilhas sonoras, assim a investigação tem favorável custo benefício para revelar diferenças entre populações (Blumstein et al., 2011; Marques et al., 2012; Rogers et al., 2013; Digby et al., 2013; Bastos et al., 2015; Gamba et al., 2016). O nível de identificação sonora dos animais é acurado e característico, baseado em análises da estrutura física do som (Forti et al., 2010). Trabalhos com uso do som nos animais é uma técnica eficiente, registrada por gravações ativas e/ou passivas para todos os grupos de vertebrados: peixe - Sattar et al., 2016; anfíbio - Martins et al., 2016; réptil - Yu et al., 2011; ave - Smith e Friesen, 2007; e mamífero - Wang et al., 2005; Baotic et al., 2015, incluindo primatas (Pfefferle e Fischer, 2006; Kalan et al., 2015).

O presente estudo investigou se é possível se utilizar das duas técnicas não-invasivas acima mencionadas (i.e. ferramentas moleculares utilizando fezes para obtenção de material genético e bioacústica) para distinguir populações isoladas de macaco-prego-galego, *Sapajus flavius*. Os macacos-prego-galegos são considerados Criticamente Ameaçada de extinção pela União Internacional pela Conservação da Natureza (i.e. IUCN - International Union for Conservation of Nature) e são endêmicos da Floresta Atlântica do Nordeste do Brasil, onde suas populações sobrevivem em 29 fragmentos isolados com forte impacto antrópico resultante

da destruição da floresta para criação de monoculturas de cana de açúcar nos arredores dos fragmentos e também pressão de caça (Lobô et al., 2011; Fialho et al., 2014; Oliveira et al., 2015). Esse isolamento pode interromper o fluxo gênico, resultando em uma redução da diversidade genética da população e da viabilidade da mesma, afetando sua sobrevivência em longo prazo (Dixo et al., 2009; Bastos et al., 2010; Furlan et al., 2012; Oklander et al., 2017). O macaco-prego-galego já foi considerado uma das 25 espécies mais ameaçadas do planeta (Mittermeier et al., 2012), sendo atualmente alvo do cenário nacional de conservação visto que figura o Plano de Ação Nacional para Conservação de Primatas do Nordeste (PORTARIA Nº 242, de 27 de março de 2018). Macacos-prego-galegos podem formar grupos multi-machos-multi-fêmeas, com mais de 140 indivíduos vivendo em um sistema social complexo de fissão-fusão, onde o grande grupo se subdivide durante o dia para otimizar suas atividades de forrageio evitando competição (Bezerra et al., 2014; Bastos et al., 2018; Medeiros et al., submetido). Especificamente, aqui nós usamos marcadores microsatélites e características físicas de vocalizações para tentar diferenciar duas populações de macaco-prego-galego separadas 140km uma da outra, sendo ambas sujeitas à destruição e degradação contínua de seus habitats. Uma população está isolada em um fragmento rodeado por plantações de cana-de-açúcar e a outra está isolada em um fragmento rodeado por ação de mineração e também por plantações de cana-de-açúcar. Além disso, testamos a transferibilidade de marcadores microsatelites usados para outras espécies de macacos-prego (i.e. primatas dos gêneros *Cebus* e *Sapajus*) para uso em macaco-prego-galego e investigamos a estrutura genética das populações de macaco-prego-galego consideradas. Considerando que essas populações não estão conectadas por florestas contínuas, assumimos um fluxo genético restrito entre elas e, conseqüentemente, esperamos que elas sejam geneticamente diferentes uma da outra. Além disso, seria esperado que a estrutura física da vocalização de animais dessas populações também refletisse em uma distinção entre as mesmas. Considerando o grau de isolamento dessas populações também seria esperado que as mesmas apresentassem elevado grau de endogamia. O presente estudo visa esclarecer o potencial de metodologias não-invasivas para diferenciação entre populações de macaco-prego-galego, atendendo e fomentando ações de políticas públicas nacionais de conservação especificamente voltadas para espécie em vigor no Brasil desde 2010.

METODOLOGIA

6.1.1 Áreas de estudo

Duas populações de macacos-prego-galegos vivendo em dois fragmentos de Mata Atlântica distantes 140 km em linha reta, foram amostradas nesse estudo. Uma das populações habita um fragmento com 936 ha localizado no município de Mataraca, estado da Paraíba, Brasil, este com temperatura média anual de 25,5° C e precipitação média anual de 1557 mm (<https://pt.climate-data.org/>) (considerada a partir daqui como População A - 06 ° 29.441'S, 034 ° 58.761'W), e outro de 340 ha no município de Igarassu, estado de Pernambuco, Brasil, este também com temperatura média anual de 25,5° C e precipitação média anual de 2006 mm (<https://pt.climate-data.org/>) (considerada a partir daqui como População B - 07 ° 47.224'S, 035 ° 00.812'W) (Figura 1). No fragmento onde habita a População A, existe um mosaico de habitats, havendo manguezal, área de restinga e Mata Atlântica primária e secundária.

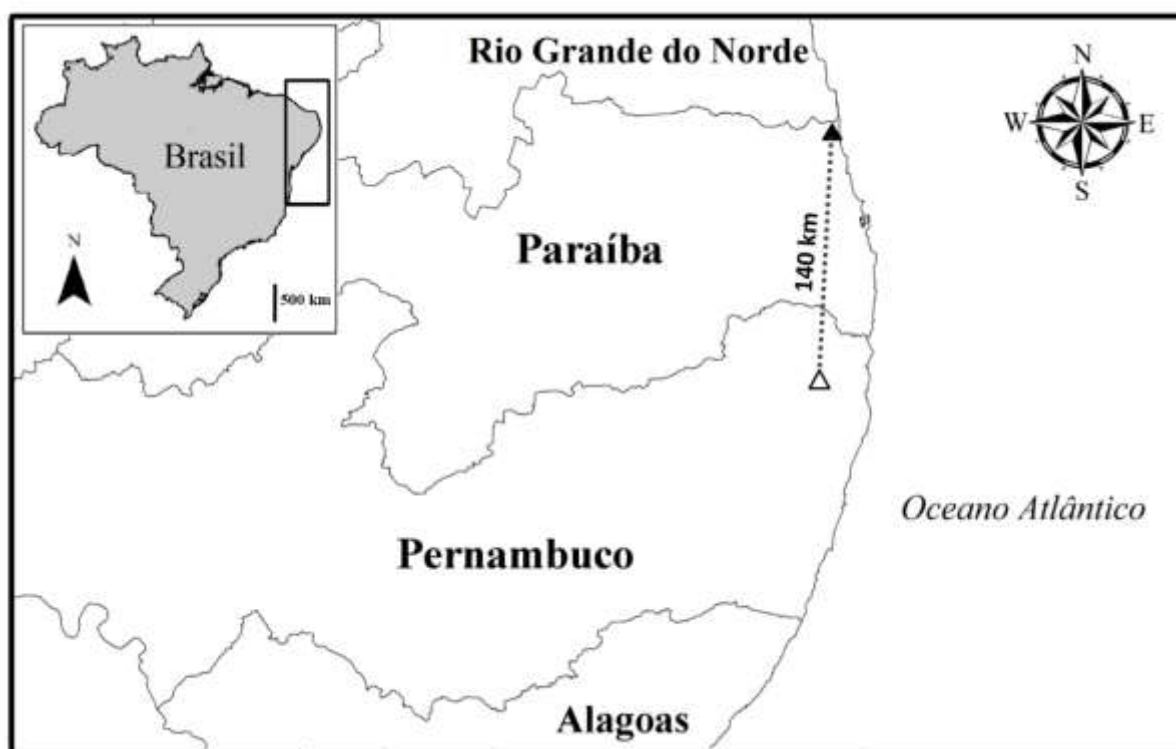


Figura 1- Mapa representativo da localização das duas populações em estudo no Nordeste do Brasil. O triângulo negro referente ao fragmento de Mata Atlântica da População A, localizado no município de Mataraca, estado da Paraíba. O triângulo branco representa o fragmento da população B localizado no município de Igarassu, estado de Pernambuco.

6.1.2 Animais

As contagens máximas de macacos-prego-galegos em cada área foram de 151 e 54 indivíduos na População A e na População B, respectivamente. As contagens dos animais foram realizadas quando os macacos-prego-galegos se locomoviam através de pontos de passagem específicos onde não haveria possibilidade de recontagem do mesmo animal (i.e. usualmente ligação estreita entre copa de árvores, fios elétricos na margem dos fragmento e estradas de barro que cortavam o fragmento usualmente em função da extração de cana-de-açúcar ou produtos de mineração). Em ambas populações notificamos a presença de indivíduos de todas as classes etárias por visualização direta, as quais foram aferidas pelo tamanho corporal dos animais (ver Bezerra et al., 2014).

6.1.3 Coleta de material genético e genotipagem

Nos fragmentos de Mata Atlântica das populações A e B, colocamos estações de monitoramento fotográfico provisionadas usualmente com milho seco (Bezerra et al., 2014; Medeiros, 2017), onde amostras fecais e acústicas dos animais também eram coletadas de maneira não-invasiva. O material genético foi obtido através das fezes dos animais, coletadas nos meses setembro e outubro de 2016, nas duas áreas de estudo. Em cada área, a coleta do material fecal para aquisição de material genético foi realizada em um único mês, na perspectiva de aumentar a probabilidade das fezes serem de indivíduos diferentes. Além disso, fezes com fungos ou muito secas foram descartadas. Um total de 86 amostras fecais foram coletadas para este propósito. As fezes foram armazenadas no campo em tubos de 50ml contendo 20ml de álcool 70% e preservadas em um freezer a -20 °C para posterior extração de DNA (Frantzen et al., 1998). O DNA foi inicialmente extraído das fezes no LABBE (Laboratório de Bioinformática da Universidade Federal de Pernambuco, através de um kit especificamente desenvolvido para purificação de DNA em fezes, o QIAamp DNA stool (Qiagen)). Seguindo protocolo do fabricante, o DNA total de cada amostra foi extraído e em seguida o produto foi liofilizado para evitar a perda do material genético durante o transporte para o Reino Unido, onde houve continuidade das análises do material genético extraído na Universidade de Bristol (Licença de transporte de material genético para o exterior número 17BR023733/DF). Na referida universidade, o material foi ressuspenso em 20 µl de buffer AE (Qiagen), em seguida a quantidade de DNA foi quantificada usando um Qubit 3.0 fluorometer (Life technology, USA) com posterior análise do nível de degradação com um gel de agarose a 1%.

Utilizamos 17 marcadores microssatélites já aplicados em estudos com primatas do gênero *Cebus* e *Sapajus* (e.g. Escobar-Páramo, 2000; Muniz e Vigilant, 2008; Tokuda et al.,

2014), com seus iniciadores marcados com fluorocromos. Após otimizá-los para macaco-prego-galego, foram combinados de acordo com suas temperaturas de amplificação e tamanho do marcador em 7 reações de multiplex: Multiplex A Ceb02 (NED), Ceb105 (FAM), Ceb121 (VIC); Multiplex B Ceb11 (PET), Ceb07 (VIC), Ceb115 (FAM); Multiplex C Ceb120 (VIC), Ceb09 (NED); Multiplex D Ceb119 (FAM), Ceb10 (VIC); Multiplex E Ceb127 (VIC), Ceb128 (PET); Multiplex F Ceb01 (FAM), Ceb08 (VIC); Multiplex G Ceb04 (FAM), Ceb03 (PET) (Tabela 1).

As reações de PCR para a multiplex A, B, C, D e E foram conduzidas em volume final de 12,5 µl, contendo Qiagen Top Taq Master Mix, com (10x) Top Taq Buffer, 10mM de cada dNTP, 1,25 unidades Top Taq, 15mM de MgCl₂, 20 mg / ml BSA, 0,25 µM cada iniciador, 10-25 ng de DNA. Condições de termociclagem: desnaturação inicial 95 °C 3 min, seguido de 45 ciclos com desnaturação 95 °C por 30 segundos, anelamento a 53-61 °C por 30 segundos, alongamento 72 °C por 30 segundos e um alongamento final de 72 °C para 30 minutos. E para as reações de multiplex F e G, obtivemos um volume final de 25 µl, contendo o kit para PCR (*G&E Ready-to-go Beads*), com uma concentração de 200 µM de dNTPs, 1,5 mM de MgCl₂, 2,5 U de proteína Taq, BSA, 0,25 µM de cada iniciador, 10-25 µg de DNA. As condições de termociclagem neste caso foram: desnaturação inicial 95 °C 3 min, depois 45 ciclos com desnaturação a 95 °C durante 30 segundos, anelamento a 56-58 °C durante 30 segundos, alongamento a 72 °C durante 30 segundos e um alongamento final de 72 °C por 30 min.

A fim de evitar erros de genotipagem, cada *locus* foi representado por três repetições independentes. Os produtos amplificados foram visualizados e pontuados num sequenciador ABI 3730xl DNA na Universidade de Dundee, Escócia.

6.1.4 Coleta de amostras acústicas dos animais

Para gravação das vocalizações, utilizamos o gravador digital Marantz PMD670 (Marantz®), conectado a um microfone direcional Sennheiser ME67 (Sennheiser®), com resposta frequência entre 20 Hz e 20 kHz (+/-0,5 dB), com um adaptador K6 e um fone de ouvido Clone 11200, este com frequência de 20Hz-20KHz e sensibilidade de 15dB. As vocalizações foram gravadas em formato sem compressão WAV para evitar perdas das características físicas do som (TU, et al., 2011). Gravações foram realizadas entre agosto/2011 e julho/2012. Apenas gravações realizadas a ≤15 m dos animais foram consideradas nas análises.

O tipo de vocalização selecionado para comparações em nossas análises foi o chamado de alimentação *Huh1*-varA (ver descrição completa da vocalização em Bastos et al., 2015). A

seleção desta vocalização deu-se pelo chamado ser o mais frequente no padrão vocal da espécie e ser emitido por indivíduos de todas as idades. Além disso, a vocalização é emitida independente da visualização direta entre os animais no momento, sugerindo que este sinal carregue informações mais marcantes na transferência da informação (Bastos et al., 2015). Um total de 200 chamadas de alimentação foram selecionadas aleatoriamente para fins de comparação populacional. Os 200 sinais vocais foram identificados pelos seus espectrogramas através do programa BatSound 3.31 (Pettersson Elektronik, Uppsala, Suécia), com as especificações: FFT size = 1024; threshold = 14 e Hanning window.

Foram extraídos onze parâmetros físicos temporais e de frequência de cada um dos sinais. Parâmetros de frequência foram considerados em kHz, sendo eles: Frequência de Máxima Energia (FME, determinada a partir do espectro de potência), a Frequência mais alta (Freq. Máx.), a Frequência mais baixa (Freq. Mín.), amplitude (Delta), a Frequência inicial (Freq. Inicial), a Frequência final (Freq. Final). Parâmetros temporais foram considerados em milissegundos, sendo eles: duração do início da vocalização até a Frequência mais alta (Dinicial-FM), duração do início da Frequência mais alta até o final da vocalização (DFM-final), o tempo de duração da vocalização (Dur.). Foram ainda considerados os parâmetros: número de harmônicas além da fundamental (NH) e intervalo de frequência entre as harmônicas (IBH) em kHz das vocalizações.

6.1.5 Análise de dados

6.1.5.1 Dados genéticos

A atribuição dos genótipos dos marcadores microssatélites foi feita com o *Plug* de Microssatélites no programa GENEIOUS v11.0.3 (Biomatters), seguindo as medidas do índice de qualidade para validar genótipos, como sugerido por Miquel et al. (2006) e Kantartzi (2013). Cálculos de melhor palpite para o melhor descompasso alélico e identificação de genótipos únicos foram feitos com o pacote ALLELEMATCH em R v2.5 (Galpern et al. 2012), que acomoda erros de genotipagem e dados faltantes fazendo comparações pareadas e encontrando pontuações de similaridade para cada par de perfis e agrupamentos semelhantes. Para determinar se os genótipos correspondentes não eram indivíduos diferentes que correspondem por acaso, calculou-se a probabilidade cumulativa de identidade para indivíduos não relacionados (PID) e irmãos (Psib). Loci com Psib < 0,010 foram identificados positivamente como indivíduos separados.

Para caracterizar a diversidade genética das duas populações utilizamos o programa CERVUS v3.0 (Field Genetics, Londres, Reino Unido) para calcular número de alelos (A), a frequência alélica, heterozigosidades observadas (H_o) e esperadas (H_e), a frequência estimada de alelos nulos, o conteúdo de informação polimórfica (PIC). O desvio no equilíbrio de Hardy-Weinberg, ou seja, um excesso ou deficiência de heterozigotos na população, foi avaliado usando o programa ARLEQUIN v3.5.2.2 (Swiss Institute of Bioinformatics). O grau de endogamia foi estimado seguindo a fórmula: $F_{IS} = (H_e - H_o) / H_e$ (McManus et al., 2011). O cuidado com a falha de amplificação dos *loci*, ou seja, alelos nulos, erros de genotipagem, presença de picos de *stutter* e alelos *dropout*, foram corrigidos e identificados pelo software Micro-Checker (Norwich Research Park, Norfolk, United Kingdom) (Van Oosterhout et al., 2004).

O programa ARLEQUIN v3.5.2.2 (Excoffier e Lischer, 2010) foi utilizado para estimar o coeficiente de diferenciação genética (*Fixation Index* = F_{ST}) dentro e entre as populações por análise molecular de variância (AMOVA) (Schneider et al., 2000). A partir de uma análise bayesiana de agrupamentos de conjuntos de dados de microssatélites multiloculares, usamos o programa STRUCTURE v2.3.4 (Pritchard Lab, Stanford University) (Pritchard et al. 2000), para identificar uma potencial subdivisão da população genética. Este método estima as probabilidades da quantidade de grupos geneticamente distintos (K) na amostra, atribuindo indivíduos a um ou mais grupos de uma maneira que minimize o desvio de cada grupo do equilíbrio de Hardy-Weinberg (Huang et al., 2016). O programa STRUCTURE v2.3.4 utiliza a abordagem de cadeia de Markov de Monte Carlo (MCMC) para agrupar indivíduos em populações baseadas em seus genótipos dos multilocus sem informações prévias sobre suas localidades de amostragem. A certificação da quantidade de grupos populacionais trabalhados foi obtida pelo método Delta K (Evanno et al., 2005) realizado no programa STRUCTURE HARVESTER v0.6.93 (Earl and vonHoldt 2012).

6.1.5.2 Dados acústicos

Utilizamos o programa SPSS versão 20.0 (IBM Corporation) e o Excel (Microsoft Corporation) para as análises. Uma Análise de Função Discriminante (AFD) foi realizada para determinar se as duas populações identificadas *a priori* se diferenciavam objetivamente uma da outra através das características físicas da vocalização de alimentação *Huh1-varA*. Este teste examina a porcentagem de vocalizações que foram corretamente categorizadas em cada população. Os resultados AFD foram apresentados com e sem validação cruzada. Para redução de chance de Erro Tipo I na análise (um resultado que demonstra uma categorização objetiva

quando ela não é) utilizamos apenas quatro parâmetros físicos (FME, Freq. Máx., Freq. Min e NH), ou seja, cerca de 1/3 das características físicas disponíveis (e.g. Kazial et al., 2001; Berger-Tal et al., 2008; Bastos et al., 2015). Essas variáveis estão dentre as comumente utilizadas em trabalhos envolvendo a distinção de sinais acústicos de primatas (e.g. Bezerra et al., 2010; Bastos et al., 2015; Briseño-Jaramillo et al., 2017).

RESULTADOS

6.1.6 Transferibilidade de marcadores

Foram testados 17 marcadores microssatélites pela primeira vez para a espécie *Sapajus flavius* e 16 destes amplificaram com sucesso (Tabela 1; Figura 2). Um total de 86 amostras foram sequenciadas. Foram consideradas nas análises apenas as amostras que amplificaram 10 ou mais *loci*. Totalizando, portanto, 73 amostras utilizadas nas análises subsequentes, sendo 38 da População A e 35 da População B. O melhor palpite para incompatibilidade ideal de alelos foi 7. Um total de 62 genótipos únicos puderam ser identificados, dos quais pertencem 38 à População A e 24 à População B.

Tabela 1- Sequência de marcadores utilizados, detalhando seus motivos, fluorocromo, temperatura de amplificação (Ta (°C)), tamanho dos alelos e a multiplex que os primers foram sequenciados.

<i>Locus</i>	Forward	Reverse	Motivo	Fluorocromo	Ta (°C)	Tamanho dos alelos	Multiplex
Ceb01	CCAGGCAAGCCAGCAATC	GAGCCAATTCCCCTAATAAATGTC	[TATC] ₁₂	FAM	58	195-250	F
Ceb02	ACAGCGAGCAATATAACCT	TCCTTCCCTATGCAAATTC	[TCTA] ₉	NED	53	157-252	A
Ceb03	TGGAAGTGTGGGTATCAGTGT	TGTCATTGCTTTTAGGGGTTT	[GATA] ₁₁	PET	56	120-180	G
Ceb04	CTTGAACTCGGGAAATGG	TGTGAGGCTTGCTTTTAAC	[TCTA] ₁₄	FAM	57	155-200	G
Ceb07	ACCCAGGACAGGCAAAGG	ATTATGGAGGGTCGGTGTG	[AGAT] ₁₀	VIC	56	150-190	B
Ceb08	GCCTGGGTAAACAAGAGCA	TATTTGAAACGGTGGGTCAG	[TAGA] ₁₂	VIC	58	140-205	F
Ceb09	GGGCTTCTCAGCCTCCAC	CAGGGTTCTCCAAAGAAAGAGA	[ATCT] ₁₀	NED	59	180-230	C
Ceb10	TTGCTGATGCTTGCTTC	TGGCAGATTGTGGACTTCTC	[AGAT] ₁₃	VIC	61	148-270	D
Ceb11	GCTTTCTGACTTGGGCTGAC	TGGTTTGGATGCCTCTGAC	[TCTA] ₁₁	PET	56	217-262	B
Ceb105	GCACTCCCCTGTCTGTTCC	TAGGACTTGGGCTGGCTTC	[TAGA] ₁₀	FAM	54	185-300	A
Ceb115	CCTGGGCAACAGAGTGAG	TACACACAGTATTGGGAGACCA	[ATCT] ₁₁	FAM	55	120-200	B
Ceb119	TGGGCAACAGAGCAAGAC	ACTTGAGAGGTTGAAGCATGAG	[GATA] ₁₂	FAM	61	230-280	D
Ceb120	TTTGGGACTTGGACTGGTTC	CCGGGTGTATTAGGGTCCTC	[CTAT] ₁₃	VIC	59	240-280	C
Ceb121	CCATTTAGGGGAGGAGAAGG	TTGGTTGGTAGGCAGGTAGG	[CTAT] ₁₀	VIC	59	110-170	A
Ceb127	TGAGGCTTTGAGAGGGTATGTG	AGGCAGGCAGGCAGACAG	[TATC] ₉	VIC	57	220-280	E
Ceb128	CAGCGAGGTTTCATCTCAAG	TATTGCCAGGTCCAAAAGTG	[CTAT] ₁₀	PET	58	170-270	E

6.1.7 Diversidade genética das populações

A genotipagem apresentou um elevado número de homozigotos, sugerindo que as populações possuem desvio no equilíbrio de Hardy-Weinberg (HWE), confirmados em $p \leq 0.05$ (Tabela 2). O número de alelos para a População A variou de 7 a 16 com uma média de 8,31, contendo alelos majoritários, notificado pelas suas frequências (Tabela 3). Já a População B mostrou resultados mais críticos devido ao baixo número de alelos, com média de 4,12, variando de 1 a 8, possuindo também alelos majoritários e *loci* monomórficos (Tabela 4). As populações A e B de macaco-prego-galego demonstraram compartilhar cinquenta alelos característicos dos marcadores (Tabela 3 e 4). Ambas populações apresentaram um coeficiente de endogamia alto com uma variação de 43% a 100% em alguns *loci* com todos os indivíduos homozigotos (i.e. Ceb02, Ceb120 e Ceb128) para População A e média de 54% a População B. A população B, apresentou dois *loci* que não puderam ser calculados o FIS devido a Heterozigidade observada e esperada serem zero, e todos o alelos são homozigotos e monomórficos (i.e. Ceb09 e Ceb128). Em ambas se notificou uma heterozigozidade observada muito abaixo do que a esperada, com média de Hobs 0,187 e 0,193 para as Populações A e B, respectivamente, para 0,639 e 0,429 de Hesp, quando consideramos todos os 16 *loci* (Tabela 2).

Não foi notificado a presença de erros de *stutter* nem a evidência de alelo *dropout*. As análises demonstraram a presença de alelos nulos em quase todos os *loci* para as duas populações, excetuando as que possuíram um alelo único (Tabela 2). O conteúdo de polimorfismo (PIC) médio foi considerado alto para a População A, 0,602 (com variação 0,170 a 0,880) e baixo para a População B, 0,386 (com variação 0 a 0,802). Podemos ressaltar o PIC que indicou os *loci* mais polimórficos para as duas populações. Quando o $PIC > 0.50$, o *locus* é determinado com alto polimorfismo (Wang et al., 2015). Os 11 alelos mais polimórficos para a População A foram Ceb01, Ceb03, Ceb04, Ceb07, Ceb08, Ceb09, Ceb10, Ceb105, Ceb119, Ceb120 e Ceb127, a heterozigozidade observada para estes *loci* variam de 0 a 0,515 (média de 0,233) e a esperada varia de 0,581 a 0,903 (média de 0,756). Na População B apenas 5 dos *loci* apresentaram-se mais polimórficos, sendo eles Ceb02, Ceb07, Ceb08, Ceb10, Ceb121, com Hobs variando 0,091 a 0,429 (média de 0,221) e Hesp variando 0,210 a 0,848 (média de 0,672).

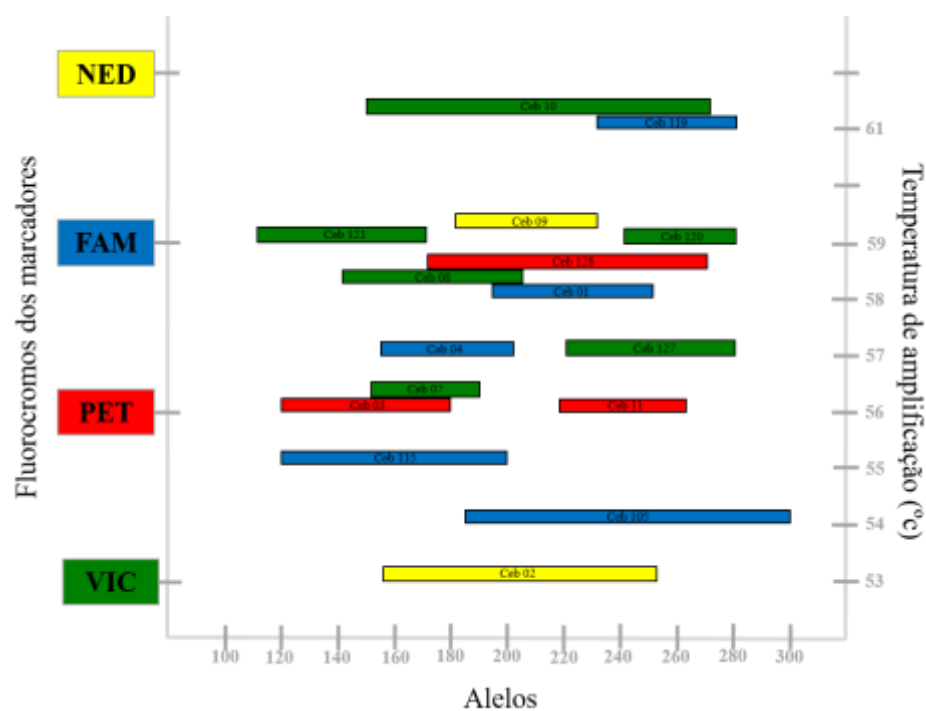


Figura 2- Ilustração dos dezesseis marcadores microssatélites que amplificaram neste estudo com suas respectivas fluorescências, agrupados de acordo com a temperatura de amplificação e a faixa de tamanho do alelo.

Tabela 2- Características das variabilidades genéticas das Populações A e B localizadas em fragmentos de mata Atlântica nos municípios de Mataraca (Paraíba) e Igarassu (Pernambuco) no Nordeste do Brasil. K = número de alelos; N = número de indivíduos; H0bs = heterozigidade observada; Hesp = heterozigidade esperada; PIC = Conteúdo de informação Polimórfica; HWE = equilíbrio de Hardy-Weinberg; F(null) = frequência de alelos nulos; Fis = Coeficiente de endogamia; Het = número de heterozigotos; Hom = Número de homozigotos; e NC = não calculado.

	Ceb01		Ceb02		Ceb03		Ceb04		Ceb07		Ceb08		Ceb09		Ceb10	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
K	11	5	4	5	11	7	8	5	11	6	16	8	5	1	7	5
N	29	17	28	19	29	23	33	22	31	21	33	18	24	21	32	20
H0bs	0,241	0,294	0,000	0,211	0,310	0,348	0,242	0,091	0,452	0,429	0,515	0,222	0,083	0,000	0,281	0,150
Hesp	0,870	0,526	0,262	0,550	0,789	0,353	0,800	0,329	0,801	0,772	0,903	0,848	0,713	0,000	0,581	0,583
PIC	0,841	0,481	0,246	0,508	0,76	0,335	0,758	0,309	0,77	0,713	0,88	0,802	0,655	0,000	0,529	0,516
HWE	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,095	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0001	0,000	0,000
F(null)	0,561	0,238	0,966	0,442	0,432	0,009	0,528	0,552	0,275	0,281	0,271	0,569	0,785	NC	0,346	0,590
Fis	0,723	0,441	1,000	0,616	0,607	0,014	0,697	0,723	0,436	0,444	0,430	0,738	0,884	NC	0,516	0,743
Het	7	5	0	4	9	8	8	2	14	9	17	4	2	0	9	3
Hom	22	12	28	15	20	15	25	20	17	12	16	14	22	21	23	17

	Ceb011		Ceb105		Ceb115		Ceb119		Ceb120		Ceb121		Ceb127		Ceb128	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
K	9	4	12	3	10	4	3	2	7	2	6	4	10	4	3	1
N	31	17	30	22	34	23	12	17	26	17	31	22	25	22	31	22
H0bs	0,161	0,118	0,233	0,091	0,206	0,478	0,083	0,059	0,000	0,235	0,065	0,091	0,12	0,273	0,000	0,000
Hesp	0,536	0,406	0,829	0,21	0,457	0,538	0,605	0,166	0,588	0,471	0,482	0,605	0,835	0,517	0,182	0,000
PIC	0,496	0,370	0,792	0,192	0,439	0,465	0,502	0,148	0,543	0,352	0,452	0,547	0,797	0,432	0,170	0,000
HWE	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,000
F(null)	0,546	0,593	0,552	0,448	0,373	0,085	0,751	0,449	0,999	0,320	0,757	0,730	0,740	0,288	0,904	NC
Fis	0,670	0,709	0,719	0,567	0,549	0,112	0,863	0,6455	1,000	0,501	0,865	0,850	0,856	0,472	1,000	NC
Het	5	2	7	2	7	11	1	1	0	4	2	2	3	6	0	0
Hom	26	15	23	20	27	12	11	16	26	13	29	20	22	16	31	22

6.1.8 Diferenciação genética entre as populações

O valor total de F_{ST} pareado foi 0,139 entre as populações e zero intrapopulacional ($p < 0,01$), demonstrando uma variabilidade moderada entre as populações. Considera-se valores de 0,151 a 0,250 como alto nível de diferenciação e 0,051 a 0,150 nível médio (Yeh, 2000).

Tabela 3- Frequência alélica de cada locus para a População A, localizado em um fragmento de Mata Atlântica no município de Mataraca, estado da Paraíba, Nordeste do Brasil.

	Ceb01	Ceb02	Ceb03	Ceb04	Ceb07	Ceb08	Ceb09	Ceb10	Ceb011	Ceb105	Ceb115	Ceb119	Ceb120	Ceb121	Ceb127	Ceb128
57						0,0152										
75					0,0161											
120														0,0968		
122			0,0862													
128											0,0294			0,0323		
130			0,0862													
132														0,0323		
134			0,0345													
136											0,0294					
138			0,0172													
140											0,0147			0,0968		
142			0,0345													
143						0,0303		0,0156								
144											0,0294					
147						0,0758										
148														0,0323		
150			0,0517													
151*					0,0484	0,2424*		0,6094								
152								0,0156			0,0441					
154*			0,431*													
155					0,0806											
157						0,0909										
159					0,0323	0,0455										
160*														0,7095*		
161*		0,8571*														
162			0,0345													
163				0,0303	0,0968	0,0303										
166			0,069													
167				0,0455	0,0323	0,0152										
168											0,0147					

	Ceb01	Ceb02	Ceb03	Ceb04	Ceb07	Ceb08	Ceb09	Ceb10	Ceb011	Ceb105	Ceb115	Ceb119	Ceb120	Ceb121	Ceb127	Ceb128
227	0,1207															
228										0,0167						
229									0,0161							
230															0,04	0,0323
231	0,2758															
232										0,2833						
233		0,0357							0,0323							
234															0,3	
236										0,2167						
237									0,0161							
238															0,08	
239	0,0345															
240	0,1379									0,0333						
243	0,0862							0,2188								
246													0,0385		0,04	
248												0,125				
249									0,0323							
250													0,1923		0,24	
252*										0,0167		0,5417*				
253*									0,6613*							
254													0,6152		0,02	
255								0,0781								
257									0,1774							
258													0,0385			
259								0,0469								
262									0,0323				0,0385		0,04	
266													0,0385			
274															0,08	
278													0,0385			
292										0,0333						
296										0,2167						

* Quando o marcador apresentarem o mesmo alelo majoritário, observado pelas suas frequências

Tabela 4- Frequência alélica de cada locus para a População B localizado em um fragmento de Mata Atlântica no município de Igarassu no Nordeste do Brasil.

[illegible]

	Ceb01	Ceb02	Ceb03	Ceb04	Ceb07	Ceb08	Ceb09	Ceb10	Ceb011	Ceb105	Ceb115	Ceb119	Ceb120	Ceb121	Ceb127	Ceb128
204												0,0882				
207	0,0588															
211	0,0588															
217		0,1053														
219								0,05								
221		0,0526														
227	0,6765															
231	0,0588															
233									0,0588							
236										0,8864						
237		0,1053							0,1176							
238															0,6363	
242															0,0227	
243	0,1471							0,6								
245		0,0789														
249									0,0588							
250													0,3529			
252*												0,9118*				
253*									0,7648*							
255								0,075								
258													0,6471			
259								0,25								
262															0,2955	
263								0,025								
270															0,0455	
296										0,0227						

* Quando o marcador apresentarem o mesmo alelo majoritário, observado pelas suas frequências.

A análise do programa STRUCTURE apresentou dados consistentes nas dez execuções de simulações para cada valor de K testado (1-10) (Evanno et al., 2005). As análises de simulação de cadeia de Markov de Monte Carlo (MCMC) foram executadas com 50000 interações e com um Burn in de 5000. A taxa de variação (ΔK) atingiu um valor máximo quando $K = 2$, indicando a provável presença de dois grupos genéticos (Figura 3).

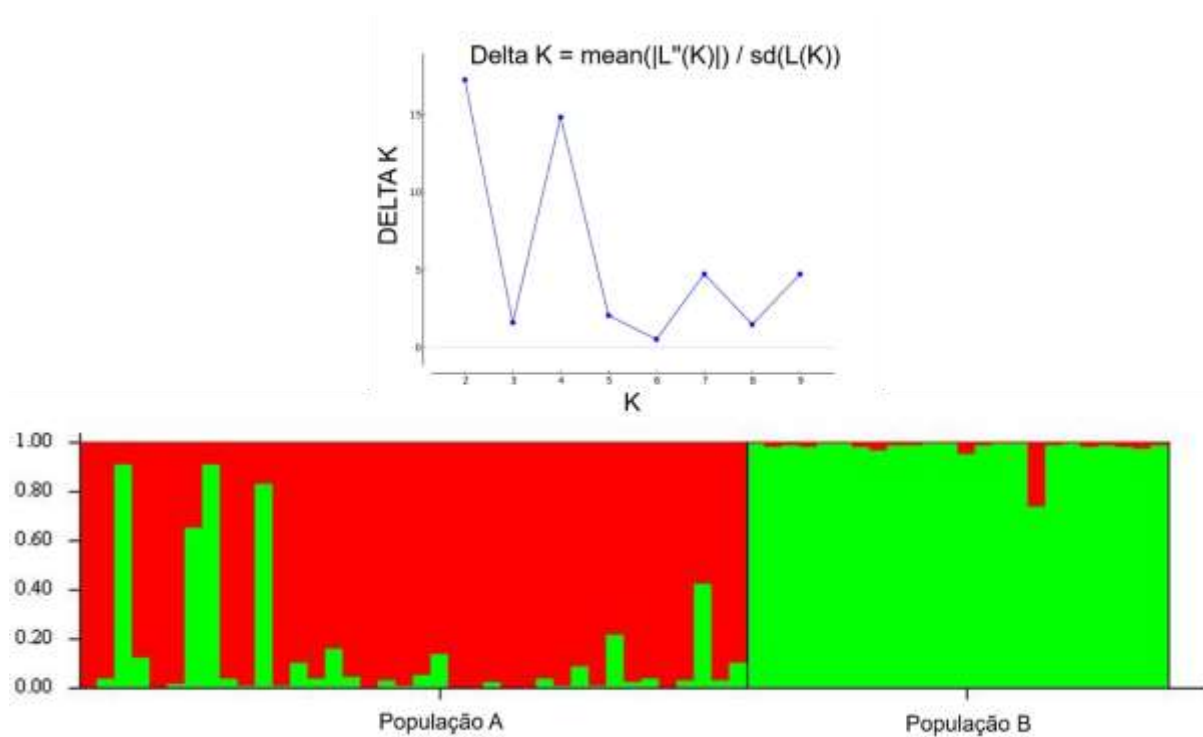


Figura 3- Representação gráfica dos dois grupos geneticamente distintos.

Assim como os resultados do programa STRUCTURE e o F_{ST} , a análise de variância dentro da população foi responsável por $> 80\%$ da variância molecular em todas as combinações das duas populações (Tabela 5).

Tabela 5- Análise Molecular de Variância (AMOVA) para as duas populações isoladas de macacos-prego-galegos investigadas em fragmentos de Mata Atlântica no Nordeste do Brasil.

Fonte de variação	g.l.*	Soma dos quadrados	Componente de variação	Percentual de variação	Valor de p
Entre as populações	1	54,701	0,84113	13,90	0,00000
Dentro da população	122	635,629	5,21008	86,10	-

*g.l. = grau de liberdade.

6.1.9 Diferenciação acústica entre as populações

As populações de macaco-prego-galego investigadas puderam ser diferenciadas através de suas vocalizações *Huh-1var* (Figura 4; Tabela 6). As vocalizações foram classificadas corretamente dentro de suas populações *a priori* identificadas, sendo 80,5% das vocalizações categorizadas corretamente em suas respectivas populações de origem (80,5% também quando consideramos validação cruzada). Os parâmetros utilizados no teste foram: Frequência de Máxima Energia (Wilks' $\lambda = 0,983$; $F = 3,398$; $df1 = 1$; $df2 = 198$; $p = 0,067$), Frequência Máxima (Wilks' $\lambda = 0,994$; $F = 1,149$; $df1 = 1$; $df2 = 198$; $p = 0,285$), Frequência Mínima (Wilks' $\lambda = 0,955$; $F = 9,242$; $df1 = 1$; $df2 = 198$; $p = 0,003$) e Número de Harmônicas (Wilks' $\lambda = 0,662$; $F = 101,083$; $df1 = 1$; $df2 = 198$; $p = 0,000$). Dos quatro parâmetros físicos selecionados dois deles foram suficientes para AFD distinguir significativamente as duas populações, a Frequência Mínima e o Número de Harmônicas, gerando uma função canônica discriminante que explicou 100% de variância (Wilk's $\lambda = 0,656$; $df = 4$; $p = 0,000$).

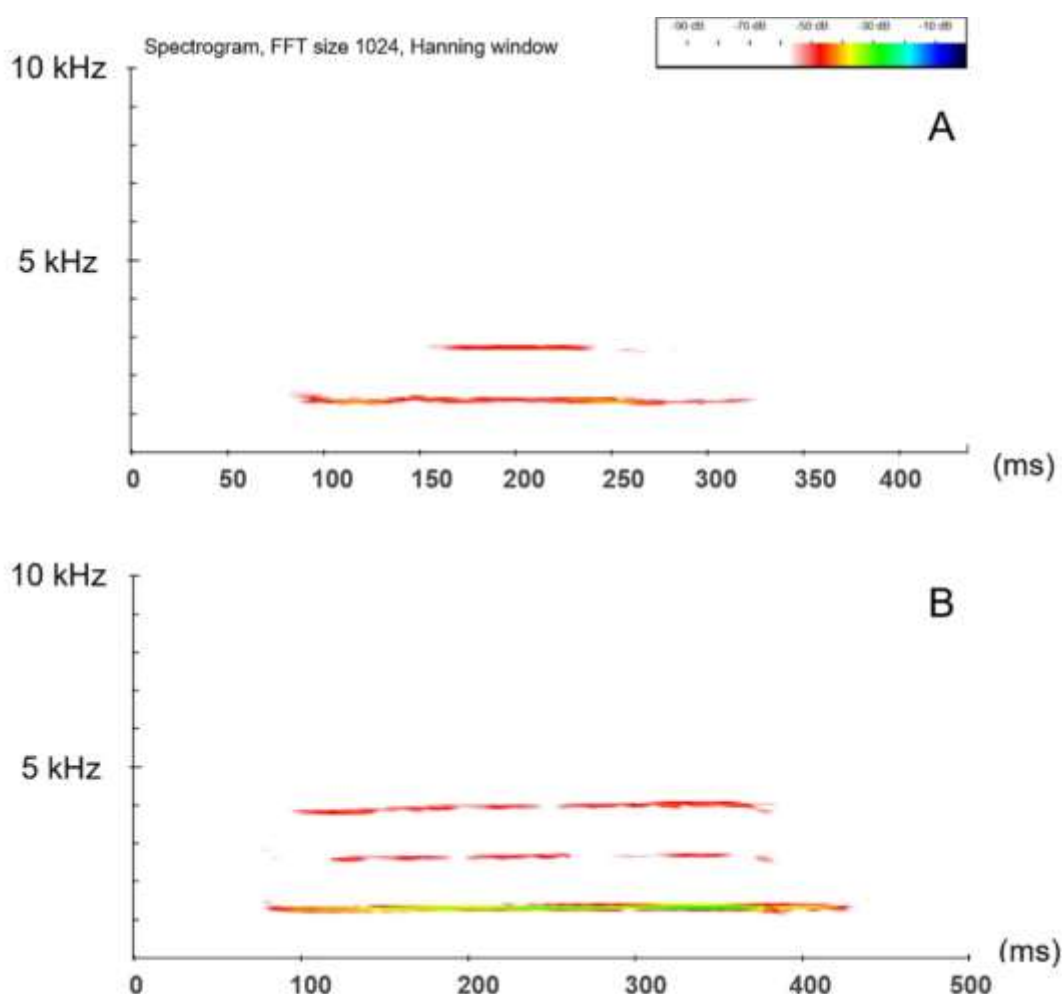


Figura 4- Espectrogramas da vocalização *Huh-1var* da População A (A) e da População B (B).

Tabela 6- Caracterização dos parâmetros físicos dos chamados de alimentação Huh-1var (média $\pm$ erro padrão) emitidos pelas duas populações de macacos-prego-galegos consideradas no presente estudo, vivendo em fragmento de Mata Atlântica pertencentes aos municípios de Mataraca (estado da Paraíba, População A) e de Igarassu (estado de Pernambuco, População B) no Nordeste do Brasil.

Chamada	N	Pop	FME	Fmax	Fmin	Δ	Fi	Ff
Huh-1var	100	A	1,45 $\pm$ 0,04	1,48 $\pm$ 0,02	1,22 $\pm$ 0,02	0,26 $\pm$ 0,01	1,32 $\pm$ 0,02	1,27 $\pm$ 0,02
Huh-1var	100	B	1,38 $\pm$ 0,01	1,45 $\pm$ 0,01	1,14 $\pm$ 0,01	0,31 $\pm$ 0,01	1,23 $\pm$ 0,01	1,23 $\pm$ 0,01

Chamada	N	Pop	DFiFma	DFmaFf	Dur	NH	IBH
Huh-1var	100	A	9,08 $\pm$ 1,75	89,23 $\pm$ 4,04	98,31 $\pm$ 4,65	0,69 $\pm$ 0,07	0,57 $\pm$ 0,06
Huh-1var	100	B	38,41 $\pm$ 3,71	139,59 $\pm$ 4,95	178 $\pm$ 4,90	1,94 $\pm$ 0,10	0,78 $\pm$ 0,04

N = número de chamadas analisadas. A = População da Paraíba, B = População de Pernambuco, Frequência de Máxima Energia (FME, determinada a partir do espectro de potência), a frequência mais alta (Fmax), a frequência mais baixa (Fmin), amplitude (Δ), a frequência inicial (Fi), a frequência final (Ff), duração do início da vocalização até a frequência mais alta (DFiFma), duração do início da frequência mais alta até o final da vocalização (DFmaFf), o tempo de duração da vocalização (Dur), número de harmônicas (NH) e intervalo entre as harmônicas (IBH). As frequências foram medidas em kHz e o tempo em ms.

DISCUSSÃO

O uso de marcadores moleculares no DNA extraído das fezes dos macacos-prego-galegos e a análise da estrutura física de suas vocalizações podem ser aplicadas de maneira eficiente para diferenciação de populações de macacos-prego-galego e caracterização das mesmas. Nossos resultados também revelaram aspectos importantes da estrutura genética das duas populações de *S. flavius*, ambas vivendo em áreas prioritárias para conservação (Fialho et al., 2014). Esses dados poderão ser usados em estudos futuros sobre genética de populações, etologia e conservação da espécie. Herbst e Dunn (2018) ressaltam que uma grande vantagem das técnicas não-invasivas é o fato de ser em menos dispendiosas financeiramente, ainda que eficientes. Essas técnicas possibilitam ao pesquisador trabalhar com mais de um táxon simultaneamente e facilitam na aquisição de dados sobre espécies elusivas (Heinicke et al., 2015). O produto deste estudo forneceu subsídios no conhecimento da espécie e ressaltou a eficiência metodológica em aquisição de dados de maneira não-invasiva, podendo servir como modelo em outros trabalhos que visem promover o manejo da espécie, atendendo recomendações estabelecidas em políticas públicas nacionais específicas vigentes para conservação.

A técnica molecular requer mais tempo em laboratório para extração e análise do DNA obtido das fezes para posterior comparações populacionais. Necessita de reagentes e/ou kits de

extração de custo relativamente altos. Entretanto, Vigilant (2003) ressalta que dependendo do objetivo do estudo genético, pode haver a necessidade de uma logística diferente, fazendo com que o pesquisador necessite de mais tempo em campo, por exemplo quando compara-se a coleta de fezes com sangue e/ou tecido animal. Por outro lado, a técnica acústica por coleta ativa, como a usada no presente estudo, requer mais tempo do pesquisador em campo para obtenção de amostras representativas das populações à uma distância dos animais que evite a perda de propriedades acústicas das vocalizações gravadas. O tempo dispendido em laboratório pode ser relativamente reduzido dependendo da experiência do pesquisador para realização das análises dos espectrogramas. Além disso, os programas de análises acústicas podem realizar análises específicas dos espectrogramas de maneira autônoma, reduzindo ainda mais o tempo em laboratório. Os equipamentos usados tanto para a coleta de vocalizações como para as análises das mesmas também apresentam um custo relativamente baixo. Heinicke e colaboradores (2015) também enfatizam que em trabalhos envolvendo a acústica, o fator tempo seria uma vantagem, visto que se leva relativamente pouco tempo para processar dados acústicos.

Para ecólogos moleculares, a detecção de marcadores que possam ser transferíveis entre espécies é de alta importância na caracterização da biologia das espécies (Barbará et al., 2007). Utilizando 17 dos marcadores utilizados por Muniz e Vigilant (2008) para macacos-prego-do-peito-amarelo, *Cebus capucinus*, apresentamos à amplificação de 16 deles para os macacos-prego-galegos. Além dessas duas espécies de macacos-prego (i.e. espécies dos gêneros *Cebus* e *Sapajus*), os mesmos marcadores foram testados em Caiarara - *C. olivaceus*, macaco-prego - *S. apella*, macaco-prego-do-peito-amarelo - *S. xanthosternus* e macacos-prego-da-cabeça-preta - *S. nigritus*, confirmando para todos, até o momento, uma alta transferibilidade dos marcadores (Muniz e Vigilant, 2008). Para macacos-prego-da-cabeça-preta testou-se oito dos marcadores e amplificaram três (Tokuda et al., 2014). O marcador Ceb130 amplificou bem para todas as espécies de macacos-prego para os quais já foram testados, exceto para os macacos-prego-galegos. Mais testes futuros com o DNA dos macacos-prego-galego precisam ser realizados para melhor explicar a falta de transferibilidade do Ceb130. O marcador Ceb09 apresentou-se monomórfico para a População B e polimórfico para a População A no presente estudo. Ceb09 foi polimórfico para todas as espécies em que houve amplificação do mesmo. O Ceb128, da mesma forma, se caracterizou para a População B, bem como para macacos-prego-do-peito-amarelo. A otimização de *locus* microsatélites é relevante para aplicação em estudos de estrutura social e padrões de dispersão das populações (Tokuda et al., 2014). Por esta ter sido a primeira abordagem em testes desses primers para macaco-prego-galego, é importante ressaltar

a necessidade de mais estudos comparativos a fim de sanar lacunas ainda existentes e otimizar os estudos futuros que comparem a estrutura populacional da espécie.

Em duas populações de macacos-prego, *S. nigritus* e macacos-prego-da-cara-branca, *C. capucinus*, ambas não estão ameaçadas de extinção, estudos genéticos caracterizaram o número médio de *locus* como 6,22 e 5,1, respectivamente. A média de alelos por *locus* para a População A foi de oito e a metade destes foi para a População B, sugerindo que a média para os macacos-prego-galegos, quando comparada a outros grupos pode não estar tão baixa (Muniz e Vigilant, 2008; Tokuda et al., 2014). Ambas as populações investigadas de macacos-prego-galegos demonstraram desvio no equilíbrio de Hardy-Weinberg, ou seja, não estão necessariamente ocorrendo cruzamentos ao acaso entre os indivíduos. Em um trabalho com quatro populações isoladas de *Leontopithecus rosalia* observou-se que a perda na quantidade de alelos com o tempo por isolamento foi mais rápida do que a queda na heterozigidade observada. Os autores ressaltam que a quantidade (i.e. diminuição) do número de alelos é tão preocupante quanto a queda de heterozigidade e endogamia para populações ameaçadas (Grativol et al., 2001).

A fragmentação do habitat pode influenciar na queda do fluxo gênico em populações isoladas geograficamente, causando aumento da endogamia e assim as populações tendem a especiação ou até extinção (Storfer, 1999; Milton et al., 2009). Historicamente, os macacos-prego-galegos vêm sofrendo impacto antrópico desde seus primeiros registros no Brasil em 1500 (Marcgrave 1648; Masseti e Veracini 2010) até os dias atuais (CPB/ICMBio, 2014). A pressão causada pelo homem através da destruição do hábitat do macaco-prego-galego para agricultura e pecuária e também através da pressão de caça e atividades de mineração, tem causado o isolamento das populações. O elevado índice de endogamia encontrado nas duas populações de macacos-prego-galegos estudadas pode ser explicado por tal fato. Os bugios, *Alouatta palliata*, e os guaribas-de-mãos-ruivas, *A. belzebul*, embora estejam sofrendo o impacto da fragmentação e encontrem-se isoladas em fragmentos de mata (semelhante aos os macacos-prego-galegos - Fialho et al., 2014), possuem a diversidade genética dentro das suas populações ainda em bom estado, o que seria explicado pela boa quantidade de heterozigotos observados (Milton et al., 2009; Bastos et al., 2010). Há evidências para zogue-zogue, *Callicebus moloch*, nessa mesma condição ambiental, porém Menescal e colaboradores (2009) ressaltam que esses resultados são temporários, e o isolamento populacional com o tempo vai gerar um nível crítico de endogamia que poderá deixar a espécie em perigo de extinção. O contrário ocorre em Calitriquídeos como, mico-leão-dourado, *Leontopithecus rosalia* e sagui argenteo, *Mico argentatus*, onde se constatou que a heterozigidade observada das populações vem caindo, mas esta queda de fluxo gênico não está relacionada ao isolamento geográfico, mas sim a fatores

ecológicos, comportamentais e reprodutivos das espécies (Grativol et al., 2001; Gonçalves et al., 2009). Em Calitriquídeos é comum a baixa variabilidade genética devido ao regular nascimento de gêmeos (Pope, 1996).

Os marcadores genéticos moleculares foram claros na confirmação de diferenciação entre as duas populações. Holsinger e Weir (2009), definem F_{ST} como sendo a proporção de diversidade genética extraída das diferenças nas frequências alélicas entre as populações. O resultado do teste F_{ST} para as populações em estudo não ter alcançado nível alto poderia ser explicado pelo elevado número de homozigotos, de endogamia (i.e. valor do Fis elevado) nas populações e também pelo compartilhamento de alelos majoritários, este ocorre quando o alelo por *locus* mais frequente é o mesmo para ambas populações (ver Tabela 3 e 4). Os dados de AMOVA e STRUCTURE confirmam a diferenciação genética entre as duas populações investigadas. O índice de endocruzamento elevado e consequentemente a quantidade de homozigotos para as duas populações suportam os dados encontrados de desequilíbrio, por conseguinte, a heterozigidade observada pode estar diminuindo devido ao aumento da população ao longo dos anos. Ou seja, o futuro da espécie em estudo pode vir a ser prejudicado se considerarmos essa hipótese. Dados temporais esclareceriam essa lacuna.

A análise dos dados acústicos também funcionou com sucesso na distinção das populações. É mais comum se encontrar estudos dos sinais acústicos em primatas abordando descrição comportamental específica, ecológica, a identificação individual do emissor dentro de uma mesma população e/ou a identificação de espécies (Hammerschmidt e Todt, 1995; Nietsch, 1999; Nietsch e Kopp, 1998; Terleph et al., 2015; Gamba et al., 2016; Kean et al., 2017; Cheney e Seyfarth, 2018; Mulholland e Caine, 2018). Portanto, o presente estudo adiciona que populações de primatas neotropicais também podem ser distinguidas por sinais acústicos específicos. Wright (1996) notificou diferenças populacionais em dialetos de papagaios, *Amazona auropalliata*, na Costa Rica. Seguindo essa linha, dialetos de primatas, Társo, *Tarsius spectrum* (Tárcio) e *Cebuella pygmaea*, sagui pigmeu, também foram descritos diferenciando e caracterizando suas populações (Nietsch, 1999; De La Torre e Snowdon, 2009). Vocalizações de contato do macaco japonês, *Macaca fuscata* foram utilizadas na caracterização populacional de duas populações da espécie (Tanaka et al., 2006). Ainda com a mesma espécie, Sugiura e colaboradores (2006) sugerem que diferenciações nos parâmetros físicos do som para populações da espécie podem também ser consequência das diferenças no habitat (interferindo na propagação do som - Waser e Brown, 1986; Morril et al., 2013) e não apenas das populações. Isso confirma que primatas seriam capazes de regular e adaptar a amplitude da voz de acordo com o ruído de fundo do meio em que estão (e.g. Sinnott et al., 1975).

Em conclusão, ainda que a quantidade de alelos presente por *locus* esteja em boa condição, os resultados obtidos, particularmente da parte genética do estudo, revelaram uma situação delicada para os animais estudados. O alto valor de homozigotos detectado na amostragem se deu possivelmente pela forte ocorrência de endocruzamentos nas duas populações em função do isolamento geográfico causado por pressões antrópicas. É comum populações de primatas serem reduzidas devido à ação antrópica (e.g. caça, desmatamento) (Silva e Bruford, 2017). Quanto maior a variabilidade genética de um indivíduo maior a capacidade do mesmo se adaptar e sobreviver ao meio (Frankham, 2005), ou seja, quanto menor a heterozigotidade mais susceptível as mudanças naturais oriundas por exemplo de deriva genética ou seleção natural. As principais consequências dos animais que habitam áreas fragmentadas é a redução das populações em função da deriva genética, do aumento da endogamia e da queda do fluxo gênico (Couvett, 2002). Ou seja, essas populações de macaco-prego-galego consideradas no presente estudo estão em estado bastante preocupante do ponto de vista genético, correndo um grande risco de entrarem em processo de especiação alopátrica, suportado pelos resultados de estrutura genética e acústica bem diferentes. Outras populações da espécie precisam ser testadas geneticamente para que se possam estabelecer populações prioritárias para manejo e conservação. Planos de manejo eficazes com relocação de indivíduos, reprodução em cativeiro e conexão de fragmentos isolados serão necessários num futuro próximo para garantir o equilíbrio e sobrevivência da espécie na natureza.

REFERÊNCIAS

- AIDE, T. M. et al. Real-time bioacoustics monitoring and automated species identification. **PeerJ**, v. 1, p. e103, 2013.
- ALBAUGH, G. P. et al. Isolation of exfoliated colonic epithelial cells, a novel, non-invasive approach to the study of cellular markers. **International Journal of Cancer**, v. 52, n. 3, p. 347-350, 1992.
- ANCILLOTTO, L. et al. A novel approach to field identification of cryptic *Apodemus* wood mice: calls differ more than morphology. **Mammal Review**, v. 47, n. 1, p. 6-10, 2017.
- ARIF, I. A.; KHAN, H. A. Molecular markers for biodiversity analysis of wildlife animals: a brief review. **Animal Biodiversity and Conservation**, v. 32, n. 1, p. 9-17, 2009.
- BAOTIC, A.; SICKS, F.; STOEGER, A. S. Nocturnal “humming” vocalizations: adding a piece to the puzzle of giraffe vocal communication. **BMC Research Notes**, v. 8, n. 1, p. 425, 2015.

BARBARA, T. et al. Cross-species transfer of nuclear microsatellite markers: potential and limitations. **Molecular Ecology**, v. 16, n. 18, p. 3759-3767, 2007.

BASTOS, H. B. et al. Genetic structure of red-handed howler monkey populations in the fragmented landscape of Eastern Brazilian Amazonia. **Genetics and Molecular Biology**, v. 33, n. 4, p. 774-780, 2010.

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

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

BAYES, M. K. et al. Testing the reliability of microsatellite typing from faecal DNA in the savannah baboon. **Conservation Genetics**, v. 1, n. 2, p. 173-176, 2000.

BENÍTEZ, M. E. et al. Acoustic and temporal variation in Gelada (*Theropithecus gelada*) loud calls advertise male quality. **International Journal of Primatology**, v. 37, n. 4-5, p. 568-585, 2016.

BERGER-TAL, O. et al. Echolocation calls produced by Kuhl's pipistrelles in different flight situations. **Journal of Zoology**, v. 274, n. 1, p. 59-64, 2008.

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

BEZERRA, B. M. et al. Vocal repertoire of wild golden-backed uakaris (*Caracajao melanocephalus*): call structure and usage. **International Journal of Primatology**, v. 31(5), p. 759-778, 2010.

BLUMSTEIN, D. T. et al. Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations and prospectus. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, n. 3, p. 758-767, 2011.

BOWLING, D. L. et al. Body size and vocalization in primates and carnivores. **Scientific Reports**, v. 7, p. 41070, 2017.

BOZARTH, C. A. et al. Using fecal DNA and spatial capture-recapture to characterize a recent coyote colonization. **Northeastern Naturalist**, v. 22, n. 1, p. 144-162, 2015.

BRADBURY, J. W.; VEHRENCAMP, S. L. **Principles of animal communication**. 2 ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 1998.

BRADLEY, B. J. et al. Plant DNA sequences from feces: potential means for assessing diets of wild primates. **American Journal of Primatology**, v. 69, n. 6, p. 699-705, 2007.

BRADLEY, B. J.; BOESCH, C.; VIGILANT, L. Identification and redesign of human microsatellite markers for genotyping wild chimpanzee (*Pan troglodytes verus*) and gorilla (*Gorilla gorilla gorilla*) DNA from faeces. **Conservation Genetics**, v. 1, n. 3, p. 289-292, 2000.

BRISEÑO-JARAMILLO, M. et al. Vocal repertoire of free-ranging black howler monkeys' (*Alouatta pigra*): Call types, contexts, and sex-related contributions. **American Journal of Primatology**, v. 79, n. 5, p. e22630, 2017.

CHAPMAN, C. A.; WEARY, D. M. Variability in spider monkeys' vocalizations may provide basis for individual recognition. **American Journal of Primatology**, v. 22, n. 4, p. 279-284, 1990.

CHENEY, D. L.; SEYFARTH, R. M. Flexible usage and social function in primate vocalizations. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, p. 201717572, 2018.

CLISSON, I.; LATHUILLIERE, M.; CROUAU-ROY, B. Conservation and evolution of microsatellite loci in primate taxa. **American Journal of Primatology**, v. 50, n. 3, p. 205-214, 2000.

CPB/ICMBio. Boletim informativo: Plano de Ação Nacional para Conservação dos Primatas do Nordeste. **ICMBio-MMA**, 7 p. 2014.

DE LA TORRE, S.; SNOWDON, C. T. Dialects in pygmy marmosets? Population variation in call structure. **American Journal of Primatology**, v. 71, n. 4, p. 333-342, 2009.

DEPRAETERE, M. et al. Monitoring animal diversity using acoustic indices: implementation in a temperate woodland. **Ecological Indicators**, v. 13, n. 1, p. 46-54, 2012.

DI FIORE, A. Molecular genetic approaches to the study of primate behavior, social organization, and reproduction. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 122, n. S37, p. 62-99, 2003.

DIGBY, A. et al. A practical comparison of manual and autonomous methods for acoustic monitoring. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 4, n. 7, p. 675-683, 2013.

DIXO, M. et al. Habitat fragmentation reduces genetic diversity and connectivity among toad populations in the Brazilian Atlantic Coastal Forest. **Biological Conservation**, v. 142, n. 8, p. 1560-1569, 2009.

EARL, D. A.; VONHOLDT, B. M. STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. **Conservation Genetics Resources**, v. 4 (2), p. 359-361, 2012.

ENGELHARDT, A. et al. Highly polymorphic microsatellite markers for the assessment of male reproductive skew and genetic variation in critically endangered Crested Macaques (*Macaca nigra*). **International Journal of Primatology**, v. 38, n. 4, p. 672-691, 2017.

ESCOBAR-PÁRAMO, P. Microsatellite primers for the wild brown capuchin monkey *Cebus apella*. **Molecular Ecology**, v. 9, n. 1, p. 107-108, 2000.

EVANNO, G.; REGNAUT, S.; GOUDET, J. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. **Molecular ecology**, v. 14, n. 8, p. 2611-2620, 2005.

EXCOFFIER, L.; LISCHER, H. E. L. Arlequin suite ver 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. **Molecular ecology resources**, v. 10, n. 3, p. 564-567, 2010.

- FIALHO, M. de S. et al. Ocorrência de *Sapajus flavius* e *Alouatta belzebul* no Centro de Endemismo Pernambuco. **Neotropical Primates**, v. 21, n. 2, p. 214-218, 2014.
- FORTI, L. R.; STRÜSSMANN, C.; MOTT, T. Acoustic communication and vocalization microhabitat in *Ameerega braccata* (Steindachner, 1864) (Anura, Dendrobatidae) from Midwestern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 1, p. 211-216, 2010.
- FRANKHAM, Richard. Genetics and extinction. **Biological Conservation**, v. 126, n. 2, p. 131-140, 2005.
- FRANTZEN, M. A. J. et al. Empirical evaluation of preservation methods for faecal DNA. **Molecular Ecology**, v. 7, n. 10, p. 1423-1428, 1998.
- FURLAN, E. et al. Small population size and extremely low levels of genetic diversity in island populations of the platypus, *Ornithorhynchus anatinus*. **Ecology and evolution**, v. 2, n. 4, p. 844-857, 2012.
- GALPERN, P. et al. Allelematch: an R package for identifying unique multilocus genotypes where genotyping error and missing data may be present. **Molecular ecology resources**, v. 12, n. 4, p. 771-778, 2012.
- GAMBA, M. et al. The indris have got rhythm! Timing and pitch variation of a primate song examined between sexes and age classes. **Frontiers in neuroscience**, v. 10, p. 249, 2016.
- GERLOFF, U. et al. Intracommunity relationships, dispersal pattern and paternity success in a wild living community of Bonobos (*Pan paniscus*) determined from DNA analysis of faecal samples. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 266, n. 1424, p. 1189-1195, 1999.
- GONÇALVES, E. et al. Limited dispersal and genetic structure of silvery marmosets (*Mico argentatus*) in the fragmented landscape of central Amazonia. In: FORD, S. M.; PORTER, L. M.; DAVIS, L. C. **The Smallest Anthropoids**. Springer, Boston, MA, 2009. p. 205-220.
- GOOSSENS, B. et al. Habitat fragmentation and genetic diversity in natural populations of the Bornean elephant: Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 196, p. 80-92, 2016.
- GRATIVOL, A. D.; BALLOU, J. D.; FLEISCHER, R. C. Microsatellite variation within and among recently fragmented populations of the golden lion tamarin (*Leontopithecus rosalia*). **Conservation Genetics**, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2001.
- GROS-LOUIS, J. J. et al. Vocal repertoire of *Cebus capucinus*: acoustic structure, context, and usage. **International Journal of Primatology**, v. 29, n. 3, p. 641-670, 2008.
- HAMMERSCHMIDT, K.; TODT, D. Individual differences in vocalisations of young Barbary macaques (*Macaca sylvanus*): a multi-parametric analysis to identify critical cues in acoustic signalling. **Behaviour**, v. 132, n. 5, p. 381-399, 1995.
- HARF-MONTEIL, C. et al. *Aeromonas simiae* sp. nov., isolated from monkey faeces. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 54, n. 2, p. 481-485, 2004.

HARTWIG, S. Individual acoustic identification as a non-invasive conservation tool: an approach to the conservation of the African wild dog *Lycaon pictus* (Temminck, 1820). **Bioacoustics**, v. 15, n. 1, p. 35-50, 2005.

HEDWIG, D. et al. Audience effects, but not environmental influences, explain variation in gorilla close distance vocalizations - A test of the acoustic adaptation hypothesis. **American Journal of Primatology**, v. 77, n. 12, p. 1239-1252, 2015.

HEINICKE, S. et al. Assessing the performance of a semi-automated acoustic monitoring system for primates. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 6, n. 7, p. 753-763, 2015.

HERBST, C. T.; DUNN, Jacob C. Non-invasive documentation of primate voice production using electroglottography. **Anthropological Science**, v. 126, n. 1, p. 19-27, 2018.

HOGG, J. T. et al. Genetic rescue of an insular population of large mammals. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 273, n. 1593, p. 1491-1499, 2006.

HOLSINGER, K. E.; WEIR, B. S. Genetics in geographically structured populations: defining, estimating and interpreting F_{ST} . **Nature Reviews Genetics**, v. 10, n. 9, p. 639, 2009.

HUANG, K. et al. Population structure of the golden snub-nosed monkey *Rhinopithecus roxellana* in the Qinling Mountains, central China. **Integrative zoology**, v. 11, n. 5, p. 350-360, 2016.

INOUE, E. et al. Sex identification and efficient microsatellite genotyping using fecal DNA in proboscis monkeys (*Nasalis larvatus*). **Mammal Study**, v. 41, n. 3, p. 141-148, 2016.

JOHNSON, Warren E. et al. Genetic restoration of the Florida panther. **Science**, v. 329, n. 5999, p. 1641-1645, 2010.

JONES, G.; VAUGHAN, N.; PARSONS, S. Acoustic identification of bats from directly sampled and time expanded recordings of vocalizations. **Acta Chiropterologica**, v. 2, n. 2, p. 155-170, 2000.

KALAN, Ammie K. et al. Towards the automated detection and occupancy estimation of primates using passive acoustic monitoring. **Ecological Indicators**, v. 54, p. 217-226, 2015.

KANTARTZI, S. K. **Microsatellites: methods and protocols**. Totowa, NJ: Humana Press, 2013.

KARIM, Md Robiul et al. Multilocus sequence typing of *Enterocytozoon bieneusi* in nonhuman primates in China. **Veterinary Parasitology**, v. 200, n. 1-2, p. 13-23, 2014.

KAZIAL, K. A.; BURNETT, S. C.; MASTERS, W. M. Individual and group variation in echolocation calls of big brown bats, *Eptesicus fuscus* (Chiroptera: Vespertilionidae). **Journal of Mammalogy**, v. 82, n. 2, p. 339-351, 2001.

KEAN, D. et al. Feeling anxious? The mechanisms of vocal deception in tufted capuchin monkeys. **Animal Behaviour**, v. 130, p. 37-46, 2017.

LAUNHARDT, K. et al. Amplification of microsatellites adapted from human systems in faecal DNA of wild Hanuman langurs (*Presbytis entellus*). **Electrophoresis**, v. 19, n. 8-9, p. 1356-1361, 1998.

LÔBO, D. et al. Forest fragmentation drives Atlantic forest of northeastern Brazil to biotic homogenization. **Diversity and Distributions**, v. 17, n. 2, p. 287-296, 2011.

MANTELLATTO, A. M. B. et al. Genetic diversity of the pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*) population in the Brazilian Pantanal assessed by combining fresh fecal DNA analysis and a set of heterologous microsatellite loci. **Genetics and Molecular Biology**, n. AHEAD, p. 0-0, 2017.

MANTEUFFEL, G.; PUPPE, B.; SCHÖN, P. C. Vocalization of farm animals as a measure of welfare. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 88, n. 1-2, p. 163-182, 2004.

MARCGRAVE, G. *Historiae de quabrupedibus et serpentibus*, Libri VI. In G. Pisonis, G. Marcgrave (Eds.), **Historiae rerum naturalium brasiliae**. Leiden: Ioanes de Laet, Elsevier, p.221-244. 1648.

MARQUES, T. A. et al. Estimating animal population density using passive acoustics. **Biological Reviews**, v. 88, n. 2, p. 287-309, 2013.

MARTINS, L. B. et al. Vocalizations of *Hypsiboas beckeri* and *H. stenocephalus* (Anura: Hylidae), two species of the *H. polytaenius* group from southeastern Brazil. **Phyllomedusa: Journal of Herpetology**, v. 15, n. 1, p. 51-64, 2016.

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

MCCOMB, K.; SEMPLE, S. Coevolution of vocal communication and sociality in primates. **Biology letters**, v. 1, n. 4, p. 381-385, 2005.

MCMANUS, C. et al. Estatísticas para descrever Genética de Populações Genética de Populações. Série Técnica: genética. **INCT: Informação Genético-Sanitária da Pecuária Brasileira**. Acesso em 31/06/2018. Publicado online em <www.animal.unb.br> 07/01/2011.

MEDEIROS, K. **Ecologia comportamental do macaco-prego-galego em um mosaico de Floresta Atlântica no Nordeste brasileiro: manguezal, várzea e terra firme**. 70 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

MEDEIROS, K. et al. Mangrove tours? The use of a coastal Atlantic Forest mosaic in Northeastern Brazil by blonde capuchin monkeys (*Sapajus flavius*). **International Journal of Primatology**. Submetido.

MENESCAL, L. A. et al. Genetic diversity of red-bellied titis (*Callicebus moloch*) from eastern Amazonia based on microsatellite markers. **Biochemical Genetics**, v. 47, n. 3-4, p. 235-240, 2009.

MILTON, K.; LOZIER, J. D.; LACEY, E. A. Genetic structure of an isolated population of mantled howler monkeys (*Alouatta palliata*) on Barro Colorado Island, Panama. **Conservation Genetics**, v. 10, n. 2, p. 347, 2009.

MIOTTO, R. A. et al. Determination of the minimum population size of pumas (*Puma concolor*) through fecal DNA analysis in two protected Cerrado areas in the Brazilian southeast. **Biotropica**, v. 39, n. 5, p. 647-654, 2007.

MIQUEL, C. et al. Quality indexes to assess the reliability of genotypes in studies using noninvasive sampling and multiple-tube approach. **Molecular Ecology Notes**, v. 6, n. 4, p. 985-988, 2006.

MITTERMEIER, R. A. et al. Primates in Peril: The World's 25 most endangered primates 2010–2012. IUCN/SSC Primate Specialist Group (PSG), International Primatological Society (IPS), and Conservation International (CI), Arlington, VA. 40 p. 2012.

MORRILL, R. J. et al. The effect of habitat acoustics on common marmoset vocal signal transmission. **American Journal of primatology**, v. 75, n. 9, p. 904-916, 2013.

MULHOLLAND, M. M.; CAINE, N. G. Stability and change in the vocal signatures of common marmoset mobbing calls. **Bioacoustics**, p. 1-14, 2018.

MÜLLER, N. et al. Towards the non-invasive assessment of MHC genotype in wild primates: Analysis of wild assamese macaque MHC-DRB from fecal samples. **American Journal of Primatology**, v. 76, n. 3, p. 230-238, 2014.

MUNIZ, L.; VIGILANT, L. Permanent Genetic Resources: Isolation and characterization of microsatellite markers in the white-faced capuchin monkey (*Cebus capucinus*) and cross-species amplification in other New World monkeys. **Molecular Ecology Resources**, v. 8, n. 2, p. 402-405, 2008.

NIETSCH, A. Duet vocalizations among different populations of Sulawesi tarsiers. **International Journal of Primatology**, v. 20, n. 4, p. 567-583, 1999.

NIETSCH, A.; KOPP, M. L. Role of vocalization in species differentiation of Sulawesi tarsiers. **Folia Primatologica**, v. 69, n. Suppl. 1, p. 371-378, 1998.

NORRIS, J. C. Intraspecific variation in primate vocalizations. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 99, n. 4, p. 2532-2574, 1996.

NSUBUGA, A. M. et al. Factors affecting the amount of genomic DNA extracted from ape faeces and the identification of an improved sample storage method. **Molecular Ecology**, v. 13, n. 7, p. 2089-2094, 2004.

NUNES, A. V. et al. Distribution extension of *Ateles chamek* (Humboldt 1812) in the southwestern Brazilian Amazon: identification by visual evidence and fecal DNA. **Mammalia**, v. 82, n. 2, p. 173-177, 2018.

OKLANDER, L. I. et al. Genetic structure in the southernmost populations of black-and-gold howler monkeys (*Alouatta caraya*) and its conservation implications. **PloS one**, v. 12, n. 10, p. e0185867, 2017.

OLIVEIRA, M. M.; BOUBLI, J. P.; KIERULFF, M. C. M. *Sapajus flavius*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T136253A70612549. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015.RLTS.T136253A70612549.en>. Acesso em, 22/06/2018. 2015.

PFEFFERLE, D.; FISCHER, J. Sounds and size: identification of acoustic variables that reflect body size in hamadryas baboons, *Papio hamadryas*. **Animal Behaviour**, v. 72, n. 1, p. 43-51, 2006.

POPE, T. R. Socioecology, population fragmentation, and patterns of genetic loss in endangered primates. In: AVISE, J. C.; HAMRICK, J. L. **Conservation Genetics: Case Histories from Nature**, pp. 119-159. Chapman and Hall, New York, 1996.

PRITCHARD, J. K.; STEPHENS, M.; DONNELLY, P. Inference of population structure using multilocus genotype data. **Genetics**, v. 155, n. 2, p. 945-959, 2000.

ROGERS, T. L. et al. Density can be misleading for low-density species: benefits of passive acoustic monitoring. **PLoS One**, v. 8, n. 1, p. e52542, 2013.

SAITO, W. et al. Population structure of the raccoon dog on the grounds of the Imperial Palace, Tokyo, revealed by microsatellite analysis of fecal DNA. **Zoological Science**, v. 33, n. 5, p. 485-490, 2016.

SATTAR, F.; CULLIS-SUZUKI, S.; JIN, F. Identification of fish vocalizations from ocean acoustic data. **Applied Acoustics**, v. 110, p. 248-255, 2016.

SCHNEIDER, S.; ROESSLI, E.; EXCOFFIER, L. **ARLEQUIN v. 3.11**: A software for population genetic data analysis. Genetics and Biometry Laboratory, University of Geneva, Geneva, 2000.

SCRIBNER et al. Conservation genetics: the use and importance of genetic information. In: GROOM, M. et al. **Principles of Conservation Biology**. 3 ed., Massachusetts, USA, Sinauer associates. 793p. 2006.

SILVA, M. J. F.; BRUFORD, M. W. Genetics and Primate Conservation. **The International Encyclopedia of Primatology**, p. 1-6, 2016.

SMITH, A. L.; FRIESEN, V. L. Differentiation of sympatric populations of the band-rumped storm-petrel in the Galapagos Islands: an examination of genetics, morphology, and vocalizations. **Molecular Ecology**, v. 16, n. 8, p. 1593-1603, 2007.

STORFER, A. Gene flow and endangered species translocations: a topic revisited. **Biological Conservation**, v. 87, n. 2, p. 173-180, 1999.

SUGIURA, H.; TANAKA, T.; MASATAKA, N. Sound transmission in the habitats of Japanese macaques and its possible effect on population differences in coo calls. **Behaviour**, v. 143, n. 8, p. 993-1012, 2006.

TANAKA, T.; SUGIURA, H.; MASATAKA, N. Cross-sectional and longitudinal studies of the development of group differences in acoustic features of coo calls in two groups of Japanese macaques. **Ethology**, v. 112, n. 1, p. 7-21, 2006.

TERLEPH, T. A.; MALAIVIJITNOND, S.; REICHARD, U. H. Lar gibbon (*Hylobates lar*) great call reveals individual caller identity. **American Journal of Primatology**, v. 77, n. 7, p. 811-821, 2015.

TOKUDA, M.; MARTINS, M. M.; IZAR, P. Transferability of microsatellites for studies on the social behavior of the tufted capuchin monkey (genus *Sapajus*). **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 4, p. 9910-9914, 2014.

TU, Hsiao-Wei; OSMANSKI, Michael S.; DOOLING, Robert J. Learned vocalizations in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*): the relationship between contact calls and warble song. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 129, n. 4, p. 2289-2297, 2011.

VALLET, D. et al. A new 2CTAB/PCI method improves DNA amplification success from faeces of Mediterranean (*Barbary macaques*) and tropical (*Lowland gorillas*) primates. **Conservation Genetics**, v. 9, n. 3, p. 677, 2008.

VIEIRA, M. L. et al. Microsatellite markers: what they mean and why they are so useful. **Genetics and Molecular Biology**, v. 39, n. 3, p. 312-328, 2016.

VIGILANT, L. Technical challenges in the microsatellite genotyping of a wild chimpanzee population using feces. **Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews: Issues, News, and Reviews**, v. 11, n. S1, p. 162-165, 2002.

VIGILANT, L.; GUSCHANSKI, K. Using genetics to understand the dynamics of wild primate populations. **Primates**, v. 50, n. 2, p. 105-120, 2009.

VOLKMANN, Logan et al. Prioritizing populations for conservation using phylogenetic networks. **PLoS One**, v. 9, n. 2, p. e88945, 2014.

WANG, K. et al. A passive acoustic monitoring method applied to observation and group size estimation of finless porpoises. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 118, n. 2, p. 1180-1185, 2005.

WASER, Peter M.; BROWN, Charles H. Habitat acoustics and primate communication. **American Journal of Primatology**, v. 10, n. 2, p. 135-154, 1986.

WASSER, S. K. et al. Noninvasive physiological measures of disturbance in the northern spotted owl. **Conservation Biology**, v. 11, n. 4, p. 1019-1022, 1997.

WRIGHT, T. F. Regional dialects in the contact call of a parrot. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 263, n. 1372, p. 867-872, 1996.

YEH, F. C. et al. Population genetics. **Forest conservation genetics: principles and practice**, p. 21-37, 2000.

YOSHINO, H. et al. Genetic and acoustic population structuring in the Okinawa least horseshoe bat: are intercolony acoustic differences maintained by vertical maternal transmission? **Molecular Ecology**, v. 17, n. 23, p. 4978-4991, 2008.

YU, X. et al. Geographic variation in the advertisement calls of *Gekko gecko* in relation to variations in morphological features: implications for regional population differentiation. **Ethology Ecology & Evolution**, v. 23, n. 3, p. 211-228, 2011.

7 CONCLUSÕES GERAIS

Embora os capítulos dessa tese aparentem uma “colcha de retalhos”, os mesmos deveriam ser vistos como um mosaico, onde os resultados se complementam para sanar diversas lacunas no conhecimento sobre o macaco-prego-galego. A tese almejou apresentar diferentes áreas do conhecimento e diferentes metodologias (i.e. ferramentas acústicas, ecológicas, comportamentais e genéticas) que poderão ser usadas como modelo para fomentar e implementar políticas públicas nacionais, estas em vigor desde 2010 para proteção da espécie. O conhecimento básico gerado nesta tese será crucial para promover o manejo e conservação *in situ* e *ex situ* do macaco-prego-galego, uma espécie elusiva e Criticamente Ameaçada de extinção.

Através do presente estudo, confirmamos, que registros vocais do macaco-prego-galego podem ser usados como uma ferramenta para identificar comportamentos realizados pela espécie sem haver necessidade de visualização direta dos animais. Esse conhecimento pode ser usado de maneira aplicada em monitoramentos da espécie, facilitando levantamentos e consultorias rápidas em áreas de difícil acesso e visualização dos animais, de modo a fornecer um diagnóstico comportamental simplificado da espécie na região. A forma como o trabalho foi realizado servirá também de modelo para outras espécies de primatas. Visto que o repertório vocal do macaco-prego-galego encontra-se descrito (Bastos et al. 2015), um sistema automatizado de coleta de dados (Aide et al., 2013) com gravadores passivos poderão ser usados para facilitar tais ações de monitoramento contínuo.

Estudos de campo sobre ecologia comportamental associados à experimentos de *playbacks* de vocalizações elucidaram informações sócio-ecológicas sobre espécie. Não houve evidência de associação entre o macaco-prego-galego e o sagui comum (*Callithrix jacchus*), espécies simpátricas na área de estudo. Essas espécies fizeram o uso do espaço de maneira coordenada temporalmente. As respostas comportamentais e vocais dos saguis-comum e dos macacos-pregos-galegos quando confrontados às suas próprias vocalizações reproduzidas artificialmente, corroboraram o contexto comportamental natural de emissão das vocalizações. O experimento de *playback* não só elucidou informações sobre o contexto vocal, como também possibilitou a gravação de novos sinais acústicos antes não descritos no repertório vocal de ambas espécies consideradas. O estudo, portanto, representou também um acréscimo ao repertório de vocalizações de duas espécies de primatas neotropicais, uma amplamente estudada e conhecida (o sagui comum) e uma ainda em fase de geração de conhecimentos (o

macaco-prego-galego). Os resultados nos permitiram ter mais clareza na relação entre essas duas espécies. O sagui-comum evitou encontros físicos e vocais com os macacos-pregos-galegos e seus comportamentos em respostas aos experimentos de *playback* sugerem que este associa o macaco-prego-galego como um possível predador. Estudos complementares, apresentando modelos de predadores em potencial para ambas as espécies, poderiam esclarecer as relações de predação e reconhecimento vocal entre elas.

Além dos dados sobre primatas simpátricos, nesta tese também abordamos a presente relação entre outros fatores ambientais (i.e. disponibilidade de recursos alimentares e variáveis ambientais diversas) e os macacos-pregos-galegos. A vegetação de um local é diretamente influenciada pela sazonalidade (e.g. diferentes períodos de frutificação, brotamento, floração, etc) (Morellato et al., 2000; Pereira et al., 2008). Primatas consomem diferentes itens alimentares em seu ambiente natural, o que permite o fornecimento energético e o balanço nutricional a partir da sua alimentação (Rothman et al, 2011). Cientes disso e trabalhando com um grupo característico de animais onívoros, generalistas e viventes em fragmentos isolados, a compilação dos itens presente na dieta é de suma importância para fornecer subsídios para elaboração e comprovação de hipóteses sobre adaptabilidade e sobrevivência ao meio degradado como aqueles onde vivem os macacos-prego-galegos (Fialho et al., 2014). O estudo fenológico das espécies chaves na dieta desses animais contribuiu de forma relevante para acompanhamento dos principais itens da dieta. Estudar a fenologia de um meio fornece informações diretas sobre desenvolvimento e disponibilidade do vegetal no mesmo (Reys et al., 2005). O nosso trabalho descreveu 99 itens pertencentes a dieta dos macacos-prego-galegos. A análise de conteúdo fecal desses animais aumentou consideravelmente a quantidade de itens na dieta dos macacos-prego-galego (i.e. dos 52 itens novos adicionados pelo nosso trabalho, 40 foi através da análise de conteúdo fecal), ressaltando a importância dessa técnica não-invasiva. Ainda que não significativa as relações do grupo com os fatores ambientais (i.e. disponibilidade de recursos alimentares e variáveis ambientais diversas), vimos que essa pode estar presente. Os macacos-prego-galegos seguem um período sazonal de frutificação das plantas, porém a ocorrência de espécies exóticas no fragmento, pode estar sendo um fator influenciador relevante.

Por fim, mas não menos importante, unimos técnicas não-invasivas de bioacústica e ecologia molecular para investigar populações isoladas. Tendo em vista a importância de testes e elaboração de técnicas não-invasivas para fomentar a conservação de espécies elusivas e sob ameaçada de extinção, fechamos o trabalho atestando que o uso de marcadores moleculares no DNA extraído das fezes dos animais e a análise da estrutura física de

vocalizações poderiam ser aplicadas de maneira eficiente para diferenciação de populações de macacos-prego-galego e caracterização das mesmas. Ambas as técnicas foram eficientes em detectar diferenças populacionais, objetivo inicial desta parte do trabalho, havendo vantagens e desvantagens no uso de cada uma. Além disso, os resultados obtidos, particularmente da parte genética do estudo, revelaram uma situação delicada para os animais estudados. O alto valor de homozigotos detectado na amostragem se deu possivelmente pela forte ocorrência de endocruzamentos nas duas populações em função do isolamento geográfico causado por pressões antrópicas. É comum populações de primatas serem reduzidas devido à ação antrópica (e.g. caça, desmatamento) (Silva e Bruford, 2017). Quanto maior a variabilidade genética de um indivíduo maior a capacidade do mesmo se adaptar e sobreviver ao meio (Frankham, 2005), ou seja, quanto menor a heterozigozidade mais susceptível as mudanças naturais oriundas por exemplo de deriva genética ou seleção natural. As principais consequências dos animais que habitam áreas fragmentadas é a redução das populações em função da deriva genética, do aumento da endogamia e da queda do fluxo gênico (Couvett, 2002). Ou seja, essas populações de macaco-prego-galego consideradas no presente estudo estão em estado bastante preocupante do ponto de vista genético, correndo um grande risco de entrarem em processo de especiação alopátrica, suportado pelos resultados de estrutura genética e acústica bem diferentes.

REFERÊNCIAS

- AIDE, T. M. et al. Real-time bioacoustics monitoring and automated species identification. **Peer J**, v. 1, p. e103, 2013.
- ANÔNIMO. **Libri Principis**. Rio de Janeiro: INDEX, 1995.
- BACALHAO, M. B. M. **Aspectos morfológicos de *Sapajus flavius* e *S. libidinosus* e ocorrência do parasitismo intestinal (*Molineus torulosus*) em primatas Neotropicais do gênero *Sapajus***. 48 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2014.
- BACALHAO, M. B. M. et al. Descrição morfológica de duas espécies de *Sapajus* encontradas na Paraíba: *S. libidinosus* e o recém-redescoberto e já criticamente ameaçado *S. flavius*. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 317-321, 2016.
- BASTOS, M. **Aspectos da dieta do *Sapajus flavius* em ambiente natural: composição e sazonalidade**. 41 f. Monografia (Especialização). Fundação de Ensino Superior de Olinda, Olinda, 2012.
- BASTOS, M. **Comunicação Vocal em *Sapajus flavius* na Natureza**. 79 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.
- BASTOS, M. et al. Small but wise: Common marmosets (*Callithrix jacchus*) use acoustic signals as cues to avoid interactions with blonde capuchin monkeys (*Sapajus flavius*). **American Journal of Primatology**, v. 80, n. 3, p. e22744, 2018.
- BASTOS, M. et al. Vocal repertoire of wild blonde capuchins (*Sapajus flavius*) and contextual use of calls. **American Journal of Primatology**, v. 77, n. 6, p. 605-617, 2015.
- BEZERRA, B. et al. Camera trap observations of nonhabituated critically endangered wild blonde capuchins, *Sapajus flavius* (formerly *Cebus flavius*). **International Journal of Primatology**, v. 35, n. 5, p. 895-907, 2014.
- BIONE, C. **Comportamento de forrageio e utilização de ferramentas pelo *Cebus flavius* (Primates: Cebidae) na natureza**. 66 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.
- BOINSKI, S. Vocal coordination of troop movement among white-faced capuchin monkeys, *Cebus capucinus*. **American Journal of Primatology**, v. 30, n. 2, p. 85-100, 1993.
- BOINSKI, S.; CAMPBELL, A. F. The huh vocalization of white-faced capuchins: a spacing call disguised as a food call?. **Ethology**, v. 102, n. 6, p. 826-840, 1996.
- BOINSKI, S; CAMPBELL, A. F. Use of trill vocalizations to coordinate troop movement among white-faced capuchins: a second field test. **Behaviour**, v. 132, n. 11, p. 875-901, 1995.
- BRASIL/MMA. Portaria do Ministério do Meio Ambiente nº 444, de 17 de dezembro de 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçada de Extinção. **Diário Oficial da União – Seção 1**, 245, 121-126, 2014.

COUVET, D. Deleterious effects of restricted gene flow in fragmented populations. **Conservation Biology**, v. 16, n. 2, p. 369-376, 2002.

DI BITETTI, M. S. Food-associated calls of tufted capuchin monkeys (*Cebus apella nigrinus*) are functionally referential signals. **Behaviour**, v. 140, n. 5, p. 565-592, 2003.

FERREIRA, D. R. A. et al. **Microbiologia de suabes retais de *Sapajus flavius* de vida livre no estado de Pernambuco, Brasil**. In: 8º Congresso Brasileiro de Mastologia. Paraíba, João Pessoa. 2015a.

FERREIRA, D. R. A. et al. Risk factors associated with *Toxoplasma gondii* infection in captive *Sapajus* spp. **American Journal of Primatology**, v. 77, n. 5, p. 558-562, 2015b.

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

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

FRANKHAM, Richard. Genetics and extinction. **Biological Conservation**, v. 126, n. 2, p. 131-140, 2005.

FREESE, C.; OPPENHEIMER, J. The capuchin monkeys, genus *Cebus*. In: COIMBRA-FILHO, A. F.; MITTERMEIER, R. A. **Ecology and behavior of neotropical primates**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1981, p. 331-390.

GONDIM, L. S. Q. **Painel hematológico de *Sapajus flavius* mantidos sob cuidados humanos no Parque Zoológico Getúlio Vargas- Bahia**. In: Sociedade de Zoológicos e Aquários do Brasil. 2014.

GROS-LOUIS, J. J. et al. Vocal repertoire of *Cebus capucinus*: acoustic structure, context, and usage. **International Journal of Primatology**, v. 29, n. 3, p. 641-670, 2008.

ICMBio. **Sumário executivo do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Primatas do Nordeste**. ICMBio-MMA. 2011.

JERÔNIMO, C. E. **Crescendo em liberdade: desenvolvimento do comportamento de forrageio em *Sapajus flavius* juvenis em fragmento de Mata Atlântica em Caaporã - PB**. 54 f. Monografia (Graduação). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

LIMA, M. G. M et al. A phylogenomic perspective on the robust capuchin monkey (*Sapajus*) radiation: First evidence for extensive population admixture across South America. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 124, p. 137-150, 2018.

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

LINS, P. G. A. S. **Preferência e competição alimentar em um grupo de *Sapajus flavius* em fragmento de Mata Atlântica em Caaporã – Paraíba- Brasil**. 100 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

LYNCH-ALFARO, J. W. et al. Explosive Pleistocene range expansion leads to widespread Amazonian sympatry between robust and gracile capuchin monkeys. **Journal of Biogeography**, v. 39, n. 2, p. 272-288, 2012a.

LYNCH-ALFARO, J. W.; SILVA-JÚNIOR, J. S.; RYLANDS, A. B. How different are robust and gracile capuchin monkeys? An argument for the use of *Sapajus* and *Cebus*. **American Journal of Primatology**, v. 74, n. 4, p. 273-286. 2012b.

MACEDO, E. C. **Ocorrência de parasitas gastrointestinais em primatas mantidos em cativeiro no Centro de Triagem de Animais Silvestres (CETAS) em Vitória da Conquista, Bahia**. Monografia (Graduação). Universidade Federal da Bahia, Vitória da Conquista, 2016.

MALTA, A.; MENDES PONTES, A. R. The simplified novel diet of the highly threatened blond capuchin in the vanishing Pernambuco endemism center. In: MARSH, L. K.; CHAPMAN, C. **Primates in Fragments**. New York: Springer, 2013, p. 245-257.

MARCGRAVE, G. (1648). **Historiae de quabrupedibus et serpentibus, Libri VI**. In G. Pisonis, G. Marcgrave (Eds.), *Historiae rerum naturalium brasiliae*. Leiden: Ioanes de Laet, Elzevier, p.221-244.

MARTINS JR, A. M. G. et al. Alu elements and the phylogeny of capuchin (*Cebus* and *Sapajus*) monkeys. **American Journal of Primatology**, v. 77, n. 4, p. 368-375, 2015.

MARTINS, A. B. et al. Range expansion and observations of tool use by blond capuchins, *Sapajus flavius*, in the caatinga biome of Brazil. In: **Meeting of the International Primatological Society and the American Society of Primatologists**, Chicago. Anais, p. 400, 2016.

MARTINS, A. B. et al. Sexual dimorphism and male-male competition in blond capuchin monkey in Atlantic Forest of Brazil. In: **84th Annual Meeting of the American Association of Physical Anthropologists**, St. Louis. Anais, p. 216, 2015.

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

MEDEIROS, K. **Ecologia comportamental do macaco-prego-galego em um mosaico de Floresta Atlântica no Nordeste brasileiro: manguezal, várzea e terra firme**. 70 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

MEDEIROS, K. et al. Submetido a International Journal of Primatology. Mangrove tours? The use of a coastal Atlantic Forest mosaic in Northeastern Brazil by blonde capuchin monkeys (*Sapajus flavius*).

MEDEIROS, K. **Interação entre *Callithrix jacchus* e *Sapajus flavius* em um fragmento de Mata Atlântica da região Nordeste do Brasil**. 64 f. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

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

MITTERMEIER, R. A.; RYLANDS, A. B.; SCHWITZER, C.; TAYLOR, L. A.; CHIOZZA, F.; WILLIAMSON, E. A. **Primates in peril: The World's 25 most endangered primates 2010-2012**. IUCN/SSC Primate Specialist Group (PSG), International Primatological Society (IPS), Conservation International (CI), and Bristol Conservation and Science Foundation, Bristol, UK. 40p, 2012.

MORELLATO, L. P. C. et al. Phenology of Atlantic rain forest trees: a comparative study 1. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 811-823, 2000.

MOTA, S. M. et al. Biometric values, C-reactive protein, and proteinogram of healthy blonde capuchin (*Sapajus flavius*) kept in northeast of Brazil. **Journal of Medical Primatology**, v. 45, n. 6, p. 318-323, 2016.

MUNIZ, C. P. et al. An expanded search for *Simian foamy viruses* (SFV) in Brazilian New World primates identifies novel SFV lineages and host age-related infections. **Retrovirology**, v. 12, n. 1, p. 94, 2015.

MUNIZ, L.; VIGILANT, L. Permanent Genetic Resources: Isolation and characterization of microsatellite markers in the white-faced capuchin monkey (*Cebus capucinus*) and cross-species amplification in other New World monkeys. *Molecular Ecology Resources*, v. 8, n. 2, p. 402-405, 2008.

NASCIMENTO, F. F. et al. Reanalysis of the biogeographical hypothesis of range expansion between robust and gracile capuchin monkeys. **Journal of Biogeography**, v. 42, n. 7, p. 1349-1357, 2015.

NECO, E. C. **Interações sociais em um grupo de macaco-prego-galego *Sapajus flavius* (Schreber, 1774) sob competição induzida por alimento, em área de Floresta Atlântica na Paraíba**. 65 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

OLIVEIRA, M. M.; BOUBLI, J. P.; KIERULFF, M. C. M. *Sapajus flavius*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T136253A70612549. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015.RLTS.T136253A70612549.en>>. Acessado em 1 de julho de 2018. 2015.

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

PEREIRA, T. S. et al. Fenologia de espécies arbóreas em floresta Atlântica da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Iheringia. Série Botânica**, v. 63, n. 2, p. 329-339, 2008.

RAMALHO, A. C. et al. Identificação de enterobactérias em macacos-prego-galego (*Sapajus flavius*) mantidos em cativeiro no estado da Paraíba. **Biotemas**, v. 28, n. 3, p. 177-180, 2015.

RAMALHO, A. C. et al. Mycoplasma sp. infection in captive Marcgrave's capuchin monkeys (*Sapajus flavius*). **Comparative immunology, microbiology and infectious diseases**, v. 51, p. 34-36, 2017.

REYS, Paula et al. Fenologia reprodutiva e disponibilidade de frutos de espécies arbóreas em mata ciliar no rio Formoso, Mato Grosso do Sul. **Biota Neotropica**, v. 5, n. 2, p. 309-318, 2005.

ROBINSON, John G. Syntactic structures in the vocalizations of wedge-capped capuchin monkeys, *Cebus olivaceus*. **Behaviour**, v. 90, n. 1, p. 46-78, 1984.

RODRIGUES, K. C. **Padrão de atividades, comportamento alimentar, exploração de habitat e área de vida de um grupo de *Sapajus flavius* (Schreber, 1774) (Primates, Cebidae) em um fragmento de Floresta Atlântica, Paraíba, Brasil.** 57 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Rio Tinto, 2013.

ROTHMAN, J. M.; RAUBENHEIMER, D.; CHAPMAN, C. A. Nutritional geometry: gorillas prioritize non-protein energy while consuming surplus protein. **Biology Letters**, p. rsbl20110321, 2011.

SANTOS, A. C. A. Atividade antrópica que ameaçam o macaco-prego-galego *Cebus flavius* (Schreber, 1774) em um fragmento de Mata Atlântica na Paraíba. 51 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Estadual da Paraíba. João Pessoa, Paraíba. 2010.

SCHREBER, J. C. D. **Die Säugthiere in Abbildungen nach der Natur mit Beschreibungen.** Erlangen: Theil 1, Heft 4, p.57-64, pl. 27-34. 1774.

SILVA, M. J. F.; BRUFORD, M. W. Genetics and primate conservation. **The International Encyclopedia of Primatology**, p. 1-6, 2016.

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

SOUZA-SANTOS, P. M. et al. Parasitos de aves e mamíferos silvestres em cativeiro no estado de Pernambuco. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, n. 9, p. 788-794, 2015.

TOKUDA, M.; MARTINS, M. M.; IZAR, P. Transferability of microsatellites for studies on the social behavior of the tufted capuchin monkey (genus *Sapajus*). *Genetics and Molecular Research*, v. 13, n. 4, p. 9910-9914, 2014.

VALENÇA-MONTENEGRO, M. M. **Ecologia de *Cebus flavius* (Schreber, 1774) em remanescentes de Mata Atlântica no estado da Paraíba.** 131 f. Tese (Doutorado). Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2011.

VALENÇA-MONTENEGRO, M. M. et al. Análises histológicas preliminares da barbela em *Sapajus flavius*. In: **XVI Congresso Brasileiro de Primatologia**, Manaus. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Primatologia, 2015.

WRIGHT, Barth W. Craniodental biomechanics and dietary toughness in the genus *Cebus*. **Journal of Human Evolution**, v. 48, n. 5, p. 473-492, 2005.

APÊNDICE A- COMPILAÇÃO DE TRABALHOS SOBRE A ESPÉCIE *Sapajus flavius* DE 2006 A JULHO DE 2018.

Ano de publicação	Autor (es) da publicação	Título do trabalho	Tipo de trabalho	Fonte
2006	Mendes Pontes et al	A new species of capuchin monkey, genus <i>Cebus</i> Erxleben (Cebidae, Primates): found at the very brink of extinction in the Pernambuco Endemism Centre	Artigo	Zootaxa
2006	Oliveira e Langguth	Rediscovery of Marcgrave's capuchin monkey and designation of a neotype for <i>Simia flavia</i> Schreber, 1774 (Primates, Cebidae)	Artigo	Boletim do Museu Nacional
2008	Fialho e Gonçalves	Primates da Rppn Gargaú, Paraíba, Brasil	Artigo	Neotropical Primates
2009	Bastos e Schiel	Aspectos da Vocalização em <i>Cebus flavius</i> (Cebidae, Primates) em Cativeiro	Resumo	Congresso Brasileiro de Primatologia - Blumenau
2009	Bastos e Schiel	Utilização da cana-de-açúcar como recurso alimentar por um grupo de <i>Cebus flavius</i> (Cebidae, Primates)	Resumo	Congresso Brasileiro de Primatologia - Blumenau
2009	Ferreira et al	On the occurrence of <i>Cebus flavius</i> (Schreber 1774) in the Caatinga, and the use of semi-arid environments by <i>Cebus</i> species in the Brazilian state of Rio Grande do Norte	Artigo	Primates
2009	Fialho et al	Mapeamento das Populações de <i>Cebus flavius</i> (Schreber, 1774) e <i>Alouatta belzebul</i> (Linnaeus, 1776) na Mata Atlântica	Resumo	Anais do I Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

2009	Valença-Montenegro et al	Análise morfométrica das espécies ameaçadas de macacos-prego (<i>Cebus</i> Erxleben, 1777) do Nordeste brasileiro	Resumo	Anais do I Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
2009	Jerusalinsky et al	Análises de viabilidade populacional de primatas brasileiros ameaçados de extinção: prioridades de ação e pesquisa para a conservação de <i>Alouatta ululata</i> , <i>Callicebus coimbrai</i> , <i>Cebus flavius</i> e <i>Chiropotes satanas</i>	Resumo	Anais do I Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
2010	Bandeira et al	Cuidado em macaco-prego-galego (<i>Cebus flavius</i>) jovens, mantidos em cativeiro, no Parque Estadual Dois Irmãos, Recife/PE.	Resumo	XXVIII Encontro Anual de Etologia, II Simpósio Latino-Americano de Etologia
2010	Bastos	Levantamento de sinais acústicos em <i>Cebus flavius</i> (Primates: Cebidae) em cativeiro	Monografia	Universidade Federal Rural de Pernambuco
2010	Emidio	Otimização no uso de martelos e bigornas para quebrar sementes por macacos prego (<i>Cebus flavius</i> e <i>C. libidinosus</i>) no Bioma Caatinga	Dissertação	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
2010	Lima et al	Estudo comportamental do macaco-prego-galego, <i>Cebus flavius</i> , no zoológico do Recife/PE, visando a conservação.	Resumo	XXVIII Encontro Anual de Etologia, II Simpósio Latino-Americano de Etologia
2010	Masetti e Veracini	The first record of Marcgrave's capuchin in Europe: South American monkeys in Italy during the early sixteenth century	Artigo	Archives of natural history

2010	Neco et al	Avaliação da dieta, área de uso e composição sexotária de <i>Cebus flavius</i> em um remanescente de Mata Atlântica no estado do Paraíba.	Resumo	V Congresso Brasileiro de Mastozoologia
2010	Santos	Atividade antrópica que ameaçam o macaco-prego-galego <i>Cebus flavius</i> (Schreber, 1774) em um fragmento de Mata Atlântica na Paraíba	Monografia	Universidade Estadual da Paraíba
2010	Santos	Atividades antrópicas que ameaçam o macaco-prego-galego <i>Cebus flavius</i> (SCHREBER, 1774) em fragmento de Mata Atlântica na Paraíba	Resumo	V Congresso Brasileiro de Mastozoologia
2011	Bione	Comportamento de forrageio e utilização de ferramentas pelo <i>Cebus flavius</i> (PRIMATES: CEBIDAE) na natureza	Dissertação	Universidade Federal de Pernambuco
2011	Souto et al	Critically endangered blonde capuchins fish for termites and use new techniques to accomplish the task	Artigo	Biology Letters
2011	Valença-Montenegro	Ecologia de <i>Cebus flavius</i> (Schreber, 1774) em remanescentes de Mata Atlântica no estado da Paraíba	Tese	Universidade Federal da Paraíba
2011	ICMBio	Sumário executivo do plano de ação nacional para a conservação dos primatas do Nordeste	Documento	ICMBio/MMA
2012	Bastos	Aspectos da dieta do <i>Sapajus flavius</i> em ambiente natural: composição e sazonalidade	Monografia	FUNESO
2012	Bastos et al	Vocal Behaviour Of Wild Blonde Capuchins, <i>Sapajus Flavius</i> (Former <i>Cebus flavius</i>)	Resumo	XXVI Congress of the International Primatological Society - Cancun

2012	Bezerra et al	Using camera traps to investigate aspects of the behaviour and ecology of wild blond capuchins, <i>Sapajus flavius</i> (former <i>Cebus flavius</i>)	Resumo	Congress of the International Primatological Society - cancan
2012	Bione et al	Comportamentos associados ao forrageio de invertebrados pelo macaco prego galego, <i>Cebus flavius</i> (Primates, Cebidae), na natureza	Resumo	6º CONGRESSO BRASILEIRO DE MASTOZOOLOGIA - corumbá
2012	Mittermeier et al	Primates in peril: The World's 25 Most Endangered Primates 2010–2012	Documento	IUCN/SSC
2012	Mittermeier et al	Primates in peril: The World's 25 Most Endangered Primates 2012–2014	Documento	IUCN/SSC
2012	ICMBio	Boletim Informativo Pan-Primatas do Nordeste - Plano de Ação de Nacional para Conservação dos Primatas do Nordeste	Documento	ICMBio/MMA
2013	Albuquerque et al	Enriquecimento ambiental e cognitivo como estratégia para promover o bem-estar em um grupo de <i>Sapajus flavius</i> (Schreber, 1774) (CEBINAE, PRIMATES)	Resumo	XIII Jornada De Ensino, Pesquisa E Extensão – JEPEX
2013	Albuquerque et al	Padrão de atividades de um grupo de <i>Sapajus flavius</i> em cativeiro no parque estadual dois irmãos, Recife-PE	Resumo	XIII Jornada De Ensino, Pesquisa E Extensão – JEPEX
2013	Albuquerque et al	Catção social em macacos-prego-galegos, <i>Sapajus flavius</i> (Cebinae, Primates) em cativeiro	Resumo	XXXI Encontro anual de etologia
2013	Albuquerque et al	Estudo comparativo do comportamento de macacos-prego-galego, <i>Sapajus flavius</i> (Schreber, 1774) cativos no Parque Estadual Dois Irmãos, Recife-PE.	Resumo	65ª Reunião Anual da SBPC

2013	Pessoa et al	Treino contra potenciais predadores em um grupo de <i>Sapajus flavius</i> sujeito a programa de reintrodução na natureza.	Resumo	XXXI Encontro anual de etologia
2013	Bastos	Comunicação vocal em <i>Sapajus flavius</i> na natureza	Dissertação	Universidade Federal de Pernambuco
2013	Bastos et al	Há sazonalidade na dieta do macaco-prego galego, <i>Sapajus flavius</i> , em ambiente natural?	Resumo	II Congresso Latino Americano. XV Congresso Brasileiro de Primatologia
2013	Bastos et al	Tracking blond capuchins, <i>Sapajus flavius</i> , in fragments of atlantic rain forest in the northeast of Brazil	Resumo	II Congresso Latino Americano e XV Congresso Brasileiro de Primatologia
2013	Rodrigues	Padrão de atividade, comportamento alimentar, exploração de habitat e área de vida de um grupo de <i>Sapajus flavius</i> (Schreber, 1774) (PRIMATES, CEBIDAE) em um fragmento de floresta Atlântica, Paraíba, Brasil.	Dissertação	Universidade Federal da Paraíba
2013	Malta e Mendes Pontes	The simplified novel diet of the highly threatened blond capuchin in the vanishing Pernambuco Endemism Center	Capítulo de livro	de Primates in Fragments
2013	Santos	Padrão de forrageamento de <i>Cebus flavius</i> (Schreber, 1774) (PRIMATES: CEBIDAE), em um fragmento de Mata Atlântica na Paraíba	Dissertação	Universidade Federal de Sergipe
2013	ICMBio	Boletim Informativo Pan-Primatas do Nordeste - Plano de Ação de Nacional para Conservação dos Primatas do Nordeste	Documento	ICMBio/MMA

2014	Bacalhao	Aspectos morfológicos de <i>Sapajus flavius</i> e <i>S. libidinosus</i> e ocorrência do parasitismo intestinal (<i>Molineus torulosus</i>) em primatas neotropicais do gênero <i>Sapajus</i>	Dissertação	Universidade Federal da Paraíba
2014	Bastos et al	Uso da estrutura acústica como ferramenta de identificação individual em <i>Sapajus flavius</i> na natureza	Resumo	XXXII Encontro Anual de Etologia / V Simpósio Latino-Americano de Etologia
2014	Bastos et al	Use of the mangrove by blonde capuchins: a vocalisation study	Resumo	International Primatological Conference - hanoi, vietnã
2014	Bezerra et al	Camera trap observations of nonhabituated Critically Endangered wild blonde capuchins, <i>Sapajus flavius</i> (formerly <i>Cebus flavius</i>)	Artigo	Internacional Journal of Primatology
2014	Costa	Área de uso e composição sexo-etária de um grupo de <i>Sapajus flavius</i> (Schreber, 1774) (macaco-prego-galego) na Estação Experimental de Camaratuba, Paraíba	Monografia	Universidade Estadual da Paraíba
2014	Fialho et al	Ocorrência de <i>Sapajus flavius</i> e <i>Alouatta belzebul</i> no Centro de Endemismo Permabuco	Artigo	Neotropical Primates
2014	Gondim	Painel hematológico de <i>Sapajus flavius</i> mantidos sob cuidados humanos no Parque Zoobotânico Getúlio Vargas- Bahia	Resumo	Sociedade de Zoológico e Áquarios do Brasil
2014	Juca et al	Levantamento faunístico de um fragmento de Mata Atlântica com impacto de mineração através de armadilhamento fotográfico	Resumo	Congresso Brasileiro de Zoologia

2014	Ramalho	Avaliação da sanidade de macacos-pregogalego (<i>Sapajus flavius</i>) mantidos em cativeiro no estado da paraíba.	Dissertação	Universidade Federal da Paraíba
2014	Laroque et al	Levantamento soroepidemiológico para arbovírus em macaco-prego-galego (<i>Cebus flavius</i>) de vida livre no Estado da Paraíba e em macaco-prego (<i>Cebus libidinosus</i>) de cativeiro do Nordeste do Brasil	Artigo	Pesquisa Veterinária Brasileira
2014	ICMBio	Áreas importantes para conservação de primatas no centro de endemismo pernambuco	Documento	ICMBio/MMA
2014	ICMBio	Boletim Informativo Pan-Prine - Plano de Ação de Nacional para Conservação dos Primatas do Nordeste	Documento	ICMBio/MMA
2015	Bastos et al	Vocal repertoire of wild blonde capuchins (<i>Sapajus flavius</i>) and contextual use of calls	Artigo	American Journal of Primatology
2015	Bastos et al	Aplicação da bioacústica como ferramenta de identificação de macacos-prego do gênero <i>Sapajus</i> .	Resumo	XVI Congresso Brasileiro de Primatologia
2015	Cadório et al	Probability of Behaviours Potentially Indicative of Stress in Behavioural Sequences of Captive Capuchin Monkeys	Resumo	6th European Federation for Primatology Meeting
2015	Costa et al	Área de uso de <i>Sapajus flavius</i> (Schreber, 1774) em fragmento de Mata Atlântica na Paraíba	Resumo	8° Congresso Brasileiro de Mastozoologia
2015	Ferreira et al	Microbiologia de suabes retais de <i>Sapajus flavius</i> de vida livre no estado de Pernambuco, Brasil	Resumo	8° Congresso Brasileiro de Mastozoologia
2015	Ferreira et al	Risk Factors Associated with <i>Toxoplasma gondii</i> Infection in Captive <i>Sapajus</i> spp	Artigo	American Journal of Primatology

2015	Lins	Preferência e competição alimentar em um grupo de <i>Sapajus flavius</i> em fragmento de Mata Atlântica em Caaporã-Paraíba-Brasil	Dissertação	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
2015	Lins et al	Sex and age ratio of large blond capuchin groups (<i>Sapajus flavius</i> : Primates) found in NE, Brazil Atlantic Forest fragment	Resumo	8º Congresso Brasileiro de Mastozoologia
2015	Lins e Ferreira	Feeding Competition in a Semi-Free-Ranging Group of Blond Capuchin Monkeys, <i>Sapajus flavius</i>	Resumo	6th European Federation for Primatology Meeting
2015	Lins e Ferreira	Sugarcane as Staple Fallback Food for Blond Capuchin Monkeys, <i>Sapajus flavius</i>	Resumo	6th European Federation for Primatology Meeting
2015	Martins et al	Sexual dimorphism and male-male competition in blond capuchin monkey in Atlantic Forest of Brazil	Resumo	84th Annual Meeting of the American Association of Physical Anthropologists
2015	Martins et al	Alu Elements and the Phylogeny of Capuchin (<i>Cebus</i> and <i>Sapajus</i>) Monkeys	Artigo	American Journal of Primatology
2015	Medeiros	Interação entre <i>Callithrix jacchus</i> e <i>Sapajus flavius</i> em um fragmento de Mata Atlântica da região nordeste do Brasil	Monografia	Universidade Federal de Pernambuco
2015	Medeiros et al	Interação entre <i>Callithrix jacchus</i> e <i>Sapajus flavius</i> em um fragmento de Mata Atlântica da região Nordeste do Brasil	Resumo	XVI Congresso Brasileiro de Primatologia
2015	Moura e Duarte	Abundância de primatas em um fragmento de Mata Atlântica semidecídua, Mata Dois Rios, no litoral norte da Paraíba	Resumo	8º Congresso Brasileiro de Mastozoologia
2015	Muniz et al	An expanded search for simian foamy viruses (SFV) in Brazilian New World primates identifies novel SFV lineages and host age related infections	Artigo	Retrovirology

2015	Nascimento et al	Reanalysis of the biogeographical hypothesis of range expansion between robust and gracile capuchin monkeys	Artigo	Journal of Biogeography
2015	Neco	Interações sociais em um grupo de macaco-prego-galego <i>Sapajus flavius</i> (SCHREBER, 1774) sob competição induzida por alimento, em área de Floresta Atlântica na Paraíba	Dissertação	Universidade Federal da Paraíba
2015	Neco et al	Gender Differences in Marking Behaviour in <i>Sapajus flavius</i> (Schreber, 1774) Inhabiting a Fragment of Atlantic Forest in Northeastern Brazil	Resumo	6th European Federation for Primatology Meeting
2015	Ramalho et al	Identificação de enterobactérias em macacos-prego-galego (<i>Sapajus flavius</i>) mantidos em cativeiro no estado da Paraíba	Artigo	Biotemas
2015	Cádorio	Behavioural profiles of captive capuchin monkeys (<i>Sapajus</i> spp.): analyses at group and individual levels	Dissertação	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
2015	Silva e Valença-Montenegro	Ecologia alimentar e nutricional de <i>Sapajus flavius</i> como critério de escolha de áreas para reintrodução da espécie: contribuição da Estação Experimental de Camaratuba, Paraíba	Resumo	Anais do VII Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
2015	Souza Santos et al	Parasitos de aves e mamíferos silvestres em cativeiro no estado de Pernambuco	Artigo	Pesquisa Veterinária Brasileira
2015	Torres Junior	Conhecimento ecológico e percepção ambiental sobre primatas por uma comunidade rural no entorno da Reserva Particular do Patrimônio Natural Engenho Gargau, Paraíba - Brasil	Dissertação	Universidade Federal da Paraíba

2015	Veracini	Monkeys for the Pope: Presence, Importance and Importation of Non-Human Primates in Renaissance Italy (15th and 16th Centuries)	Resumo	6th European Federation for Primatology Meeting
2016	Bacalhao	Descrição morfológica de duas espécies de <i>Sapajus</i> encontradas na Paraíba: <i>S. libidinosus</i> e o recém redescoberto e já criticamente ameaçado <i>S. flavius</i>	Artigo	Pesquisa Veterinária Brasileira
2016	Bezerra et al	Interactions between wild common-marmosets (<i>Callithrix jacchus</i>) and other primate species in northeast Brazil: not so much of a villain.	Resumo	ASP/IPS 2016, Chicago
2016	Macedo	Ocorrência de parasitas gastrointestinais em primatas mantidos em cativeiro no Centro de Triagem de Animais Silvestres (CETAS) em Vitória da Conquista, Bahia.	Monografia	Universidade Federal da Bahia
2016	Castro e Casanova	Local knowledge of <i>Alouatta belzebul</i> and <i>Sapajus flavius</i> by human communities around protected areas in Paraíba, Northeast of Brazil	Resumo	ASP/IPS 2016, Chicago
2016	Dantas	Caracterização da paisagem de <i>Sapajus flavius</i> (Primates, Cebidae) e <i>Alouatta belzebul</i> (Primates, Atelidae) na Mata Atlântica nordestina	Dissertação	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
2016	Lins e Ferreira	Direct competition for staple fallback food between blond capuchin monkeys (<i>Sapajus flavius</i>) inhabiting and Atlantic forest fragment (northeast Brazil)	Resumo	ASP/IPS 2016, Chicago
2016	Ludwig et al	Atualização da ocorrência de <i>Alouatta belzebul</i> e <i>Sapajus flavius</i> (Mammalia:Primates) em fragmentos florestais na Mata Atlântica da Paraíba e do Rio Grande do Norte	Resumo	Anais do VIII Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

2016	Martins et al	Range expansion and observations of tool use by blond capuchins, <i>Sapajus flavius</i> , in the Caatinga biome of Brazil	Resumo	ASP/IPS 2016, Chicago
2016	Mota et al	Biometric values, C-reactive protein, and proteinogram of healthy blonde capuchin (<i>Sapajus flavius</i>) kept in northeast of Brazil	Artigo	Journal of Medical Primatology
2016	Silva e Montenegro	Valença- Ecologia alimentar e nutricional de <i>Sapajus flavius</i> como critério de escolha de áreas para reintrodução da espécie: contribuição da Estação Experimental de Camaratuba, Paraíba	Resumo	Anais do VIII Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
2016	Sousa e Moura	Using the tube task in four species of capuchins: a comparative approach to evaluate potential ecological drivers of hand preference	Resumo	ASP/IPS 2016, Chicago
2016	Torres Junior et al	Local ecological knowledge about Endangered primates in a rural community in Paraíba, Brazil	Artigo	Folia Primatologica
2017	Costa	Etnoprimatologia de <i>Sapajus flavius</i> (Schreber, 1774) em fragmentos de floresta atlântica no nordeste do Brasil	Dissertação	Universidade Estadual da Paraíba
2017	Guedes	Dez anos do redescobrimento do macaco-prego-galego (<i>Sapajus flavius</i>): atual status da pesquisa, manejo e conservação da espécie	Monografia	Universidade Federal de Pernambuco
2017	Jerônimo	Crescendo em liberdade: Desenvolvimento do comportamento de Forrageio em <i>Sapajus flavius</i> juvenis em fragmento de Mata Atlântica em Caaporã – PB	Monografia	Universidade Federal do Rio Grande do Norte

2017	Lima et al	Capuchin monkey biogeography: understanding <i>Sapajus</i> Pleistocene range expansion and the current sympatry between <i>Cebus</i> and <i>Sapajus</i>	Artigo	Journal of Biogeography
2017	Medeiros	Ecologia comportamental do macaco-prego-galego em um mosaico de Floresta Atlântica no nordeste brasileiro: manguezal, várzea e terra firme	Dissertação	Universidade Federal de Pernambuco
2017	Ramalho et al	<i>Mycoplasma</i> sp. infection in captive Marcgrave's capuchin monkeys (<i>Sapajus flavius</i>)	Artigo	Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases
2018	Bastos et al	Small but wise: Common marmosets (<i>Callithrix jacchus</i>) use acoustic signals as cues to avoid interactions with blonde capuchin monkeys (<i>Sapajus flavius</i>)	Artigo	American Journal of Primatology
2018	Lima et al	A phylogenomic perspective on the robust capuchin monkey (<i>Sapajus</i>) radiation: First evidence for extensive population admixture across South America	Artigo	Molecular Phylogenetics and Evolution

APPENDIX B- BODY WEIGHT AND LENGTH FOR CAPUCHIN MONKEYS AND THEIR POTENTIAL PRIMATE PREY.

Species	Body weight (g)*		Body length (mm)**		Source
	female	male	female	male	
<i>Callithrix jacchus</i>	322 (n=86)	317.9 (n=69)	196,2 (n=5)	185 (n=3)	Alonso & Langguth 1989; Araujo et al., 2000.
<i>Plecturocebus moloch</i>	700-1020	800-1200	345	348	Napier 1976; HersHKovitz 1990;
<i>Aotus brumbacki</i>	455 (n=1)	875 (n=1)***	341	346	Napier 1976; Hernadez-Camacho & Defler 1985.
<i>Sapajus apella</i>	2385	3050	390	444	Napier 1976; Emmons & Feer 1990; Ford & Davis 1992; Jack, 2007.
<i>Sapajus flavius</i>	2150 (n=2)	2960 (n=2)	356	384	Oliveira & Langguth 2006; Mendes Pontes, Malta & Alfora, 2006.
<i>Sapajus libidinosus</i>	2100 (n=7)	3500 (n=4)	520 (n=2)	590 (n=2)	Fragaszy et al., 2016; Liu et al., 2009.

* Mean body weight; **Mean lengh of head plus body; ***Unsexed.

Appendix C- Common marmosets responses to playback stimuli.

< https://drive.google.com/open?id=1f3Erxn_FvIv-ClOyEy8KurEfTRHns5iG>

Appendix D- Blonde capuchin monkeys responses to playback stimuli.

< https://drive.google.com/open?id=1Pq-44L9RfGHNdUqPJnypRC_VkOwpaJez>

APPENDIX E- BEHAVIOURS PERFORMED BY *Sapajus flavius*, BLONDE CAPUCHIN MONKEYS AND *Callithrix jacchus*, COMMON MARMOSETS, IMMEDIATELY BEFORE AND AFTER STIMULI PLAYBACK.

Species taking part in the experiment	Stimuli	Percentage of behaviours before <i>playback</i> stimuli (n*)	Percentage of behaviours after <i>playback</i> stimuli (**)
Blonde capuchin monkeys	<i>Popped</i>	Foraging and feeding - 76,5%, Travel - 13%, Resting, looking around - 10,5%, (n = 20)	Flee - 65%, Vigilance - 35%
	<i>Alarm 2</i>	Foraging and feeding - 46,7%, Travel - 28,3%, Resting looking around - 25%, (n = 32)	Foraging and feeding - 9,4%, Travel naturally - 9,4%, Travel triggered by stimuli - 3,1%, Resting looking around triggered by stimuli - 31,3%, Flee - 18,8%, Vigilance - 15,6%, Look in the direction of speaker - 12,5%
	<i>Houh</i>	Foraging and feeding - 78,5%, Travel - 17,5%, Resting looking around - 4%, (n = 41)	Foraging and feeding - 31,7%, Travel naturally - 4,9%, Resting looking around - 2,4%, Resting looking around triggered by stimuli - 2,4%, Look at the speaker direction - 58,5%
	<i>Phee</i>	Foraging and feeding - 69,7%, Travel - 18,4%, Resting looking around - 11,9%, (n = 46)	Foraging and feeding - 15,2%, Travel naturally - 6,5%, Travel triggered by stimuli - 21,7%, Resting looking around triggered stimuli - 19,6%, Flee - 8,7%, Vigilance - 6,5%, Look in the direction of speaker- 21,7%
	<i>Tchó</i>	Foraging and feeding - 68,3%, Travel - 5,9%, Resting looking around - 25,9%, (n = 47)	Flee - 100%
	Forest background noise	Foraging and feeding - 55,7%, Travel - 21,7%, Resting looking around - 22,6%, (n = 39)	Foraging and feeding - 48,7%, Travel naturally - 25,6%, Resting looking around - 25,6%

Common marmoset	<i>Popped</i>	Foraging and feeding - 56,7%, Travel - 33,3%, Resting looking around - 10%, (n = 9)	Vigilance - 100%
	<i>Alarm 2</i>	Foraging and feeding - 46,7%, Resting looking around a - 53,3%, (n = 13)	Flee - 38,5%, Vigilance - 61,5%
	<i>Houh</i>	Foraging and feeding - 77%, Resting looking around - 23%, (n = 14)	Flee - 14,3%, Vigilance - 64,3%, Look in the direction of speaker- 21,4%
	<i>Phee</i>	Foraging and feeding - 73,3%, Resting looking around - 26,7%, (n = 10)	Vigilance - 20%, Resting looking around - 40%, Resting looking around with subsequent approximation to the speaker - 30%, Look in the direction of the speaker - 10%
	<i>Tchó</i>	Foraging and feeding - 70%, Resting looking around - 30%, (n = 14)	Vigilance - 100%
	<i>Forest background noise</i>	Foraging and feeding - 50%, Travel - 10%, Resting looking around - 40%, (n = 10)	Foraging and feeding - 10%, Travel naturally - 10%, Resting looking around - 80%

*The (n) represents the sum of all the animals that were observed in all experimental trials per stimuli.

**All behaviours computed after stimulus broadcast are from the same individuals observed before the stimulus broadcast.

APPENDIX F- VOCALISATIONS PERFORMED IMMEDIATELY BEFORE AND AFTER STIMULI PLAYBACK BY *Callithrix jacchus*, COMMON MARMOSETS AND *Sapajus flavius*, BLONDE CAPUCHIN MONKEYS.

Species taking part in the experiment	Stimuli	Percentage of calls before <i>playback</i> stimuli (*)	Percentage of calls given as responses after <i>playback</i> stimuli (**)
Blonde capuchin monkeys	<i>Popped</i> (Nb= 17; Na= 13)	<i>Huh</i> - 29,4%, <i>Huh</i> -1var - 17,6%, <i>Huh</i> -3var - 5,9%, <i>Huh</i> -4var - 5,9%, <i>Trill</i> - 41,2%, (n= 1**)	<i>Huh</i> - 23,1%, <i>Huh</i> -1var - 7,7%, <i>Huh</i> -4var - 7,7%, <i>Trill</i> - 23,1%, <i>Popped</i> - 38,5%, (n = 2**)
	<i>Alarm 2</i> (Nb= 26; Na= 35)	<i>Huh</i> - 30,8%, <i>Huh</i> -1var - 34,6%, <i>Huh</i> -3var - 3,8%, <i>Trill</i> - 41,2%, <i>Yell</i> - 3,8%	<i>Huh</i> - 31,4%, <i>Huh</i> -1var - 14,3%, <i>Huh</i> -4var - 2,9%, <i>Trill</i> - 25,7%, <i>Flick</i> - 2,9%, <i>Popped</i> - 20%, <i>Sleck</i> - 2,9%
	<i>Houh</i> (Nb= 14; Na= 13)	<i>Huh</i> - 42,9%, <i>Huh</i> -1var - 57,1%, (n = 1**)	<i>Huh</i> - 46,2%, <i>Huh</i> -1var - 30,8%, <i>Huh</i> -3var - 7,7%, <i>Houh</i> - 15,4%, (n = 2**)
	<i>Phee</i> (Nb= 32; Na= 41)	<i>Huh</i> - 31,3%, <i>Huh</i> -1var - 21,9%, <i>Huh</i> -3var - 3,1%, <i>Huh</i> -4var - 3,1%, <i>Trill</i> - 18,8%, <i>Tiny</i> - 9,4%, <i>Nosh</i> - 6,3%, New call SF1*** - 21,9%, (n = 1**)	<i>Huh</i> - 40,5%, <i>Huh</i> -1var - 31%, <i>Huh</i> -2var - 2,4%, <i>Trill</i> - 26,2%, (n = 1**)
	<i>Tchó</i> (Nb= 21; Na= 6)	<i>Huh</i> - 38,1%, <i>Huh</i> -1var - 23,8%, <i>Trill</i> - 14,3%, <i>Flick</i> - 23,8%, (n = 2**)	<i>Popped</i> - 66,7%, New call SF2*** - 33,3%, (n = 4**)
	Forest background noise (Nb= 26; Na= 22)	<i>Huh</i> - 30,8%, <i>Huh</i> -1var - 46,2%, <i>Huh</i> -3var - 7,7%, <i>Trill</i> - 15,4%	<i>Huh</i> - 18,2%, <i>Huh</i> -1var - 31,8%, <i>Huh</i> -3var - 13,6%, <i>Trill</i> - 9,1%, <i>Popped</i> - 9,1%, <i>Nosh</i> - 18,2%

Common marmoset		New call CJ 11*** - 100%, (n = 3***), This was the same call uttered by the common marmosets during the unique visual encounter with the blonde capuchins observed in 2012.	
	<i>Popped</i> (Nb= 0; Na= 8) (n = 5**)		
	<i>Alarm 2</i> (Nb= 0; Na= 1) (n = 5**)		<i>Alarm 2</i> - 100%, (n = 4**)
	<i>Houh</i> (Nb= 5; Na= 10)	<i>Alarm 2</i> - 40%, <i>Twitter</i> - 20%, <i>Trill</i> - 20%, <i>Food call</i> - 20%, (n = 3**)	New call CJ 11*** - 40%, New call CJ 1*** - 10%, New call CJ 2*** - 10%, New call CJ 3*** - 20%, New call CJ 4*** - 20%, (n = 2**)
	<i>Phee</i> (Nb= 1; Na= 2)	<i>Twitter</i> - 100%, (n = 4**)	<i>Phee</i> - 100%, (n = 4**)
	<i>Tchó</i> (Nb= 7; Na= 8)	<i>Twitter</i> - 42,9%, <i>Trill</i> - 28,6%, <i>Brief phee call</i> 3 - 14,3%, <i>Loud cry</i> - 14,3%, (n = 4**)	New call CJ 4*** - 50%, New call CJ 5*** - 25%, New call CJ 6*** - 12,5%, New call CJ 7*** - 12,5%, (n = 4**)
	<i>Forest background noise</i> (Nb= 1; Na= 0)	<i>Alarm 2</i> - 100%, (n = 4**)	(n = 5**)

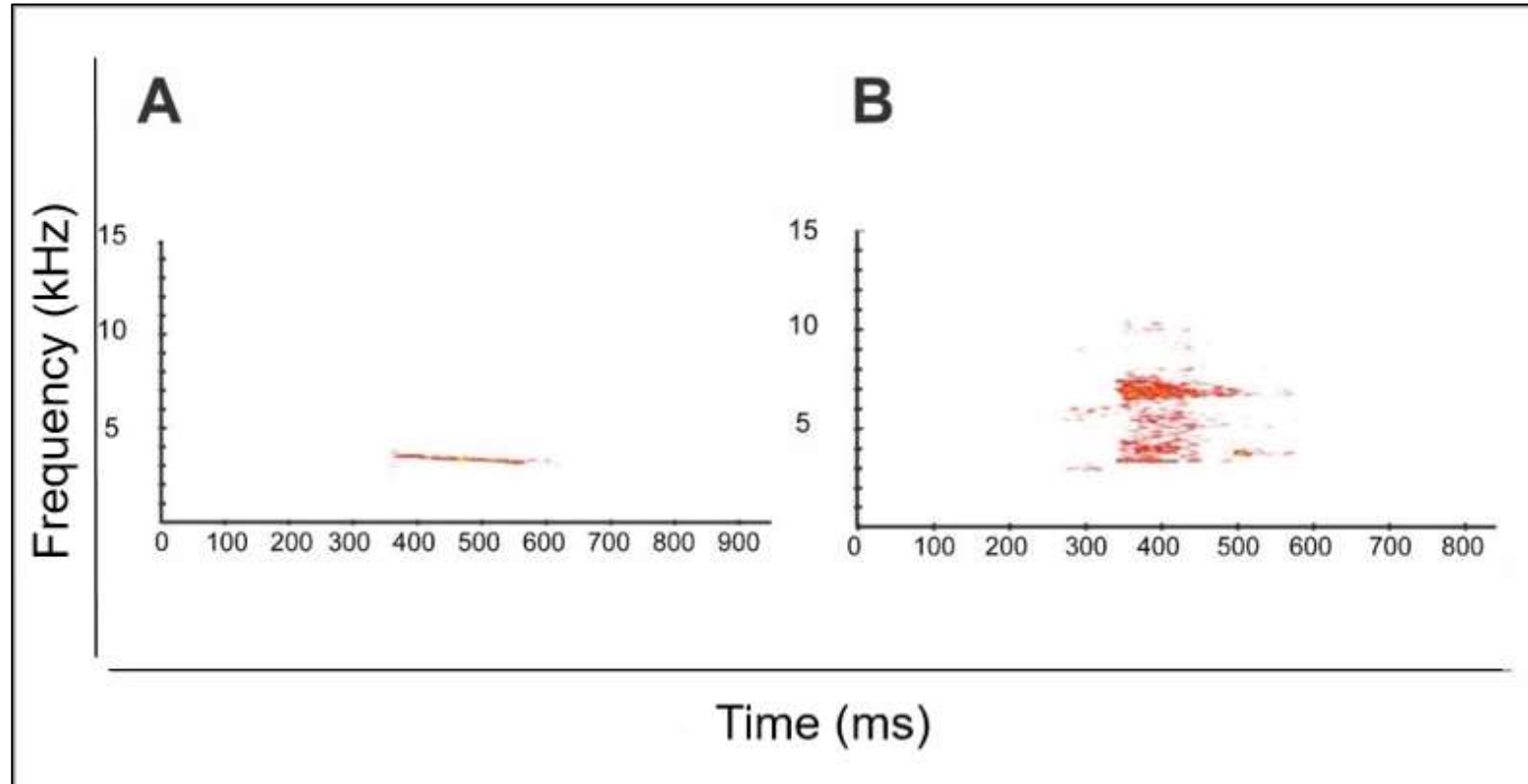
*The number of calls is not directly related to the number of individuals present at the time of the trial. Nb= Number of calls 10 s before stimulus broadcast; Na=Number of calls 10 s after stimuli broadcast;**Number of sections in which the animals remained completely silent; ***Potential new call. Further recordings and analysis would be needed to confirm quantitatively that they are in fact new calls.

APPENDIX G- PHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE POTENTIAL NEW ACOUSTIC SIGNALS EMITTED BY *Sapajus flavius* AND *Callithrix jacchus* DURING THE PLAYBACK EXPERIMENTS. FURTHER RECORDINGS AND ANALYSIS WOULD BE NEEDED TO CONFIRM QUANTITATIVELY THAT THEY ARE IN FACT NEW CALLS.

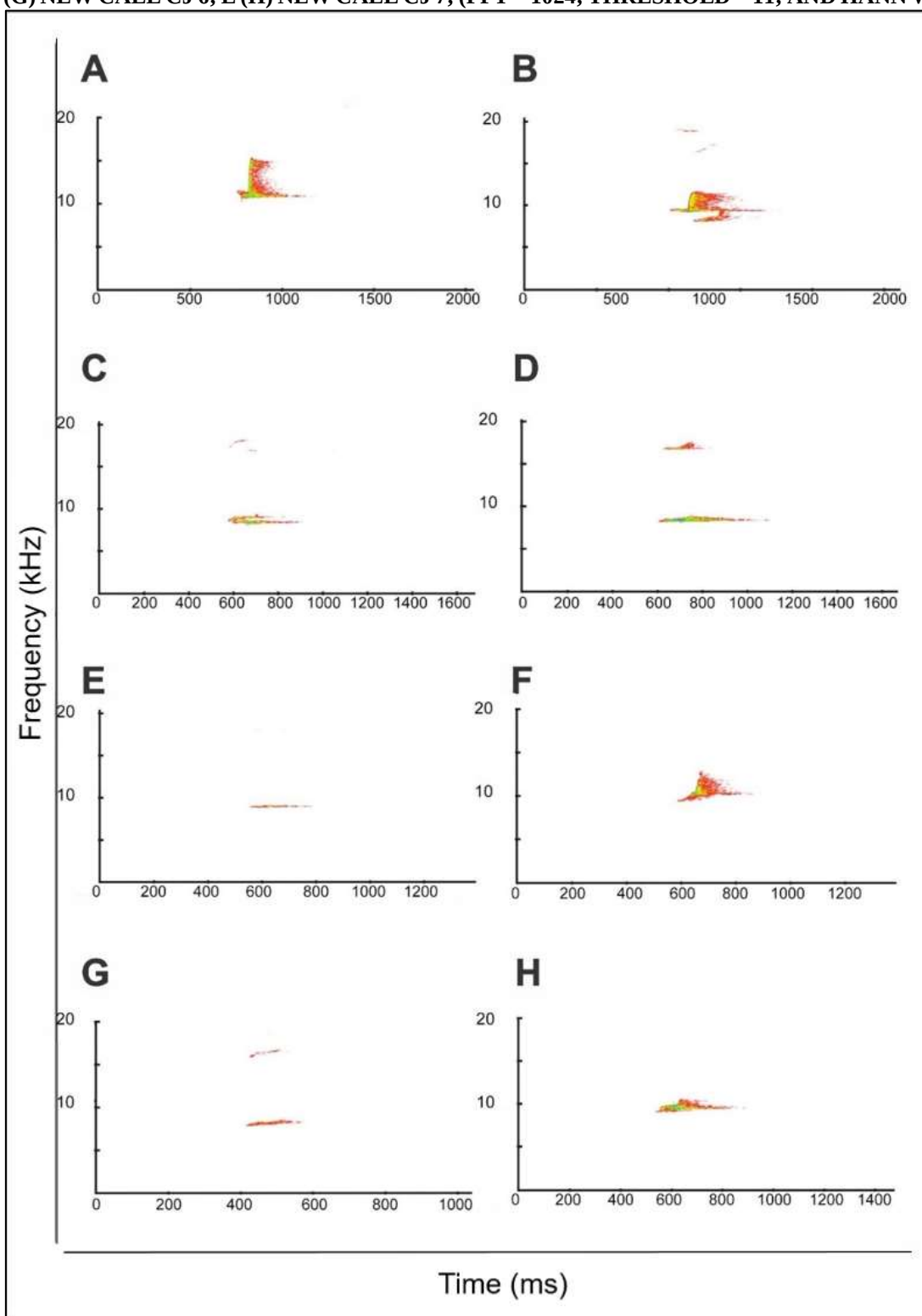
Calls	Physical characteristics (mean ± SEM)													
	N1	Sp	NS	FME	HF	LF	FR	SF	EF	DSH	DHE	CD	NH	IBH
New call SF 1	6	Sf	1	3,81±0,2	4,08±0,2	3,52±0,2	0,55±0,1	3,91±0,2	3,65±0,2	56,17±28,5	160,83±42,4	185,67±16,1	-	-
New call SF 2	2	Sf	1	6,0±0,9	9,2±1,4	3,1±0,4	6,1±1,0	3,2±0,4	5,9±0,8	89,5±2,5	182,0±7,0	122,3±15,7	-	-
New call meeting CJ 4	10	Cj	1	10,7±0,4	12,7±0,6	10,3±0,4	2,4±0,4	10,6±0,4	10,9±0,6	70,1±8,5	149,0±40,5	141,5±29,3	0,3±0,2	1,9±0,9
New call CJ 1	1	Cj	1	9,51	11,7	8,1	3,6	9,5	9,4	67	203	195	1	4,6
New call CJ 2	1	Cj	-	8.55	9.5	7.9	1.6	8.6	8.3	127	238	248	1	7.2
New call CJ 3	2	Cj	1	7,8±0,6	8,3±0,9	7,4±0,7	0,9±0,2	7,7±0,7	7,8±0,7	119,5±21,5	300,0±56,0	251,5±38,5	1,0±0,0	6,9±0,5
New call CJ 4	6	Cj	1	9,3±0,4	9,4±0,3	9,1±0,3	0,3±0,0	9,2±0,4	9,2±0,4	59,7±14,5	67,5±16,1	75,3±5,0	-	-
New call CJ 5	2	Cj	1	11,6±1,3	14,1±1,1	10,3±0,9	3,8±0,2	10,4±1,0	11,6±1,4	78,0±13,0	128,0±16,0	115,5±7,5	-	-
New call CJ 6	1	Cj	1	8.22	8.6	7.8	0.8	7.9	8.2	102	64	97	1	7.2
New call CJ 7	1	Cj	1	9.64	10.7	9.1	1.6	9.2	9.6	106	210	159	-	-

Number of calls included in the descriptive statistics (N1). Species of the study. Sf - *Sapajus flavius* and Cj - *Callithrix jacchus* (Sp). Number of Syllables (NS). Frequency Maximum Power (FME. determined from the power spectrum). High frequency (HF). Lowest Frequency (LF). Frequency Range (FR). Start Frequency (SF). End Frequency (EF). Duration from the start to the highest frequency of the vocalization (DSH). Duration from the highest frequency to the end of the vocalization (DHE). Call Duration (CD). Number of Harmonics (NH). Interval Between Harmonics (IBH) and Number of Pulses (NP). The frequencies were measured in kilohertz and time in microseconds (FFT = 1024; threshold = 11; and Hann window).

APPENDIX H- SPECTROGRAMS OF THE TWO POTENTIAL NEW CALLS EMITTED BY THE BLONDE CAPUCHIN MONKEYS DURING THE PLAYBACK EXPERIMENTS. (A) NEW CALL SF 1; (B) NEW CALL SF 2; (FFT = 1024; THRESHOLD = 11; AND HANN WINDOW).



APPENDIX I- SPECTROGRAMS OF THE EIGHT POTENTIAL NEW CALLS EMITTED BY THE COMMON MARMOSET DURING PLAYBACK EXPERIMENTS. (A) NEW CALL CJ 11; (B) NEW CALL CJ 1; (C) NEW CALL CJ 2; (D) NEW CALL CJ 3; (E) NEW CALL CJ 4; (F) NEW CALL CJ 5; (G) NEW CALL CJ 6; E (H) NEW CALL CJ 7; (FFT = 1024; THRESHOLD = 11; AND HANN WINDOW).



APPENDIX J- PHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE NEW POTENTIAL ACOUSTIC SIGNALS EMITTED BY *Callithrix jacchus* DURING THE OBSERVATION OF THE VISUAL ENCOUNTER WITH *Sapajus flavius* ON 04/16/2012. FURTHER RECORDINGS AND ANALYSIS WOULD BE NEEDED TO CONFIRM QUANTITATIVELY THAT THEY ARE IN FACT NEW CALLS.

Calls	Physical characteristics (mean $\pm$ SEM)										
	N1	NS	FME	HF	LF	FR	SF	EF	DSH	DHE	CD
New call meeting CJ 8	2	1	10,2 $\pm$ 2,5	15,9 $\pm$ 1,9	10,3 $\pm$ 6,1	2,8 $\pm$ 1,4	10,2 $\pm$ 0,2	10,6 $\pm$ 0,5	37,5 $\pm$ 4,5	210,0 $\pm$ 63,0	268,0 $\pm$ 3,0
New call meeting CJ 9	2	1	17,19	18,8	11,1	7,7	13,3	17,9	39,0	213,0	215,0
New call meeting CJ 10	10	1	15,29	17,2	14,4	2,8	15,1	15,3	20,0	203,0	172,0
New call meeting CJ 11	1	1	12,8 $\pm$ 0,6	14,5 $\pm$ 0,7	12,4 $\pm$ 0,7	2,0 $\pm$ 0,0	12,6 $\pm$ 0,6	12,8 $\pm$ 0,6	27,0 $\pm$ 1,0	75,5 $\pm$ 11,5	103,5 $\pm$ 13,5
New call meeting CJ 12	1	-	13,4 $\pm$ 0,6	22,1 $\pm$ 0,7	3,6 $\pm$ 0,1	18,6 $\pm$ 0,8	13,1 $\pm$ 0,5	12,6 $\pm$ 0,4	74,3 $\pm$ 1,8	223,0 $\pm$ 72,4	204,3 $\pm$ 25,2
New call meeting CJ 13	2	1	11,9	22,9	2,5	20,4	11,8	11,0	84,0	394,0	420,0

Number of calls included in the descriptive statistics (N1). Number of Syllables (NS). Frequency Maximum Power (FME. determined from the power spectrum). High frequency (HF). Lowest Frequency (LF). Frequency Range (FR). Start Frequency (SF). End Frequency (EF). Duration from the start to the highest frequency of the vocalization (DSH). Duration from the highest frequency to the end of the vocalization (DHE). Call Duration (CD). Number of Harmonics (NH). Interval Between Harmonics (IBH) and Number of Pulses (NP). The frequencies were measured in kilohertz and time in microseconds (FFT = 1024; threshold = 11; and Hann window).

APPENDIX K- SPECTROGRAM OF THE CALLS EMITTED BY THE COMMON MARMOSET DURING THE VISUAL ENCOUNTER WITH BLONDE CAPUCHINS ON 12/04/2012. (A) ALARM 2; POTENTIAL NEW CALLS: (B) NEW CALL CJ 8; (C) NEW CALL CJ 9; (D) NEW CALL CJ 10; (E) NEW CALL CJ 11; (F) NEW CALL CJ 12; E (G) NEW CALL CJ 13; (FFT = 1024; THRESHOLD = 11; AND HANN WINDOW).

