



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL TROPICAL**

LEONARDO CÉSAR DE OLIVEIRA MELO

Estratégias ecofisiológicas e comportamentais adotadas por grupos de saguis (*Callithrix jacchus*) periurbanos e selvagens, sujeitos às variações na disponibilidade e na diversidade de alimentos na Caatinga

Recife

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL TROPICAL

LEONARDO CÉSAR DE OLIVEIRA MELO

“Estratégias ecofisiológicas e comportamentais adotadas por grupos de saguis (*Callithrix jacchus*) periurbanos e selvagens, sujeitos às variações na disponibilidade e na diversidade de alimentos na Caatinga”

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical – PPGCAT / UFRPE.

Área de Concentração: Ecofisiologia e Conservação.

Orientadores: Anísio Francisco Soares

Maria Adélia Borstelmann de Oliveira

Recife

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

M528e Melo, Leonardo César de Oliveira.
Estratégias ecofisiológicas e comportamentais adotadas por
grupos de saguis (*Callithrix jacchus*) periurbanos e selvagens, sujeitos às variações
na disponibilidade e na diversidade de alimentos na caatinga / Leonardo César de
Oliveira Melo. – Recife, 2019.
125 f.: il.

Orientador(a): Francisco Anísio Soares.
Coorientador(a): Maria Adélia Bosrtelmann de Oliveira.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de
Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical, Recife, BR-PE, 2019.
Inclui referências.

1. Dieta 2. Sagui - Nascimentos 3. Callitrichidae 4 Sagui - Estacionalidade
5. Sagui - Albinismo I. Soares, Francisco Anísio, orient. II. Oliveira, Maria Adélia

Bosrtelmann de, coorient. III. Título

CDD 636.089

LEONARDO CÉSAR DE OLIVEIRA MELO

“Estratégias ecofisiológicas e comportamentais adotadas por grupos de saguis (*Callithrix jacchus*) periurbanos e selvagens, sujeitos às variações na disponibilidade e na diversidade de alimentos na Caatinga”

Aprovado em 27 de fevereiro de 2019.

Prof. Dr. Anísio Franscisco Soares (DMFA – UFRPE, Orientador)

Prof^a. Dr^a. Maria Adélia Borstelmann de Oliveira (DMFA – UFRPE, Orientadora)

Prof^a. Dr^a. Marleyne José Afonso Accioly Lins Amorim (Titular Interno – UFRPE)

Prof^a. Dr^a. Cristiane Maria Varela de Araújo de Castro (Titular Externo – UFRPE)

Prof. Dr. Valdir Luna da Silva (Titular Externo – UFPE)

Prof^o Dr^o Ednilza Maranhão dos Santos (Titular Externo – UFRPE)

Prof. Dr. Geraldo Jorge Barbosa Moura (Suplente Interno – UFRPE)

Prof^a Dr^a Bruna Martins Bezerra (Suplente Externo - UFPE)

DEDICATÓRIA

“Dona Teresinha, minha mãe, que de uma maneira tão particular, concorreu para que esta etapa fosse vencida, a você dedico.”

PREÂMBULO

Sobre o bioma Caatinga

Caatinga é uma palavra indígena, de origem tupi, que pode ser traduzida como “mata branca”, “mata rala” ou ainda “mata espinhenta”. Nas estiagens, por vezes longas, arbustos e árvores perdem completamente suas folhas, sofrem nanismo e folhas transformam-se em espinhos, o que justifica plenamente as denominações indígenas.

Outro exemplo drástico das adaptações botânicas ao bioma Caatinga são as transformações de raízes e caules de algumas espécies em verdadeiros reservatórios de água. Todos esses são belíssimos exemplos da persistente luta da vegetação pela sobrevivência na Caatinga.

É, portanto, amplamente reconhecido que nenhum bioma brasileiro impõe tanta dificuldade à manutenção da vida quanto a Caatinga, mas a severidade é ainda maior quando se trata da vida animal.

Em decorrência do baixo investimento no estudo e, em consequência do parco conhecimento gerado, considerava-se a fauna da Caatinga pobre em diversidade, em endemismo e em adaptações. Nada mais longe da verdade.

Acreditamos que, com a intensificação das pesquisas no bioma, a fauna da Caatinga vai provar o contrário!

Sobre o sagui-do-nordeste

“Ça-coi” é uma palavra indígena, de origem tupi-guarani que pode ser traduzida como “olhos vivos” ou “olhos atentos”. A olfação e visão aguçadas (visão tricromática, das fêmeas e bicromática na maioria dos machos estudados), a procura atenta por recursos e o forrageio social, decorrente da vida em grupos familiares, justificam essas denominações indígenas.

Identificado por vários nomes na região Nordeste do Brasil (soim, sauim, nico, entre outros), o sagui-do-nordeste está fortemente associado não só a Caatinga, mas a TODOS os demais biomas dessa região brasileira.

O pequeno tamanho corporal (nanismo filético) desse primata, antes de ser uma característica primária ou primitiva, se desenvolveu secundariamente, ou seja, surgiu mais recentemente no seu caminho evolutivo. Essa mudança evoluiu concomitante à gomivoria, as unhas em forma de garras, a dentição especializada em escarificar troncos,

a parição gemelar, o padrão de acasalamento, o sistema social, à proficuidade reprodutiva e, claro, à resiliência.

Devido à sua natural abundância e alta resistência (somado aos outros atributos eco fisiológicos), ainda que levados ou não pelas mãos humanas, os saguis estão se estabelecendo nos demais recantos do nosso imenso e diverso país. No passado, sem os rigores das leis de proteção ambiental, os saguis-do-nordeste foram levados e estabeleceram-se em colônias reprodutivas em centros de pesquisas e laboratórios de todos os continentes do nosso planeta. Na atualidade, o uso desses animais em experimentos diversos vem se intensificando, e ele vem se tornando um modelo experimental de excelência nas pesquisas (particularmente na neurociência) que utilizam tecnologias de ponta, como a clonagem, por exemplo.

Estudá-lo, compreender melhor suas adaptações, inclusive aquelas relacionadas à nutrição, visando conservação e preservação, nunca foi tão necessário e urgente!

AGRADECIMENTOS

Ao Eterno-Pai, por sempre permitir recomeçar...

À Maria Adélia Borstelmann de Oliveira - D'. Minha mãe acadêmica e espiritual, minha amiga, meu ancoradouro ético, moral e científico. Delinha, tu és a minha vida e este trabalho é teu!

Aqui, muito especialmente, quero poder agradecer a duas pessoas que são meus “ancoradouros domésticos”. Dona Teresinha Santino – a senhora MINHA MÃE, simplesmente. Agradeço também ao meu COMPANHEIRO de há 24 anos, Ednaldo Picchetto - o “Gordo”. Obrigado por sempre me garantir o conforto do melhor abraço.

Ao Coordenador do PPGCAT e orientador Anísio Francisco Soares, pelo incontestável apoio e encorajamento. Muito obrigado, “profo”.

Ao professor Dr. Fabrício de Sá Bezerra, pelas valiosíssimas colaborações e oportunidade de aprendizado concedidas.

À minha “amiga-irmã” Marina Rodrigues Falcão, pela incondicionalidade do “Dar-se”. Nem imaginas como fostes decisiva neste processo. Como te tornastes fundamental na minha vida. Muito obrigado!

À Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia – FACEPE, pela concessão da bolsa.

Aos incríveis “novos” amigos do Japão (Misa, Mijo, Ume, Vanessa Gris e Rafaela Sayuri), todos da Seção de Biologia Molecular e CICASP - Primate Research Institute, Kyoto University. Também, de um modo especial, quero registrar a minha profunda

gratidão aos meus tenros e nobres orientadores, o Professor Dr. Hiroo Imai e o Professor Dr. Takashi Hayakawa.

Ao meu amigo Professor Valdir Luna - Tchurururu... Proffo, obrigado pela força lá no Japão. Admito que seria bem complicado se não estivesses comigo naquela oportunidade.

A TODOS do Laboratório de Ecofisiologia e Comportamento Animal - ECA, que de alguma forma, tiveram participação neste processo de doutoramento.

Enfim, o aspecto multidisciplinar deste trabalho propiciou-me desafios diversos. Mas também me trouxe a consciência de outros tantos que se me apresentam neste momento. Mas aqui acredito que conseguimos. FELIZMENTE!

Reitero, entretanto, que sozinho não conseguiria.

A todos vocês,

Gratíssimo!

Resumo

O sagui-do-Nordeste (*Callithrix jacchus*) é um primata que, em contraste com as demais espécies de primatas, atua como colonizador de ambientes, dado à sua plasticidade ecológica. Em pelo menos três décadas numerosos estudos de campo têm sido realizados com a espécie, versando quase sempre sobre aspectos de sua ecologia e comportamento. Todavia, essa base inestimável de dados científicos se concentra, primordialmente, aos grupos e populações de ocorrência restrita a ambientes méxicos de Mata Atlântica. Numerosas lacunas a respeito da vida desses mesmos animais em ambientes xerófitos, como as Caatingas, estão por ser preenchidos. Há forte indícios que sustentam a hipótese de ter sido em um cenário como a Caatinga, com toda a sua severidade ambiental, que o sagui-do-Nordeste teria desenvolvido, em termos evolutivos, o conjunto de estratégias ecofisiológicas e comportamentais, para sobreviver às intempéries e, de lá se irradiar para outros ambientes. Durante contínuos 27 meses, seis grupos, multi-machos, multi-fêmeas, com uma média de nove indivíduos foram monitorados, durante 8 horas/dia, três dias por semana. Na oportunidade procederam-se capturas para a identificação individual e, em um caso, para a coleta de amostras biológicas em indivíduos que apresentavam anomalias genéticas (albinismo). Mais de cinco mil registros de dados comportamentais (sociais afiliativos, individuais e agonísticos) foram coletados. O capítulo inicial (Cap. 1) faz uma revisão sobre *C. jacchus* e o bioma Caatinga. Os resultados em termos de estratégias reprodutivas, foca aspectos relacionados à periodicidade de nascimentos face a estacionalidade climática (Capítulo 2), revelando que os grupos de ambiente xéricos mantiveram-se reprodutivamente ativos em ambos os períodos estacionais, tal como observado nos grupos de ambiente méxicos. Com relação à alimentação, os grupos mostraram-se *oportunistas* e *generalistas*, embora fortemente *gomívoros*, com percentuais de consumo de goma em torno de 50% para ambas as estações climáticas. O capítulo 3 traz um detalhe inédito de um registro de predação e consumo, que discute as estratégias de conservação de energia adotadas pelo animal; enquanto o capítulo 4 relata um outro caso anedótico de consumo de um vegetal exótico da produção agrícola local, indicativo da versatilidade desses pequenos primatas. Como resposta às pressões ambientais somadas aos efeitos antropogênicos a que esses animais estiveram expostos na Caatinga – isolamento e restrição de habitat principalmente – o capítulo 5 relata os primeiros registros de múltiplos nascimentos de dúades 50% e 100% albinas e o capítulo 6 discorre a respeito das interações sociais e dos aspectos clínico-patológicos desses eventos de albinismo. Por fim, assume-se que as pressões e restrições ambientais observadas na Caatinga, além de servirem para potencializar o desenvolvimento de habilidades de sobrevivência no ambiente de Caatinga e favorecer a irradiação adaptativa e dispersão do sagui-do-Nordeste, aportou informações surpreendentes que abrem novas fronteiras na compreensão das intrincadas relações ecológicas e caminhos evolutivos trilhados pelos primatas neotropicais.

Palavras-chaves: Dieta, Nascimentos, Callitrichidae, Estacionalidade, Albinismo.

Abstract

The Northeastern common marmoset *Callithrix jacchus* is a primate that, in contrast to other species of primates, acts as a colonizer of environments, given its ecological plasticity. In at least three decades numerous field studies have been carried out with the species, dealing almost always with aspects of its ecology and behavior. However, this invaluable basis of scientific data is primarily concentrated in groups and populations that are restricted to Atlantic Mata mesic environments. Numerous gaps in the lives of these same animals in xerophytic environments, such as Caatingas, are yet to be filled. There is strong evidence to support the hypothesis that it was in a scenario like the Caatinga, with all its environmental severity, that the Northeast had developed, in evolutionary terms, the set of ecophysiological and behavioral strategies to survive the inclement weather and from there radiate to other environments. During continuous 27 months, six multi-males, multi-females, with a mean of nine subjects were monitored for 8 hours / day, three days per week. On the occasion, catches were taken for individual identification and, in one case, for the collection of biological samples in individuals with genetic abnormalities (albinism). More than five thousand records of behavioral data (social affiliative, individual and agonistic) were collected. The initial chapter (Chapter 1) reviews *C. jacchus* and the Caatinga biome. The results in terms of reproductive strategies focus on aspects related to the periodicity of births in relation to climatic seasonality (Chapter 2), revealing that the xeric environment groups remained reproductively active in both seasonal periods, as observed in the groups of mesic environment. Regarding food, the groups were opportunistic and generalist, although strongly gomivorous, with gum consumption percentages around 50% for both climatic seasons. Chapter 3 presents an unprecedented detail of a predation and consumption record, which discusses the energy conservation strategies adopted by the animal; while Chapter 4 reports another anecdotal case of consumption of an exotic vegetable of local agricultural production, indicative of the versatility of these little primates. Chapter 5 reports the first records of multiple births of 50% and 100% albino dyads, and chapter 6 discusses the environmental impact of these animals, social interactions and clinical-pathological aspects of these albinism events. Finally, it is assumed that the environmental pressures and restrictions observed in the Caatinga, besides serving to enhance the development of survival skills in the Caatinga environment and to promote the adaptive irradiation and dispersion of the Northeastern, provided surprising information that opens new frontiers in understanding the intricate ecological relationships and evolutionary paths traced by Neotropical primates.

Key words: Diet, births, Callitrichidae, seasonality and albinism.

Lista de Figuras

Capítulo II

Figura 1. Mapas representativos do Brasil, ressaltando o mapa de Pernambuco e nele, os mapas dos municípios de Sertânia (A) e Buíque (B) – área do presente estudo.....58

Figura 2. Climograma do Município de Buíque – PE, ao longo do período de coleta de dados, entre 2004 e 2007.59

Figura 3. Carta-imagem do Município de Arcoverde, mostrando os limites entre os municípios de Sertânia e Buíque (Pernambuco, Brasil), e os pontos de ocorrência dos cinco grupos de saguis monitorados (círculos numerados) entre 2004 e 2007.....61

Figura 4. Número de nascimentos registrados nos cinco grupos periurbanos (A) observados entre 2004 e 2007, e dois grupos selvagens (B) observados entre 2006 e 2007, no município de Buíque, Pernambuco, Brasil.....66

Capítulo III

Figura 1. Predation event by a dominant female Common marmoset (*Callithrix jacchus*) on an adult male Lava lizard (*Tropidurus hispidus*). (A) Head-first consumption, in typical marmoset fashion. (B) The marmoset pulls out the large intestine using her mouth. (C) She discards the intestine using her right hand.....79

Capítulo IV

Figura 1. Adult and juvenile of <i>Callithrix jacchus</i> eating <i>Opuntia ficus indica</i> (a e b).....	82
Figura 2. Study area - A. Sertânia, B. Buíque, Pernambuco, Brazil.	83
Figura 3. Consumption of <i>Opuntia ficus indica</i> by <i>Callithrix jacchus</i> between dry and rainy seasons in Caatinga Biome.....	85

Capítulo V

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo (A. Sertânia. B. Buíque).....	92
Figura 2. Albino de <i>Callithrix jacchus</i> – macho juvenil de pele e rosto rosado.....	95

Capítulo VI

Figura 1. Study area - A. Sertânia, B. Buíque, Pernambuco, Brazil.....	105
Figura 2. A juvenile male albino <i>Callithrix jacchus</i> from Pernambuco.	107
Figura 3. a: A juvenile male albino <i>Callithrix jacchus</i> presenting bilateral convergent strabismus; b: The twin female presenting normally pigmented iris.....	107
Figura 4. a: Erythematous lesions reaching entire free border of the ear with a brown hyperchromic lenticular lesion at the upper part; and b: Erythematous lesions at the dorsal portion in the middle third part of the tail, from an albino <i>Callithrix jacchus</i>	108

Lista de Tabelas

Capítulo V

Tabela I. Variações na composição de grupo (número de indivíduos) e no tamanho das áreas de uso em hectares, utilizando 95% dos pontos, nos anos de 2004 a 2007.....65

Sumário

Preâmbulo

Agradecimentos

VI

Resumo	VIII
Abstract	IX
Lista de Figuras	X
Lista de Tabelas	XII

Capítulo I

1. Introdução	17
2. Revisão de Literatura	19
2.1 Sagui-do-Nordeste: uma primata ímpar na taxonomia e nas dissimilaridades biológicas.	19
2.2 Sagui-do-Nordeste: uma primata ímpar na resistência e na versatilidade ecológica.	21
2.3 Sagui-do-Nordeste: uma primata ímpar na dinâmica social e na flexibilidade comportamental.	22
2.4 Sagui-do-Nordeste: uma primata ímpar na superação das restrições dietéticas impostas ou não pela estacionalidade.	25
2.5 Bioma Caatinga: o melhor cenário para o surgimento da resiliência de <i>Callithrix jacchus</i> .	28
3. Objetivos	33
3.1 Objetivo Geral	33
3.2 Objetivos Específicos	33
4. Referências Bibliográficas	34

CAPÍTULO II

Estabilidade de grupos periurbanos e selvagens de *Callithrix jacchus* no Bioma Caatinga

Introdução	54
Material e Métodos	57

Área de estudo.....	57
Dados climáticos.....	58
Grupos periurbanos e selvagens de saguis e suas respectivas áreas de uso.....	59
Coleta de dados comportamentais	62
Classificação sexo-etária.....	62
Análise dos dados.....	62
Resultados.....	63
Composição dos grupos periurbanos e selvagens	63
Periodicidade dos nascimentos.....	65
Discussão.....	67
Sobre a disponibilidade de alimento em função da estacionalidade.....	67
Sobre a variação na composição e no tamanho dos grupos em função da estacionalidade.	68
Sobre o sistema de acasalamento	72
Referências Bibliográficas.....	73

CAPÍTULO III

The Lava lizard *Tropidurus hispidus* (Wied, 1820) as prey of a Common marmoset (*Callithrix jacchus*) in the Brazilian Caatinga: a strategy for energy conservation?

Short article.....	78
---------------------------	-----------

CAPÍTULO IV

Consumption of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., Cactaceae, by common marmosets (*Callithrix jacchus*) in Northeastern Dry Forest, Brazil

Short article	82
References	86

CAPÍTULO V

Nascimentos recorrentes de díades 50% e 100% albinas de *Callithrix jacchus* no bioma Caatinga, Pernambuco, Brasil

Introdução	90
Materiais e Métodos	82
Descrição da área.....	92
Coleta de dados.....	93
Resultados	93
Descrição dos tipos	94
Discussão	95
Referências Bibliográficas	97

CAPÍTULO VI

Leucism in common marmoset (*Callithrix jacchus*) in Pernambuco, Brazil: clinical-pathological profile

Abstract	104
Introduction	104
Material and Methods	105
Results	106
Physical description	106
Ocular Description.....	107
Histopathological Findings.....	108
Discussion	108
Conclusion	111
References	111

CAPÍTULO VII

Conclusões.....	118
-----------------	-----

Desdobramentos.....	120
---------------------	-----

CAPÍTULO I

1. Introdução

O bioma Caatinga é um mosaico de arbustos espinhosos e florestas sazonalmente secas que cobre a maior parte dos estados da região Nordeste (Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia) e uma parte do nordeste do estado de Minas Gerais, no vale do rio Jequitinhonha, estendendo-se por cerca de 735.000km, ou seja, cerca de 10% do território do Brasil (Ab' Sáber, 2003; Melo & Andrade, 2007; Santos et al., 2011). Schwinning & Sala (2004) relevam a existência de uma marcada flutuação na biodisponibilidade de recursos biológicos no semiárido, prioritariamente da água, mas também nutrientes do solo e da biomassa das plantas, com repercussões nos processos adaptativos e na plasticidade ambiental dos organismos que habitam a Caatinga. Essa flutuação, como pontuam Kobbe & Dausmann (2009), configura-se um desafio a ser superado diariamente pelos animais estabelecidos nesse cenário, especialmente durante as estiagens prolongadas.

Foi justamente nesse ambiente árduo e imprevisível que o sagui-do-Nordeste – *Callithrix jacchus* – encontrou as dificuldades necessárias para o desenvolvimento extremo de sua principal habilidade, um verdadeiro “kit de sobrevivência” chamado gomivoria. As dificuldades da vida no bioma Caatinga, longe de atuarem como barreiras para sua evolução, ao que parece, funcionaram como trampolins para alçar os saguis ao topo das especializações fundamentais para a vida no semiárido. Esse *kit* envolve mudanças na conformação do crânio e na arcada dentária (Vinyard et al., 2009; Thompson, et al., 2014), que atinge não apenas os ossos, mas a musculatura, várias glândulas e seus hormônios e também a massa encefálica. Sim, porque escarificar o tronco é apenas o primeiro degrau de uma longa escadaria. As gomas que exsudam do trabalho dos dentes especializados dos saguis (Coimbra-Filho, 1972; Rylands, 1984 e Thompson et al., 2012), não são consumidas imediatamente, então marcá-las (Rylands, 1985; Bottemberg et al, 2018) e ter um bom mapa mental para encontrá-las (Ferrari, 1986) no tempo certo, exige um mecanismo cognitivo especializado que também faz parte do *kit*. O pequeno tamanho dos primatas da família Callitrichidae, entre outras características que tipificam o nanismo filético (Rylands, 1993), também podem ser explicadas por

pressões como aquela que foi submetida a esta espécie durante sua evolução nesse ambiente.

Foi considerando o potencial desse bioma como cenário para a evolução e especialização das características supracitadas, somada à carência de informações ecológicas e comportamentais sobre as populações de sagui-do-nordeste na Caatinga que se planejou o presente estudo. Considerou-se a necessidade de incluir entre os dados a serem buscados nessa pesquisa, questões básicas da vida em grupo, como o tamanho, a composição sexo-etária e a hierarquia da estrutura social, até questões mais elaboradas como a defesa e uso da área domiciliar, o orçamento de atividade, as estratégias dietéticas, a dinâmica reprodutiva e a periodicidade de nascimentos, em face da estacionalidade climática. Mas o que se revelou foi muito mais do que o que tinha sido previamente planejado.

O longo tempo de coleta, a duração das observações sistemáticas possibilitou o deparar-se com respostas quanto à fluutuabilidade da população na Caatinga. Nascimentos, mortes, dispersões, curtas rotas migratórias marcadas pelas intempéries, foram monitoradas e compõem o segundo capítulo dessa tese, que segue este primeiro capítulo de revisão sobre a espécie e o bioma. Na sequência as estratégias alimentares, ampliadas pela plasticidade ambiental da espécie que possibilita a sua sobrevivência em áreas antropizadas, são mostradas nos capítulos 3 e 4. Para todo o escopo da tese denominaram-se “grupos periurbanos de saguis” - aqueles cuja área domiciliar abarcava parte das áreas residenciais ou de cultivo e criação das populações humanas; para se contrapor aos denominados “grupos selvagens”, os quais não guardavam contato algum com os seres humanos. O capítulo 3 corresponde ao artigo publicado recentemente na revista científica *Herpetology Notes*, no qual os detalhes da predação de um lagarto por parte da fêmea dominante de um dos grupos de saguis monitorados, é avaliado à luz das teorias de otimização do forrageio e da conservação de energia. O quarto capítulo remete o leitor a vislumbrar as idiosincrasias do animal e do meio em que ele se insere. Mostra a peculiaridade de incluir a palma forrageira - cactácea modificada pelo homem para servir de alimento para o gado, na dieta desse pequeno primata, e foi formatado seguindo as instruções da revista japonesa “*Primates*”. Casos improváveis para o ambiente xerófito, de eventos recorrentes de albinismo parcial, atualmente denominado de leucismo, são os temas dos dois últimos artigos dessa tese. Considerando a rapidez com que a Caatinga vem sendo degradada pelas intervenções humanas, se aventa a hipótese de que o

isolamento e a fragmentação da vegetação, típica da Caatinga, vem afetando o mais resiliente e plástico dos primatas neotropicais. O sagui-do-Nordeste (*Callithrix jacchus*) que é considerado um “invasor” nos locais para onde a mão do homem o levou para fora da área original de endemismo, sofre mutações que, se em outros ambientes poderiam o tornar mais vulnerável, no semiárido, o condena a ser alvo fácil de predação e o fragiliza com a redução da acuidade visual, característica algumas vezes comuns aos animais leucísticos. Ao todo oito registros de saguis albinos, dos quais quatro acompanhados ao longo do tempo de estudo, são mostrados no capítulo 5, que ressalta os nascimentos de díades em que 50% e 100% dos nascimentos eram casos de leucismo. O sexto e último capítulo resultou do único esforço de intervenção sobre os grupos de saguis estudados, cujo intuito foi capturar uma díade 50% albina. Amostras de pele foram coletadas para serem posteriormente submetidas a análises histopatológicas e exames oftalmológicos foram realizados nos irmãos gêmeos (macho albino e fêmea com o padrão de pelagem típico da espécie) para aprofundar o conhecimento desse fenômeno improvável de surgimento e sobrevivência de saguis albinos no bioma Caatinga. São raros os casos de albinismo entre primatas neotropicais e este constitui o primeiro registro em *Callithrix jacchus*.

Com um olhar arguto sobre as pressões e restrições geradas pelas intervenções humanas, no limite entre os municípios de Sertânia e Buíque, no Sertão pernambucano, foi possível vislumbrar oportunidades e dificuldades de sobrevivência impostas ao *Callithrix jacchus*. Nesta tese se revela tão somente um “pisar de olhos” da luta diária desse sertanejo que (parafraseando Euclides da Cunha, 1902) mostrou-se ser, antes de tudo, um forte.

2. Revisão de Literatura

2.1 Sagui-do-Nordeste: uma primata ímpar na taxonomia e nas dissimilaridades biológicas.

A família Callitrichidae é atualmente composta pelos gêneros *Callithrix*, *Saguinus*, *Cebuella*, *Leontopithecus*, *Callimico* e *Mico* (Rylands et al., 2000 e 2009). Estes primatas platirrinos são parte componente dos denominados Primatas do Novo Mundo ou Neotropicais – um grupo diverso composto por mais de uma centena de espécies distribuídos nos mais variados ecossistemas florestais da região neotropical, que inclui o Brasil e demais países das Américas do Sul e Central (Fleagle 1999; Reis et al., 2011).

Genericamente, a maioria dos representantes dessa família apresenta dissimilaridades biológicas e comportamentais, a exemplo da ausência de dimorfismo sexual (Kleiman 1977) e parição gemelar dizigótica, embora ausente no gênero *Callimico* (Goldizen 1990; Digby et al., 2011). A proficuidade reprodutiva é outra importante característica comum nesta família, o que muitas vezes, possibilita que fêmeas reprodutoras gerem simultaneamente novas proles enquanto amamentam seus filhotes ainda dependentes (Kleiman 1977; Abbott et al., 1998). Relevam-se também como notáveis aspectos que respondem o sucesso irradiativo dos calitriquídeos, como aqueles de ordem fisiológica e comportamental intrínsecos das relações subordinação e supressão reprodutiva observada entre fêmeas reprodutoras e fêmeas não reprodutoras, aparentadas ou não (Abbott et al. 1998, French 1997, Faulkes et al., 2009; Digby et al., 2011). Este fato, afirma Rylands (1996), propicia, por outro lado, a existência de um contingente de indivíduos adultos “não reprodutivos”, na maioria dos grupos, condição fundamental ao atendimento da demanda por cuidadores de proles tão presente entre os grupos - ideia esta, convergente com os pressupostos levantados por Yamamoto & Box (1997); Yamamoto et al. (2009) e Digby et al., (2011).

Em termos da morfologia externa, como não citar a ausência ou atrofia do terceiro molar, a órbita ocular presa ao crânio, a presença de unhas em forma de garras (com exceção do hálux) – fundamental para conferir, aos calitriquídeos habilidades para escalar troncos e galhos no alto das árvores em busca de alimento (Stevenson & Rylands, 1988; Pastorini et al., 1998; Digby et al., 2011). Na família Callitrichidae as massas corpóreas atingidas pelos adultos variam entre 100g em *Cebuella* a 800g em *Leontopithecus*

(Rylands 1984; Coimbra-Filho & Mittermeier 1973). Todavia, é importante frisar aqui que a existência de variações morfológicas entre os vários gêneros dessa família, subsidiam significativas diferenças ecológicas, com uma diversidade de nichos alimentares e padrões dietéticos que incluem a insetivoria, a gomivoria, a frugivoria, a folivoria e a fungivoria (Rosenberger, 1992; Porter et al., 2009; Vinyard et al., 2009; Hilário & Ferrari, 2010).

2.2 Sagui-do-Nordeste: uma primata ímpar na resistência e na versatilidade ecológica.

Ecologicamente falando, esses pequenos primatas são considerados “colonizadores de ambientes” (Ferrari 1986) e sob este aspecto, a espécie *Callithrix jacchus* – (sagui-do-Nordeste), destaca-se por sua versatilidade ambiental (Rylands et al., 1993) sendo provavelmente o único primata brasileiro que não pode ser classificado como um especialista de habitat - uma das principais causas da ameaça de extinção da maioria das espécies de primatas do Brasil. Na realidade o sagui-do-Nordeste é por excelência um “generalista” quando se trata de escolha de habitat. Originalmente era encontrado nos ecossistemas do nordeste brasileiro, o qual se estendem da costa ao interior, habitando as vegetações de mangues, restingas, dunas, as matas úmidas e secas, se adentrando pelos enclaves sertanejos do bioma Mata Atlântica (a exemplo dos chamados “brejos de altitude”), ocupando os ecótonos agrestinos e todos os tipos de vegetações típicas do rico mosaico heterogêneo que caracteriza o bioma Caatinga (Monteiro da Cruz, 1998). Contudo, a lista de habitats utilizados por essa espécie é muito mais ampla, haja vista que em plantios agrícolas, parques, praças públicas, quintais de fruteiras ou mesmo zonas urbanizadas, tanto dentro, quanto fora de sua área de endemismo, também é possível encontrá-los. Sobre esta afirmativa Nicolaevsky (2011) ressalta a presença de grupos estabilizados de *Callithrix jacchus* fora de sua distribuição original no nordeste brasileiro, do sul da Bahia ao Estado de Santa Catarina, e de seu potencial para ultrapassar os limites geográficos da região sul do País.

Em pelo menos três décadas, numerosos estudos têm sido realizados com primatas em ambientes de Mata Atlântica (Coimbra-Filho 1971; Ferrari 1988; Alonso & Langguth 1989; Ferrari & Lopes Ferrari 1989) e no Estado de Pernambuco (Melo et al., 1997; Monteiro da Cruz 1998; Melo 2001; Valença 2002 e Valle 2003). Sua plasticidade ecológica e ambiental tem lhes conferido o *status* de “Nordestino mais famoso do Brasil” (com. pess. Monteiro da Cruz) e, embora Mendes Pontes et al., (2007), atentem para

eventos de rarefação local de grupos e populações como decorrência dos efeitos antropogênicos e suas implicações nas dinâmicas reprodutivas e de organização social desses grupos, os trabalhos ressaltam que somada à plasticidade ecológica, essa espécie exibe preferência por matas secundárias e florestas em processo de regeneração natural ou ainda ambientes de borda (Garber *et al.*, 1993; Rylands e Faria 1993; Mendes-Pontes & Monteiro da Cruz 1995). Em alguns desses estudos, são apontados aspectos como a sazonalidade ou o padrão de frutificação e dispersão de espécies pioneiras como alguns dos fatores que contribuem para o estabelecimento de grupos e de populações de *C. jacchus* nessas áreas (Terborgh 1983; Rylands 1986). A despeito disto Opler *et al.*, (1980) ressalta aspectos da fitofisionomia e florística dos ambientes florestados e destacam a existência de um expressivo número de espécies vegetais caracteristicamente colonizadoras, as quais, além de apresentarem altas densidades e ocorrerem nas bordas das matas, produzem frutos pequenos durante praticamente todo o ano que são, em geral, dispersos por pequenos consumidores. Adicionalmente, outros estudos sugerem que nos ambientes de borda há uma relativa abundância sazonal de presas diversas, a exemplo de insetos e pequenos vertebrados, que justificariam a preferência do *Callithrix jacchus* por esses ambientes (Terborgh & Stern 1987; Ferrari 1988; Rylands 1996, Modesto & Bergallo 2008). Aliás, Odum (1985) afirma que a diversidade da biota nas áreas de ecótone, tanto em número de espécies quanto em densidade populacional de alguns grupos taxonômicos, é superior àquela encontrada nas áreas naturais não impactadas, fato este, característico do chamado “efeito de borda”. Nessa diversidade vegetal em que abundam, ao longo de todos os meses do ano, muitas flores com seus néctares e os pequenos frutos dos arbustos que colonizam os ecótonos, uma miríade de insetos e pequenos vertebrados são atraídos, o que se configura como um critério importante na hora de eleição de área por parte desse pequeno primata generalista – o *C. jacchus*.

2.3 Sagui-do-Nordeste: uma primata ímpar na dinâmica social e na flexibilidade comportamental.

Estruturalmente grupos de *Callithrix jacchus* vivem em unidades sociais denominadas “famílias nucleares” ou “famílias expandidas” podendo conter de 3 a 15 indivíduos (Digby 1995). Quando mantidos em grupos multi-machos e multi-fêmeas, dificilmente conseguem se arranjar na forma de casais estáveis, pois mostram-se quase sempre intolerantes aos conspecíficos não aparentados do mesmo sexo. É sob a condição de casais mantidos em recintos separados que mais facilmente se constata o alto grau de

proficuidade da espécie em cativeiro e logo, uma família nuclear (exclusivamente formada por membros aparentados) se forma, com a sobreposição de várias proles.

Para Rosemberger (1977) as variações observadas no modo de organização social e nas estratégias reprodutivas teriam suscitado uma expressiva atenção sobre os representantes da família Callitrichidae. Inicialmente se supunha que os calitriquídeos formavam grupos monogâmicos, entretanto, posteriormente, a partir de estudos de campo de longa duração, foram sendo identificados sistemas sociais mais flexíveis, e um inesperado alto grau de “turnover” dos membros dos grupos, trazendo como consequência, padrões de acasalamento mais variáveis (Monteiro da Cruz, 1995).

Muitos estudiosos de campo concordam que os momentos propícios para a confirmação de prováveis mudanças na composição dos grupos são aqueles em que os animais se recolhem ao local de pernoite, ou seja, desde o término das atividades de um determinado dia até o início das atividades do dia seguinte (Scanlon et al., 1988; Cabral 1989; Peres 2000; Camarotti & Monteiro da Cruz 1997 e Monteiro da Cruz 1998). O movimento frequente de indivíduos entre grupos vizinhos (“turnover”), citado por Monteiro da Cruz (1998) para *Callithrix jacchus*, foram também reportados por Neyman (1977) para *Saguinus oedipus*, por Terborgh & Goldizen (1985) e Goldizen (1987) para *Saguinus fuscicollis* e por Ferrari (1988), para *Callithrix flaviceps*. Estes dados motivaram Ferrari & Lopes Ferrari (1989) a reavaliarem a organização social da família Callitrichidae, com ênfase nas diferenças ecológicas entre os gêneros. De acordo com Dawson (1977) esse “turnover” seria importante para a renovação da carga genética intragrupo. Por outro lado, quando a frequência dessa troca de indivíduos entre grupos sofre redução drástica, as consequências podem seguir caminhos opostos ao da renovação genética, como pontua Melo et al., em artigo em preparação e referente ao quinto capítulo da presente tese. Nesse artigo, grupos de saguis mantidos sob condição de restrição de habitat e isolamento, acabam favorecendo os atípicos efeitos da segregação genética (endogamia). No ambiente xerófito do bioma Caatinga foram registradas quatro parições, das quais 50% e 100% das díades foram albinas.

Ainda a respeito de sistemas reprodutivos em calitriquídeos, Monteiro da Cruz (1998) pontua importantes trabalhos que propunham a existência de um padrão monogâmico para os gêneros dessa família. Justificativas para a monogamia se apoiam no fato da inexistência de dimorfismo sexual e noutros aspectos de ordens comportamental e fisiológica (Kleiman 1977; Harrison e Tardif 1989). Outros argumentos levantados em favor da monogamia são: o sucesso da formação exclusiva de

casais em cativeiro (Evans e Poole 1984), a presença do pai como importante cuidador dos filhos dependentes (Yamamoto & Box 1997), a hostilidade intrasexual a estranhos conspecíficos (Araújo 1996) e a permanência dos jovens adultos no grupo sem o “status reprodutor” mesmo após terem alcançado a maturidade sexual (Stevenson & Rylands 1988).

A monogamia, sendo ou não considerada um artefato do cativeiro para *C. jacchus*, é um padrão imprescindível para o sucesso reprodutivo de grupos cativos. No entanto, longe de ser reconhecida como uma vantagem adaptativa, a monogamia tem sido recentemente associada ao risco de extinção (VEJA 2019). Risco que, apesar da interpretação de alguns pesquisadores (Mendes Pontes et al. 2007) tem sido amplamente desconsiderado pelos órgãos oficiais de conservação nacional (Valença-Montenegro et al. 2012) e internacional (IUCN 2018).

Discutindo estabilidade socio-sexual, Hilário & Ferrari (2010) ressaltaram a adequação de *C. flaviceps* para vários sistemas tais como, a própria monogamia e a poliginia e concluem que, junto com a poliandria (Rylands 1996) os eventos de supressão de ovulação das fêmeas subordinadas pela fêmea dominante na natureza podem ser superados. Monteiro da Cruz (1998), monitorou por mais de quatro anos uma população de vida livre de *Callithrix jacchus*, na qual foram observadas toda gama de sistemas de acasalamento, porém com a manutenção do sistema comunitário de criação dos filhotes (communal breeding system). Verificou que as composições e o número de indivíduos eram tão variáveis dentro das classes de idade e sexo, que preferiu utilizar o termo “famílias estendidas” proposto por Stevenson & Rylands (1988), e confirmado posteriormente por Abbott et al. (1998).

Na natureza o padrão obedecido pelos pequenos calitriquídeos mostra-se ser aquele que mais se harmoniza com os contextos ecológicos e sociais do momento vivenciado pelo grupo. Portanto, padrões sociais mutantes no espaço e no tempo.

Em função dessas observações e apoiada noutros estudos, Monteiro da Cruz (1998) reúne um conjunto de proposições sobre a dinâmica socio-sexual de *C. jacchus*: (i) os machos estão geralmente em número maior do que as fêmeas (Dawson 1977; Garber 1984); (ii) a taxa de dispersão é consideravelmente mais alta do que a esperada para uma espécie monogâmica (Sussman e Kinzey 1984); (iii) a criação dos jovens é igualmente realizada pelos machos subordinados e sem “status” reprodutor (Rylands 1986) e (iv) a fêmea reprodutora do grupo copula com outros machos que não apenas o dominante de seu grupo (Rylands 1986; Terborgh e Goldizen 1985; Goldizen 1987). Além desses,

outros fatores podem se somar aos demais e influenciar a razão sócio-sexual dos grupos. São eles: (v) a razão sexual entre filhotes nascidos/viabilizados no grupo; (vi) a história de vida dos seus componentes, incluindo os dispersores e os que foram aceitos e se estabilizaram nos grupos; e finalmente, a história do próprio grupo como unidade social.

Há ainda uma linha de trabalhos que sugerem o “Optimal Skew Model (OSM)”, modelo no qual ocorreria uma “concessão” ao sucesso reprodutivo de fêmeas subordinadas por parte de fêmeas reprodutoras, em troca de cooperação no cuidado à prole (Emlen 1991). Todavia Clutton-Brock (1998) e Clutton-Brock et al. (2001) sugerem que o que explicaria a baixa frequência de reprodução observada nas fêmeas subordinadas estaria relacionada à falta de machos não aparentados disponíveis. Em função disso ele sugere o “Limited Control Model (LCM)”, no qual fêmeas subordinadas tendem a se reproduzir quando os grupos contêm machos não aparentados a elas. O controle dominante é reduzido e os benefícios de manter um subordinado excedem os custos de ter um melhor criador. Por fim, independente do modelo, o foco hoje ressalta a necessidade dos ajudantes. Sua presença nos grupos de vida livre é um fator da altíssima importância na viabilidade e sobrevivência dos filhotes da(s) fêmea(s) dominante(s) (Yamamoto, 1993 e Yamamoto et al., 2009). Analisadas conjuntamente estas características são decisivas para a compreensão de como se dá a estabilização dos grupos e, conseqüentemente das populações desses primatas na natureza.

É sabido que na natureza outros mamíferos exibem o cuidado cooperativo e as vantagens vêm quase sempre, na forma de aumento de sua aptidão abrangente, na obtenção de experiência nas atividades relacionadas ao cuidado de filhotes e no retardo da dispersão de seu grupo original (Stacey & Koenig 1990). Embora isto seja esperado para *Callithrix jacchus* (Epple 1975) e tem sido observado para ele e para outras espécies do gênero, o mesmo não tem sido observado para o gênero *Saguinus*, por exemplo.

2.4 Saguí-do-Nordeste: uma primata ímpar na superação das restrições dietéticas impostas ou não pela estacionalidade.

Nos diferentes ecossistemas em que os saguis podem ser encontrados, enquanto o hábito diurno e o padrão bimodal de atividade se mantém, a dieta pode variar amplamente. Diversos autores propõem classificações dietéticas que vão desde o padrão onívoro,

passando por frugívoro-insetívoro e exsudatívoro ou gomívoro-insetívoro (Garber 1984; Ferrari & Lopes Ferrari 1989; Alonso & Langguth 1989, Ferrari 1986). A forma como *C. jacchus* obtém seus diferentes recursos alimentares encontra-se muito bem descrita em Stevenson & Poole (1976); Coimbra-Filho (1976); Rylands (1981 e 1982) e Scanlon et al., (1991). Entretanto, observa-se a existência de lacunas de informações quando se trata do consumo dos produtos elaborados produzidos pelas plantas em resposta à herbivoria - os chamados metabólitos secundários (Wrangham & Waterman 1980). Em se falando de gomivoria, alguns estudos discutem a possibilidade de uma relação estreita entre a seletividade do recurso goma e o taxa da planta (Charles-Dominique 1977; Wrangham & Waterman 1980), embora pouco se tenha avançado nesta direção. Todavia, Francisco et al., (2016), demonstrou que saguis conseguem intensificar a produção de gomas em determinada espécie vegetal, corroborando a afirmativa do Ferrari (1986) que revelou os aspectos colonizador e extrativista dos saguis.

Nos estudos realizados nos ecossistemas do bioma Mata Atlântica (manguezal, restinga, brejo de altitude e matas úmida, seca, primária, secundária entre outros) a dieta de *C. jacchus* é composta por uma variedade de itens alimentares incluindo, flores, frutos, artrópodes e pequenos vertebrados, além de exsudato de árvores gomíferas (Sussman & Kinzey 1984; Stevenson & Rylands 1988; Alonso & Langguth 1989; Rylands & Faria 1993; Silva & Monteiro da Cruz 1993; Castro 2003; Castro et al. 2003; Veríssimo 2007; Digby et al. 2011; Silva et al, 2010; Silva et al, 2011; Albuquerque et al, 2012; Veríssimo et al. 2012). Todavia, poucos são os estudos de média e longa duração na Caatinga (Cutrim, 2007; Martins 2007; Ribeiro 2007; Ferreira et al. 2009; Amora 2013).

Ferrari (1996) sugere que devido às suas características nutricionais, os frutos são o item dietético preferido pelos saguis. No entanto, o fato da maioria dos frutos serem sazonais, impossibilita que eles chegam os recurso-chave desses animais, principalmente em regiões em que a disponibilidade e diversidade natural deles sejam consideradas pobres (Ferrari 1996). Assim, os frutos costumam representar parcelas mais reduzidas, enquanto os exsudatos compõem a maior parte da dieta de *C. jacchus* (Alonso & Langguth 1989; Martins 2007; Veríssimo 2007 e Veríssimo et al. 2012).

As gomas (exsudados vegetais, assim como as resinas, látex e seivas) são um complexo de polissacarídeos altamente energético e ricamente composto por minerais de cálcio e proteínas (Garber, 1984; Smith 2010; Digby et al. 2011). Diferentes estudos indicam que o balanço cálcio/fósforo se dá à medida que os calitriquídeos se alimentam

de goma e insetos, respectivamente (Santee & Faria, 1985; Silva & Monteiro da Cruz 1993; Digby & Barreto 1998; Smith, 2010). Melo et al. (1997) observou que a natureza higroscópica das gomas vegetais consumidas pelos saguis, confere-lhes a energia necessária à busca de alimentos mais nutritivos, a exemplo das presas, além de promover a sensação de saciedade. Também, em termos de estratégias ecofisiológicas, embora o consumo dos exsudatos por todos os indivíduos dos grupos se dê ao longo de todo o dia, é normalmente no início do dia e ao cair da tarde que esse consumo se dá de modo mais assertivo (Melo 1996). Martins (2007) demonstrou que mais de 45% dos itens consumidos por *Callithrix jacchus* no bioma Caatinga foram gomas vegetais. Esse percentual se equivale ao obtido por Amora (2013), que encontrou valores na ordem de 48%, o que a fez concluir que as gomas representaram a base da dieta dos saguis no semiárido do Estado de Sergipe/Brasil. Para o mesmo cenário do bioma Caatinga, mas no Estado de Pernambuco/Brasil, Melo e colaboradores (em preparação) registraram números percentuais na ordem de 50% de consumo de gomas. Ainda, observou-se que as gomas foram consumidas de modo indistinto por todas as idades e gêneros componentes dos grupos sociais estudados, em ambos os períodos estacionais. Esses achados juntam-se aos inúmeros estudos realizados com a espécie nos ambientes méxicos (Maier et al. 1982; Alonso & Langguth 1989; Silva & Monteiro da Cruz 1993; Melo 1996; Veríssimo 2007, Veríssimo et al. 2012).

Discutindo seletividade em função do táxon da planta, Charles-Dominique (1977) e Wrangman & Waltern (1980) sugerem que ela se dá em função das características bioquímicas das plantas. Todavia, pouco se sabe a esse respeito, embora seja senso comum observar que espécies pertencentes às famílias Anacardiaceae e Fabaceae são amplamente citadas como fontes como provedoras de gomas mais comumente utilizadas por calitriquídeos na natureza (Garber 1984; Rylands 1984; Silva & Monteiro da Cruz 1993; Veríssimo 2007; Veríssimo et al. 2012 Hilário & Ferrari 2010; Vilela & Del-Claro 2011). Os dados de Melo e colaboradores (in preparação) corroboram as preferências pela taxa dessas famílias e discutem uma provável “ordem de visitas” às árvores de gomas que estaria correlacionada com o roteiro do grupo em sua área domiciliar e a seleção dos locais de pernoite por esses pequenos primatas em vida livre.

Scanlon et al. (1991) relataram que a seleção de espécies vegetais exsudativas ocorreria de acordo com a distribuição das plantas, a quantidade de goma exsudada e valor nutritivo dessa goma. A esse respeito, é relevante considerar aqui os achados de

Francisco et al. (2016) que ressalta a atuação dos saguis intensificando a produção de exsudatos pela planta, a partir da massificação da escarificação (gouging) de um único indivíduo.

Ainda, abordando-se aspectos dietéticos para o *Callithrix jacchus*, diversos autores propõem a existência de uma estreita relação entre fatores físicos, como os padrões de precipitação pluviométrica e a disponibilidade de frutos e presas (Scanlon et al. 1991; Monteiro da Cruz 1998 e Castro et al., 2003). Desta forma, assume-se que os desafios ambientais a que estão sujeitas as espécies de primatas, principalmente em ambientes como o bioma Caatinga, é, o por assim dizer, o principal gargalo (Janson & Chapman 1999; Moura, 2004; Amorim et al., 2009) para a sua estabilização, principalmente no que se refere à baixa disponibilidade de recursos, especialmente de frutos sazonais. Todavia, o uso de recursos alimentares alternativos (Amora et al. 2013; Melo et al., correspondentes aos capítulos 3 e 4 da presente tese) pode ajudá-los a terem atendidas as suas necessidades nutricionais.

Como se sabe os vários aspectos da vida de *C. jacchus* foi objeto de inúmeros estudos, tanto em ambiente natural, quanto na condição de cativeiro, que enfocam vários aspectos que vão desde o comportamento até a fisiologia reprodutiva (Abbott 1993; Stevenson & Rylands 1988; Alonso & Langguht 1989; Maier *et al.*, 1982; Scanlon *et al.*, 1988; 1989; Mendes Pontes & Monteiro da Cruz 1995, Monteiro da Cruz 1998, Bezerra 2006; Bezerra et al. 2009; Colombo 2009; Silva et al., 2010). Entretanto, a maioria desses estudos restringe-se aos ambientes méxicos atlânticos. Pontualmente para o bioma Caatinga, os estudos são mais recentes e o foco limita-se às abordagens sobre ecologia comportamental e alimentar de *C. jacchus* (Martins, 2007; Ribeiro, 2007; Ferreira et al., 2009; Amora, 2013, Amora et al., 2013 e Francisco et al., 2014).

2.5 Bioma Caatinga: o melhor cenário para o surgimento da resiliência de *Callithrix jacchus*.

O bioma Caatinga é um mosaico de arbustos espinhosos e florestas sazonalmente secas que cobre a maior parte dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e uma parte da região nordeste do estado de Minas Gerais, no vale do rio Jequitinhonha, estendendo-se por cerca de 735.000km, ou seja, quase 10% do território brasileiro (Ab' Sáber, 2003; Melo & Andrade, 2007; Santos et

al., 2011). A vegetação do bioma é limitada a leste e a norte e a oeste pelas florestas Atlântica e Amazônica respectivamente e ao sul pelo Cerrado (Leal et al., 2003). Em termos fisionômicos observam-se pelo menos três diferentes estratificações florísticas. Uma primeira, compostas de elementos “arbóreos” com alturas que variam entre 8 e 12 metros, um segundo grupo de plantas com alturas variando entre 2 e 5 metros, denominados de “arbustivo” e um terceiro agrupamento de plantas com alturas que não passam de 2 metros, assim denominado de “herbáceo” (Kiill et al., 2000).

De acordo com Prado (2003) o termo “caatinga” é de origem Tupi, significa “mata branca”, referindo-se ao aspecto da vegetação durante a estação seca, quando a maioria das árvores perde as suas folhas e os troncos esbranquiçados e brilhantes, dominam a paisagem. Rodal et al., (2008) ressalta que a Caatinga apresenta limites semelhantes às áreas de clima semiárido do nordeste brasileiro. É um dos maiores biomas brasileiros, todavia, um dos mais desconhecidos. Sua fitofisionomia e florística são, em grande parte, determinada pelo clima, relevo e embasamento geológico que, em suas múltiplas inter-relações, favorece o estabelecimento de ambientes ecológicos bastante variados. Andrade-Lima (1981) e Sampaio (1995) reforçam essa assertiva e afirmam que numa mesma região as diferenças fisionômicas observadas na vegetação de Caatinga, em sentido restrito, estão relacionadas com as variações ambientais, como por exemplo, a proximidade de serras e corpos de água.

Abordando aspectos geomorfológicos, Ab’Saber (1977) propõe que a Caatinga localiza-se nas depressões Inter planálticas (300-500m), expostas a partir de sedimentos do Cretáceo ou Terciário que cobriam o escudo brasileiro basal do Pré-Cambriano. Nela, cerca de 50 e 70% das chuvas estão concentradas em três meses contíguos, apesar do registro de uma alta variação anual e extensos períodos de seca (Nimer, 1972). Observam-se também uma grande irregularidade no sistema de chuvas de ano para ano, fato que promove secas periódicas severas (Krol *et al.*, 2001; Chiang e Koutavas, 2004). A precipitação média anual varia entre 240 e 1.500mm, mas metade da região recebe menos de 750 mm e, algumas áreas centrais, menos de 500 mm de chuva (Sampaio 1995; Siqueira et al., 2001).

Durante muito tempo se debate a respeito da origem da vegetação da Caatinga e, somente mais recentemente, a partir dos estudos realizados por Pennington et al., (2000 e 2004) assumiu-se que ela é parte de uma floresta tropical seca sazonal que ocupou grandes áreas da América do Sul em períodos mais secos e frios durante o Pleistoceno.

Em termos florísticos, Prado (2003) afirma que a Caatinga arbórea é considerada rara, esparsa e fragmentada e a paisagem é dominada por uma vegetação arbustiva ramificada e espinhosa, com muitas euforbiáceas, bromeliáceas e cactáceas (Coimbra-Filho e Câmara 1996).

Numa abordagem conservacionista, Andrade-Lima (1981 e 1982), afirmou que o que resta da Caatinga original restringe-se às manchas de solos ricos em nutrientes. Florestas mais úmidas, nessas regiões, denominadas de “brejos de altitude” estendem-se sobre as encostas e topos das chapadas e serras com mais de 500m de altitude e recebem mais de 1.200mm de chuvas orográficas. Por receberem massas de ar úmidas que se originam do Oceano Atlântico os brejos de altitude, apesar de circundados por vegetação típica do Bioma Caatinga, são considerados ecossistemas associados ao bioma Floresta Atlântica. Discutindo a florística deste bioma, Andrade-Lima (1981 e 1982) afirma que as formações vegetacionais encontradas no interior do nordeste variam dependendo da altitude, do tipo de solo, extensão e exposição do relevo aos ventos, sendo possível encontrar fisionomias bastante distintas com florestas. Outros autores apontam para a existência de formações não florestais, como cerrado (Castro 1994), Carrasco (Araújo et al. 1999; Rodal & Nascimento 2002; Ferraz et al., 2003), Caatinga (Araújo et al., 1995, Alcoforado-Filho et al., 2003) ou Campo rupestre (Giulietti & Pirani 1998), com características fisionômicas e também florísticas semelhantes à Caatinga. Entretanto, desses tipos vegetacionais, apenas as áreas contínuas de Cerrado, no oeste da Bahia e bacia sedimentar do médio Norte, englobando parte do Piauí e Maranhão (Castro 1994), ocorrem fora do polígono do bioma Caatinga. Todavia, áreas disjuntas de cerrado são observadas na chapada da Diamantina (Veloso et al., 1991) e áreas sedimentares regionalmente denominadas chapadas e chapadões, destacam-se como ilhas de maior ou menor umidade no semiárido. Essas áreas apresentam uma condição climática peculiar uma vez que o relevo cria uma barreira às massas de ar, que acabam depositando umidade nas vertentes a barlavento, grotões e vales das chapadas.

De acordo com Lemos & Rodal (2002) foram desenvolvidos nos últimos anos vários estudos nas formações não florestais em outras áreas sedimentares do bioma Caatinga e, atualmente, parece haver um consenso quanto à existência de uma vegetação xerófila arbustiva não espinhosa (Carrasco) e uma vegetação xerófila não florestal espinhosa (Caatinga), representando os tipos xerófilos característicos do semiárido, embora com floras diferenciadas (Figueiredo et al. 2000, Araújo et al. 1998; Araújo et al.

1999). A chamada vegetação xerófila não-florestal espinhosa sobre sedimentos arenosos (Caatinga de areia) apresenta uma composição florística que mantém uma relação entre ambos os tipos vegetacionais (Figueirêdo et al., 2000; Lemos & Rodal 2002), atuando como um ecótono ou área de transição ambiental. Lemos & Rodal (2002) consideram ainda que a vegetação xerófila caducifólia espinhosa que recobre as chapadas no sudoeste do Piauí é um tipo de Caatinga, apesar da flora particular, associada aos solos altamente arenosos.

Rodal et al. (1999) e Lemos & Rodal (2002) observaram que algumas espécies da Caatinga de areia também ocorrem em áreas cristalinas com recobrimento sedimentar, embora com maior frequência nos sedimentos arenosos. Nos estudos realizados por Araújo et al. (1998) e Araújo et al. (1999) a vegetação arbustiva caducifólia não-espinhosa (Carrasco) do topo do Planalto da Ibiapaba e da Chapada do Araripe é distinta da Caatinga, do ponto de vista florístico e estrutural. Lemos & Rodal (2002) chamam a atenção para o fato de que a vegetação da Caatinga de areia está restrita aos chapadões (chapadas baixas), enquanto o Carrasco ocupa as partes elevadas das chapadas, especialmente acima de 700m.

Figueiredo-Gomes (1981) e Alves et al., (2009), discutindo status de conservação da Caatinga, afirmam que algo em torno de 20% dessa diversidade florística encontra-se em fase de desertificação como consequência de processos antropogênicos e ressalta que apenas, mirrados 1,5% da área de Caatinga encontram-se abrigadas em Unidade de Proteção Integral (MMA, 2012).

O discurso de que em termos de biodiversidade a Caatinga é descrita como um ecossistema pobre em espécies, em endemismos (Vanzolini et al., 1980; Andrade-Lima 1982; Prance 1987), e em adaptações particularmente em relação à sua fauna, não se adequa ao pouco que conhecemos na atualidade. Leal et al., (2003) afirmam que a Caatinga possui uma biodiversidade que suplanta aquela observada em outras regiões do planeta com as mesmas características ecológicas, no que concordam Prado (2003) e Santos et al. (2011). Mais de 932 espécies de plantas vasculares estão listadas para esse bioma (Giulietti *et al.*, 2004), 187 de abelhas (Zanella & Martins 2003), 240 de peixes (Rosa et al., 2003), 167 de répteis e anfíbios (Rodrigues 2003), 62 famílias e 510 espécies de aves (Silva et al., 2003) e 148 espécies de mamíferos, incluindo *C. jacchus* (Oliveira et al., 2003 Valle et al. 2012a, 2012b). Os representantes da mastofauna, aliás, são em sua maioria de pequeno porte, e ocorrem em baixas densidades, sendo os morcegos o grupo

mais representativo (Paglia et al., 2012). Como estratégia adaptativa, Kiill et al (2000) ressaltam que as espécies presentes em maior densidade populacional, são aquelas que migram quando a diversidade e disponibilidade de alimento decresce, ou seja, durante a estação seca. Os endemismos ocorrem com valores da ordem de 3% para as aves (Silva et al., 2003), 7% para mamíferos (Oliveira et al., 2003) e 57% para peixes (Rosa et al., 2003). Esses valores atualizados suplantam em muito àqueles observados por Pacheco (2004) e Silva et al., (2003), sendo equivalentes ou mais altos que os registrados para outras florestas secas do mundo (Leal et al., 2003). Esses números podem ser ainda maiores, haja visto que 40% da região encontra-se sub amostrada e, segundo Tabarelli & Vicente (2004) cerca de 80% desta vegetação é desconhecida em termos florísticos.

Schwinning & Sala (2004) discutindo adaptabilidade e plasticidade ambiental dos organismos que ao longo do tempo vêm se estabelecendo na Caatinga, relevam a existência de uma flutuação na biodisponibilidade de recursos biológicos no semiárido, a exemplo da própria água, dos nutrientes do solo e da biomassa das plantas. Todavia, Sala & Laurenth (1982) afirmam que é durante os períodos de precipitação que se registra a abundância desses mesmos recursos e ressaltam que, embora estes sejam curtos, quase sempre eles suprem temporalmente a demanda de recursos dos processos biológicos do bioma. Essa flutuação, aliás, pontua Kobbe & Dausmann (2009), configuram-se como um desafio a ser superado diariamente por animais que busquem se estabelecer nesses cenários ecológicos, especialmente durante as estiagens prolongadas.

É nesse ambiente diverso e árduo de se viver, particularmente para os mamíferos tão dependentes de água para sua homeostase, que esse pequeno primata – *Callithrix jacchus* – encontrou as dificuldades necessárias para o desenvolvimento extremo de sua principal habilidade, um verdadeiro “*kit* de sobrevivência” chamado gomivoria. Na Caatinga as dificuldades, longe de funcionarem como barreiras para sua evolução, funcionaram como trampolins para alçar os saguis ao topo das especializações fundamentais para a vida no semiárido. Esse kit envolve mudanças no crânio e na arcada dentária (Vinyard et al., 2009; Thompson, et al., 2014), que atinge não apenas os ossos, mas a musculatura, várias glândulas e seus hormônio e também a massa encefálica. Sim, porque escarificar o tronco é apenas o primeiro degrau de uma longa escadaria. A gomas que exsudam do trabalho dos dentes especializados dos saguis (Coimbra-Filho, 1972; Rylands, 1980 e Thompson et al., 2012), não são consumidas imediatamente, então marcá-las (Rylands, 1985; Bottemberg et al, 2018) e ter um bom mapa mental para

encontrá-las (Ferrari, 1996) no tempo certo, exige um mecanismo cognitivo especializado que faz parte do *kit*.

Foi considerando o potencial biológico desse bioma e a carência de informações ecológicas e comportamentais sobre os grupos e as populações de sagui-do-nordeste na Caatinga que se planejou o presente estudo. Considerou-se desde as questões mais simples da vida dos animais, como a composição e a organização social de grupos “periurbanos” e grupos “selvagens”, até dados mais elaborados como o uso de área domiciliar, o orçamento de atividade, a dieta, a dinâmica reprodutiva e a periodicidade de nascimentos, em face da estacionalidade climática (período seco e período chuvoso), mas o bioma e seus habitantes revelaram muito mais do que previamente planejado.

3. Objetivos

3.1 Objetivo Geral

Identificar as estratégias ecofisiológicas, dietéticas e comportamentais de grupos de saguis (*Callithrix jacchus*) periurbanos e selvagens, sujeitos às variações climáticas e às pressões antrópicas no bioma Caatinga.

3.2 Objetivos Específicos

Reconhecer os fatores que influenciam a estabilidade de grupos periurbanos e selvagens de saguis na Caatinga, particularmente através do monitoramento dos nascimentos, dispersões e desaparecimentos de seus membros.

Identificar as estratégias de forrageio individual adotadas pelos diferentes gêneros, classe de idade e hierarquia nos grupos de saguis dos cenários monitorados: ambiente periurbano (antropizado) e ambiente natural, típicos do bioma Caatinga.

Monitorar os casos de albinismo em saguis de vida livre do bioma Caatinga, nos aspectos ecológico, comportamental e clínico-patológico que possam influenciar suas habilidades de sobrevivência.

4. Referências Bibliográficas

Ab'SABER, A. N. Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical. **Geomorfologia**, 53: 1 – 19, 1977.

Ab'SABER, A. N. **Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ABBOTT, D. H. Social conflict and reproductive suppression in marmoset and tamarin monkeys. In: W. A. Mason & S. P. Mendoza (Eds.), **Primate Social Conflict**. Albany,

NY, US: State University of New York Press. pp. 331-372, 1993.

ABBOTT, D. H.; SALTZMAN, W.; SCHULTZ-DARKEN, N. J.; TANNBAUM, P. L. Adaptations to subordinate status in female marmoset monkey. **Comparative Biochemistry and Physiology**, 119: 261 – 274, 1998.

ALBUQUERQUE, J. R.; SILVA, J. M.; OLIVEIRA M.A.B.; SILVA, V. L. Tamanho e Uso da Área Domiciliar Por Um Grupo Silvestre de *Callithrix jacchus* (Primates: Cebidae: Callitrichinae) no Parque Estadual Dois Irmãos, Recife-PE. **Revista Nordestina de Zoologia**, v. 6, p. 1-18, 2012.

ALCOFORADO-FILHO, F.G.A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. **Acta Botânica Brasílica**, 17: 287-303. 2003.

ALONSO, C.; LANGGUTH, A. A. Ecologia e Comportamento de *Callithrix jacchus* (Primate, Callitrichidae) numa ilha de Floresta Atlântica. **Revista Nordestina de Biologia**, v.6, n. 2, p.105-137, 1989.

ALVES, J. J.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Caatinga, Mossoró, Brasil**, 22 (3):126-135, 2009.

AMORA, T. D. Padrões ecológicos do sagui do nordeste (*Callithrix jacchus*) em uma área de **Caatinga** no Alto Sertão Sergipano. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal de Sergipe. 2013.

AMORA, T. D.; BELTRÃO-MENDES, R. FERRARI, S. F. Use of Alternative Plant Resources by Common Marmosets (*Callithrix jacchus*) in the Semi-Arid Caatinga Scrub Forests of Northeastern Brazil. **American Journal of Primatology**, 75:333–341, 2013.

AMORIM, I. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, L. E. Fenologia das espécies lenhosas da caatinga do Seridó, RN. **Revista Árvore**, 33: 491- 499, 2009.

ANDRADE-LIMA, D. The Caatingas Dominion. **Revista Brasileira de Botânica** 4: 149-163. 1981.

ANDRADE-LIMA, D. Present-day forest refuges in northeastern Brazil. In: G.T. Prance (ed.). Biological diversification in the tropics. p. 245-251. **Columbia University Press**, Nova York. 1982.

ARAÚJO, A. **Influence des facteurs écologiques, comportementaux et démographiques sur la dispersion de *Callithrix jacchus***. Paris: Université Paris-Nord (Paris XIII). 238p. 1996.

ARAÚJO, E. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. Composição florística e fitossociológica de três áreas de caatinga. **Revista Brasileira de Biologia**, 55: 595-607, 1995.

ARAÚJO, F. S., SAMPAIO, E. V. S. B., FIGUEIREDO, M. A., RODAL, M. J. N. & FERNANDES, A. G. Composição florística da vegetação de carrasco, Novo Oriente, CE. **Revista Brasileira de Botânica**, 21: 105-116. 1998.

ARAÚJO, F. S., MARTINS, F. R. & SHEPHERD, G. J. Variações estruturais e florísticas do carrasco no Planalto da Ibiapaba, Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Biologia**, 59: 663-678, 1999.

BEZERRA, B. M. Vocalização do sagui comum: influências sociais e ontogênicas em ambiente natural. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Pernambuco. 110f, 2006.

BEZERRA, B. M.; SOUTO, A. S.; OLIVEIRA M.A.B.; HALSEY, L. G. Vocalizations of wild common marmosets are influenced by diurnal and ontogenetic factors. **Primates**, v. 1, p. 1-12, 2009.

BOTTENBERG, K. N.; LANTZ, A. W.; VINYARD, C. J.; OLIVEIRA, M. A. O.; THOMPSON, C. L. Controlling for contamination during in-field scent mark analysis of

common marmoset monkeys (*Callithrix jacchus*) at Tapacurá Field Station, Pernambuco, Brazil. Pannel presented at The International Primatological Society Congress. 2018.

CABRAL, M. C. C. Uso da área domiciliar de um grupo de *Callithrix jacchus* (Callitrichidae, Primates) da Estação Ecológica do Tapacurá – Pernambuco. **Monografia de Graduação** do Bacharelado em ciências Biológicas. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 66p., 1989.

CAMAROTTI, F. L. M.; MONTEIRO DA CRUZ, M. A. O. 1997. Fatores ecológicos e comportamentais implicados na seleção e uso dos locais de pernoite de grupos de *Callithrix jacchus* em ambiente natural. In: SOUZA, M. B. C. & MENEZES, A. A. L. Eds. **A Primatologia do Brasil**. Natal, Editora da Universidade Federal do rio Grande do Norte. v. 6, p. 27-42, 1997.

CASTRO, A. A. J. F. Comparação florística de espécies de Cerrado. **Silvicultura**, São Paulo, v.15, n.58, p.16-18, 1994.

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

CASTRO, C. S. S.; ARAÚJO, A.; ALHO, C.; FILHO, M. M. D. Influência da distribuição e disponibilidade dos frutos, na dieta e uso do espaço em saguis-do-nordeste (*Callithrix jacchus*). **A Primatologia no Brasil**. Vol. 7, p. 65-80, 2003.

CHARLES-DOMINIQUE, P. Ecology and Behavior of Nocturnal Primates. **London: Duckworth**. 1977.

CHIANG, J. C. H.; KOUTAVAS, A. Tropical flip-flop connections. **Nature** 432: 684-685, 2004.

CLUTTON-BROCK T. H. Reproductive skew, concessions and limited control. **TREE**, 13:288–292, 1998.

CLUTTON-BROCK T, BROTHERTON P, O'RIAIN M, GRIFFIN A, GAYNOR D, KANSKY R, SHARPE L, MCILRATH G. Contributors to cooperative rearing in meerkats. **Animal Behaviour**. 61:705–710, 2001.

COIMBRA-FILHO, A. F. O sagui do gênero *Callithrix* da região oriental brasileira e um caso de duplo-hibridismo entre três de suas formas (Callitrichidae, Primates). **Rev. Bras. Biologia**. vol. 32 (4): 505-512, 1971.

COIMBRA-FILHO, A. F. Aspectos inéditos do comportamento de saguis do gênero *Callithrix* (Callitrichidae, Primates). **Rev. Brasil. Biol.** 32: 505-512, 1972.

COIMBRA-FILHO, A. F. Exudate-eating and tree-gouging in marmosets. **Nature**, 262 (5569): 630, 1976.

COIMBRA-FILHO, A.F. & CÂMARA, I.G. **Os Limites Originais do Bioma Mata Atlântica na Região Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para Conservação da Natureza. 1996.

COIMBRA-FILHO, A. F. & MITTERMEIER, R. A. Distribution and Ecology of the Genus *Leontopithecus* LESSON, 1840 in Brazil. **Primates**, 14(1): 47-66, 1973.

COLOMBO, R. A. Uso de rotas na área de uso e a relação com comportamento alimentar em *Callithrix jacchus*. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 76f, 2009.

CUNHA, Euclides da. **Os Sertões**. Editora Laemmert. 632p. 1902.

CUTRIM, F. H. R. Aspectos do cuidado cooperativo em dois grupos de *Callithrix jacchus* selvagens 2007. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 124p., 2007.

DAWSON, G. A. Composition and stability of social groups of the tamarin, *Saguinus Oedipus geoffroyi*, In Panama: ecological and behavioural implications. **In: The Biology**

and Conservation of the Callitrichidae, D. Kleiman (ed.), Washington: Smithsonian Inst. Press. p. 23-37. 1977.

DIGBY, L. J. Infant care, infanticide, and female reproductive strategies polygynous groups of common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Behavior Ecology and Sociobiology*, 37: 51-61. 1995.

DIGBY, L.; BARRETO, C. E. Vertebrate predation in common marmoset. **Neotropical Primates**, 6 (4): 124-126, 1998.

DIGBY, L. J.; FERRARI, S.F.; SALTZMANN, W.J. Callitrichines: the role of competition in cooperatively breeding species. In: CAMPBELL CJ, FUENTES A, MACKINNON KC, BEARDER SK, STUMPF RM. (eds.). **Primates in perspective**, 2nd ed. New York: Oxford University Press. p. 91–107, 2011.

EMLEN, S. T. Evolution of cooperative breeding in birds and mammals. In: **Behavioral Ecology**. p. 301-307. London: Blackwell. 1991.

EPPLÉ, G. The behaviour of marmoset monkeys (Callithricidae). **Primate Behaviour**. 4 : 195-239, 1975.

EVANS, S.; POOLE, T. B. Long term changes and maintenance of the pair bond in common marmoset, *Callithrix jacchus jacchus*. **Folia Primatologica**, v. 42, p. 33-41, 1984.

FAULKES, C. G.; ARRUDA, M. F.; OLIVEIRA, M. A. B. Genetic Structure within and among populations of the common marmosets, *Callithrix jacchus*: Implications for Cooperative Breeding. In: FORD, S. M.; PORTER, L. M.; DAVIS, L. C. (Eds) *The Smallest Anthropoids: the marmoset / Callimico radiation*. Pp. 103-117, 2009.

FERRARI, S. F. A vida secreta dos saguis: modelos de comportamento humano. **Ciência Hoje**, vol.20, n. 119, p.18-25. 1986.

FERRARI, S. F. The behaviour and ecology of the buffy-headed marmoset *Callithrix flaviceps* (O. Thomas, 1903). **Tese de Doutorado**. University College of London, U.K. 1988.

FERRARI, S. F.; LOPES FERRARI, M. A. A re-evaluation of the social organization of the Callitrichidae, with special reference to the ecological differences between genera. **Folia Primatol.**, v.52, p. 132-147, 1989.

FERRARI, S.F.; CORRÊA, H.K.M.; COUTINHO, P.E.G.; Ecology of the “southern” marmosets (*Callithrix aurita* and *Callithrix flaviceps*). How different, how similar? In: NORCONK, M.A.; ROSENBERGER, A.L.; GARBER, P.A. (Eds). **Adaptive Radiations of Neotropical Primates**. New York: Plenum Press. p 157–171, 1996.

FERREIRA, N.S.; CARVALHO SANTOS, J. S; ALBUQUERQUE, A. S. R. Comportamento alimentar de fêmeas de *Callithrix jacchus* no período de estiagem em uma área de Caatinga. **Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil**, São Lourenço. pp 1–3, 2009.

FERRAZ, E. M. N.; RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B. Physiognomy and structure of vegetation along an altitudinal gradient in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Phytocoenologia**, 33: 71-92, 2003.

FIGUEIREDO-GOMES, M. A. Padrões de Caatinga nos cariris Velhos, Paraíba. **Tese de Mestrado**, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1981.

FIGUEIRÊDO, L. S.; RODAL, M. J. N.; MELO, A. L. Florística e fitossociologia de uma área de vegetação arbustiva caducifólia espinhosa no município de Buíque – Pernambuco. **Naturalia**, 25: 205-224, 2000.

FLEAGLE, J. G. Primate Adaptation and Evolution. 2a ed. Academic Press: San Diego, p. 596, 1999.

FRANCISCO, T. M.; COUTO, D.R, ZANUNCIO, J. C, SERRÃO J. E, SILVA. I. T. O.; VANNER, B. Vegetable Exudates as Food for *Callithrix* spp. (Callitrichidae): **Exploratory Patterns**. PLOS ONE 9(11), 2014.

FRANCISCO, T. M.; LOPES-MATTOS, K. B.; PICOLO, E. A. T.; COUTO, D. R.; OLIVEIRA, J. A.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E.; SILVA, I. O.; BOERE, V.

Feeding habits of marmosets: A case study of bark anatomy and chemical composition of *Anadenanthera peregrina* gum. **American Journal of Primatology**, p. 1-9, 2016.

FRENCH, J. Proximate regulation of singular breeding in callitrichid primates. SOLOMON, N.; FRENCH, J. (eds.) **Cooperative Breeding in Mammals**. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 34-75, 1997.

GARBER, P. A. Proposed nutritional importance of plant exudate in the diet of the Panamanian Tamarin, *Saguinus o. geoffroyi*. **International Journal of Primatology**, Vol. 5, n. 1, 1-13p. 1984.

GARBER, P. A. Seasonal patterns of diet and ranging in two sécoes of Tamarim Monkeys: Stagily versus variability. **International Journal of Primatology**, 14 (10): 145-167, 1993.

GIULIETTI, A. M.; PIRANI, J. R. Patterns of geographical distribution of some plant species from Espinhaço range, Minas Gerais and Bahia, Brazil. In: P.E. Vanzolini & W.R. Heyer (eds). p. 39-69. **Proceedings of the Workshop on Neotropical Distribution Patterns**. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro. 1998.

GIULIETTI, A. M.; DU-BOCAGE-NETA, A. L.; CASTRO, A. A. J. F. ; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VIRGÍNIO, J. F.; QUEIROZ, L. G.; FIGUEIRÊDO, M. A.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V.; HARLEY, R. M. Diagnóstico da Vegetação Nativa do Bioma Caatinga. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. p. 47-78. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2004.

GOLDIZEN, A. W. Facultative polyandry and the role of infant-carrying in wild sandle-back tamarins (*Saguinus fuscicollis*). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, 20, 99-109. 1987.

GOLDIZEN, A. W. A comparative perspective on the evolution of tamarin and marmoset social systems. **International Journal of Primatology**, 11(1): 63-83, 1990.

HARRISSON, M. L.; TARDIF, S. D. Species differences in response to intruders in

Callithrix jacchus and *Saguinus oedipus*. **International Journal of Primatology**. v. 10, n. 8, p. 343-362, 1989.

HILÁRIO, R. R.; FERRARI, S. F. Four Breeding Females in a Free-Ranging Group of Buffy-Headed Marmosets (*Callithrix flaviceps*). *Folia Primatol* 81: 31-40, 2010.

IUCN 2018. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2018-2. <http://www.iucnredlist.org>. Downloaded on November 14th, 2018.

JANSON, C.H.; CHAPMAN, C. Resources and primate community structure. In: FLEAGLE, J.G; JANSON, C.H.; REED, K.E. (eds.) **Primate Communities**, Cambridge. Cambridge University Press. p. 237–267, 1999.

KLEIMAN, D. G. Monogamy in mammals. **Quart. Rev. Biol.** 52: 39-69. 1977.

KIILL, L.H. P.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, M. C; OLIVEIRA, V. R.; ALBUQUERQUE, S.G; NASCIMENTO, C. E. DE S.; CAVALCANTE, J. Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da caatinga. In: M. A. Drumond (eds.). Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios de biodiversidade do bioma Caatinga. **Documento para discussão no GT Estratégias para o uso sustentável**. Petrolina, p. 2-23, 2000.

KOBBE, S.; DAUSMANN, K. H. Hibernation in Malagasy mouse lemurs as a strategy to counter environmental challenge. *Naturwissenschaften*, 96:1221–1227. 2009.

KROL, M.S., A. JAEGAR, A. BRONSTERT & J. KRYWKOW. The semiarid integrated model (SDIM), a regional integrated model assessing water availability, vulnerability of ecosystems and society in NE-Brazil. *Physics and Chemistry of the Earth (B)* 26: 529-533, 2001.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; DA SILVA, J. M. C. Ecologia e Conservação da Caatinga: uma introdução ao desafio. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; DA SILVA, J. M. C. **Ecologia e Conservação da Caatinga**, Ed. Universitária da UFPE, p. 822, 2003.

LEMOS, J. R.; RODAL, M. J. N. Fitossociologia do componente lenhoso de um trecho da vegetação de caatinga no Parque Nacional da Serra da Capivara, Piauí, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 16: 23-42, 2002.

MAIER, W.; ALONSO, C.; LANGGUTH, A. **Field observations on *Callithrix jacchus jacchus* L. Z. Säugetierkunde**, Vol.47, p. 334-346, 1982.

MARTINS, I. G. 2007. Padrão de atividades do sagui *Callithrix jacchus* numa área de Caatinga. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, p. 67, 2007.

MELO, J. I. M.; ANDRADE, W. M. Boraginaceae s. l A. Juss. em uma área de Caatinga da ESEC Raso da Catarina, BA, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, 21(2): 369-378. 2007.

MELO, L. C. O. Composição química de exsudados explorados pelo *Callithrix jacchus* e sua relação com a marcação de cheiro. **Monografia da Graduação**. Licenciatura em Ciências Biológicas. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 1996.

MELO, L. C. O.; MONTEIRO DA CRUZ, M. A. O.; FERNANDES, Z. F. Composição química de exsudatos explorados por *Callithrix jacchus* e sua relação com a marcação-de-cheiro. In: SOUZA, M. B. C; MENEZES, A. L. L. **A Primatologia no Brasil**, Vol. 6, p.43-59, 1997.

MELO, L. C. O. Seleção de recursos alimentares por *Callithrix jacchus*: um foco sobre a Teoria de Otimização. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, p. 68, 2001.

MENDES PONTES A. R.; MONTEIRO DA CRUZ M. A. O. Home range, intergroup transfers, and reproductive status of common marmosets, *Callithrix jacchus*, in a Forest fragment in Northeastern Brazil. **Primates**, vol. 36 (3), p. 335–347, 1995.

MENDES PONTES A. R.; NORMANDE, I. C.; FERNANDES, A. C. A.; RIBEIRO, P. F. R.; SOARES, M. L. Fragmentation causes rarity in common marmosets in the Atlantic Forest of Northeastern Brazil. **Biodivers. Conserv.**, vol. 16, p. 1175–1182, 2007.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Unidades de Conservação do Brasil**. 2012. Acesso em 04 de janeiro de 2019. Disponível em: www.mma.gov.br/publicacoes/areas-protegidas/.../51-unidades-de-conservacao/.

MODESTO, T.C.; BERGALLO, H. G. Ambientes diferentes, diferentes gastos do tempo entre atividades: o caso de dois grupos mistos do exótico *Callithrix spp.* na Ilha Grande, RJ, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, 3(3):112-118, 2008.

MONTEIRO DA CRUZ, M. A. O. Flexibilidade do sistema social: *turnover* no ambiente natural. **Anais do Encontro Anual de Etologia**, v. 13, São Paulo, Brasil, p. 201-213, 1995.

MONTEIRO DA CRUZ, M. A. O. Dinâmica reprodutiva de uma população de sagüis-do -Nordeste (*Callithrix jacchus*) na Estação Ecológica do Tapacurá - PE. **Tese Doutorado** - Universidade de São Paulo, São Paulo. p. 190. 1998.

MOURA, A. C DE A. The capuchin monkey and the caatinga dry forest: a hard life in a harsh habitat. **Tese de doutorado**. Darwin College, Cambridge. 283f, 2004.

NEYMAN, P. F. Aspects of the ecology and social organization of free-ranging cotton top-tamarins (*Saguinus oedipus*) and the conservation of the species. In: KLEIMAN, D. G. **The biology and Conservation of Callitrichidae**. Washington D. C: Smithsonian institute press, p. 39-71, 1977.

NIMER, E. Climatologia da região Nordeste do Brasil. Introdução à climatologia dinâmica. **Revista Brasileira de Geografia**, 34: 3-51, 1972.

NICOLAEVSKY. B. Distribuição Geográfica e Modelagem de Habitat das Espécies do Gênero *Callithrix* (Primates, Callitrichidae). **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal do Espírito Santo, p. 67. 2011.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Discos CBS Ind. & Com. Ltda, Rio de Janeiro. 1985.

OLIVEIRA, J. A.; GONÇALVES, P. R.; BONVICINO, C. R. Mamíferos da Caatinga. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C, (eds.) Ecologia e conservação da Caatinga. Recife: Ed. Universitária da UFPE. p. 275-333, 2003.

PACHECO, J. F. Aves da Caatinga: uma análise histórica do conhecimento. In: J.M.C. Silva, M. Tabarelli, M.T. Fonseca & L.V. Lins (orgs.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. p. 189-250. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2004.

PAGLIA, A. P.; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; HERRMANN, G.; AGUIAR, L. M. S.; CHIARELLO, A. G.; LEITE, Y. L. R.; COSTA, P. L.; SICILIANO, S.; KIERULFF, M. C. M.; MENDES, S. L.; TAVARES, V. C.; MITTERMEIER, R. A.; PATTON, J. L. Lista Anotada dos mamíferos do Brasil/ Annotated Checklist os Brazilian Mammals. 2ª Edição. Occasional Papers in Conservation Biology. **Conserv. Internacional**, Arlington (6), p 76, 2012.

PASTORINI, J.; FORSTNER, M. R. J.; MARTIN, R. D.; MELNICK, D. J. A Reexamination of the Phylogenetic Position of *Callimico* (Primates) Incorporating New Mitochondrial DNA Sequence Data. **J. Mol. Evol.** 47: 32–41, 1998.

PENNINGTON, R. T.; PRADO, D. E.; PENDRY, C. A. Neotropical seasonally dry forests and quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography**, v.27, p.261-273, 2000.

PENNINGTON, R. T.; LAVIN, M.; PRADO, D. E.; PENDRY, C. A.; PELL S. K.; BUTTERWORTH, C. A. Historical climate change and speciation: neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both tertiary and quaternary diversification. **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.**, 29; 359 (1443):515-37, 2004.

PERES C. A. Identifying keystone plant resources in tropical forests: the case of gums from *Parkia* pods. **Journal of Tropical Ecology** 16: 287-317, 2000.

PORTER, L. M.; GARBER, P. A.; NASCIMENTO, E. Exudates as a fallback food for *Callimico goeldii*. **Am J Primatol**, 71:120–129, pp 131-222. 2009.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva (eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. p. 3-73. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. 2003.

PRANCE, G. T. Vegetation. In: T.C. Whitmore & G.T. Prance (eds.). *Biogeography and Quaternary history in tropical America*. pp: 28-45. **Oxford Science Publications**, Oxford, Reino Unido. 1987.

REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. **Mamíferos do Brasil**. 2ªEd. Londrina 439p, 2011.

RIBEIRO, M.D.P. Padrão de atividades e interações sociais de animais juvenis de dois grupos selvagens de *Callithrix jacchus*. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 93f, 2007.

RODAL, M. J. N.; NASCIMENTO, L.M.; MELO, A.L. Composição florística de um trecho de vegetação arbustiva caducifólia, no município de Ibimirim, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 13: 15-28, 1999.

RODAL, M. J. N.; NASCIMENTO, L. M. Levantamento florístico da floresta serrana da Reserva Biológica de Serra Negra, microrregião de Itaparica, Pernambuco. Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 16: 481-500, 2002.

RODAL, M. J. N.; COSTA, K. C. C.; LINS E SILVA, A. C. B. Estrutura da Vegetação Caducifólia Espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. **Hoehnea**, 35(2): 209-217, 2008.

RODRIGUES, M.T. Herpetofauna da Caatinga. In **Ecologia e Conservação da Caatinga** (I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva, eds.). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. p.181-236, 2003.

ROSA, R. S., MENEZES, N. A., BRITSKI, H. A., COSTA, W. J. E. M.; GROTH, F. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. In: I.R. Leal,

M. Tabarelli & J.M.C. Silva (Eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. p. 135-180. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. 2003.

ROSENBERG A. L. *Xenothrix* and Ceboid Phylogeny. **J. Hum. Evol.** 6:461–481, 1977.

ROSENBERGER, A. L. The evolution of feeding niches in New World Monkeys. **Am. J. Phys. Anthropol.**, 88: 525–562, 1992.

RYLANDS, A. B. Preliminary field observations on the marmoset *Callithrix humeralifer intermedius* (Hershkovitz,1977) at Dardanelos, Rio Aripuanã, Mato Grosso. **Primates**, v.22, p. 46-59, 1981.

RYLANDS, A. B. The behaviour and ecology of three species of marmosets and tamarins (Callitrichidae, Primates) in Brazil. **Tese de Doutorado**. University of Cambridge, Cambridge. 1982.

RYLANDS, A. B. Exsudate-eating and tree-gouging by Marmosets (Callitrichidae, Primates). In: A. C. Charwick; S. L. Sutton (eds). *Tropical Rain Forest: The Leeds Symposium*. Leeds: **Leeds Philosophical and Literary Society**. p. 155-168. 1984.

RYLANDS, A. B. Tree-gouging and Scent-marking by Marmosets. *Animal Behaviour*, 33 (4): 1365-1367, 1985.

RYLANDS, A. B. Ranging behaviour and habitat of a wild marmoset group, *Callithrix humeralifer* (Callitrichidae, Primates). **J. Zool. London**, 210:489–514, 1986.

RYLANDS, A. B. **Marmosets and Tamarins: Systematics, Ecology and Behaviour**. Oxford Science Publication, 1993.

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

RYLANDS A. B.; FARIA D. S. Habitats, feeding ecology, and home range size in the genus *Callithrix*. In: Rylands AB (ed) **Marmosets and Tamarins: systematics, behavior, and ecology**. Oxford, University Press, Oxford, UK, p. 262–272, 1993.

RYLANDS, A. B.; SCHNEIDER, H.; LANGGUTH, A.; MITTERMEIER, R. A.; GROVES, C. P.; RODRÍGUEZ-LUNA, E. An assessment of the diversity of New World Primates. **Neotropical Primates**, 8(2): 61-93. 2000.

RYLANDS, A. B.; COIMBRA-FILHO, A. F.; MITTERMEIER, R. A.; The Systematic and Distributions of the marmosets (*Callithrix*, *Callibella*, *Cebuella*, and *Mico*) and *Callimico* (*Callimico*) (*Callitrichidae*, *Primates*). In: FORD, S. M.; PORTER, L. M.; DAVIS, L. C. (Eds) *The Smallest Anthropoids: the marmoset/Callimico radiation*. Pp. 25-61, 2009.

SALA, O. E.; LAUENROTH W. K. Small Rainfall Events: An Ecological Role in Semiarid Regions. **Oecologia** (Berl), 53: 301-304, 1982.

SAMPAIO, E.V.S.B. Overview of the Brazilian Caatinga. In: Mooney, H.A., Bullock S.H. & Medina E. (Eds.), **Dry tropical forests**, Cambridge: Cambridge University Press, Pp. 35-63, 1995.

SANTEE, D. P.; FARIA, D. S. Padrões de comportamento utilizados pelos saguis (*Callithrix jacchus penicillata*) na retirada de exsudado. **Psicologia** 11(1): 65-74, 1985.

SANTOS, J.C.; LEAL, I.R.; ALMEIDA-CORTEZ, J.S.; FERNANDES, G.W.; TABARELLI, M. Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. **Tropical Conservation Science**, 4 (3):276-286, 2011.

SCANLON, C. E.; CHALMERS, N. R.; MONTEIRO DA CRUZ, M. A. O. Changes in size, composition and reproductive condition of wild marmosets group (*Callithrix jacchus*) in Northeast Brazil. **Primates** 29 (3): 295-305, 1988.

SCANLON, C.E.; CHALMERS, N. R.; MONTEIRO DA CRUZ, M. A. O. Home range use and the exploration of gum in the marmoset *Callithrix jacchus jacchus*. **Intern. Journ. Primatology** 10 (2): 123-136, 1989.

SCANLON, C. E.; MONTEIRO DA CRUZ, M. A. O. & RYLANDS, A. B. Exploração de exsudatos vegetais pelo sagüi-comum, *Callithrix jachhus*. In: RYLANDS, A. B.; BERNARDES, A. T. **A Primatologia no Brasil. Belo Horizonte**. Fundação Biodiversitas. Vol. 3, p.197-205, 1991.

SCHWINNING, S.; SALA, O. E. Hierarchy of responses to resource pulses in arid and semi-arid ecosystems. **Oecologia**, 141: 211–220, 2004.

SILVA, G. S.; MONTEIRO DA CRUZ, M. A. O. Comportamento e Composição de um Grupo de *Callithrix jacchus* Erxleben (Primates, Callitrichidae) na Mata de Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Rio de Janeiro, Brasil, v. 10, n.2, p. 123-136, 1993.

SILVA, G. M. M.; VERÍSSIMO, K. C. S.; OLIVEIRA, M. A. B. Orçamento das atividades diárias de dois grupos de *Callithrix jacchus* em área urbana. **Revista de Etologia**, v. 10, p. 57-63, 2011.

SILVA, J. M. C.; SOUZA, M. A.; BIEBER, A. G. D.; CARLOS, C. J. Aves da Caatinga: status, uso do habitat e sensibilidade. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M. SILVA, J. M. C. (eds). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. pp. 237-273, 2003.

SILVA, J. M.; ALBUQUERQUE, J. R.; OLIVEIRA, M. A. B. Consumo de itens de origem vegetal por um grupo de *Callithrix jacchus* habitantes do Parque Estadual de Dois Irmãos. Anais da X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX 2010. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Disponível em <http://www.sigeventos.com.br/jepex/inscricao/resumos/0001/>.

SIQUEIRA, D. R.; RODAL, M. J. N.; LINS-E-SILVA, A. C. B.; MELO, A. L. Physiognomy, structure and floristic in an area of Atlantic Forest in Northeast Brazil. p.11-27. In: G. Gottsberger & S. Liede (eds.). **Life forms and dynamics in tropical forest**. Berlin, J. Cramer. 2001.

SMITH, A. C. Influences on Gum Feeding in Primates. **Tese de Doutorado**. Anglia Ruskin University. Cambridge. Reino Unido. 2010.

STEVENSON, M. F.; POOLE, T. B. An ethogram of the common marmoset (*Callithrix jacchus jacchus*): General Behavioural Repertoire. **Animal Behaviour** (24): 428-451, 1976.

STEVENSON, M. F.; RYLANDS, A. B. The marmosets, genus *Callithrix*. In: MITTERMEIER, R. A.; RYLANDS, A. B.; COIMBRA-FILHO, A. C.; FONSECA, G. A. B. (eds). **Ecology and Behavior of Neotropical Primates**, v. 2 Washington: WWF, pp.131-222, 1988.

SUSSMAN, R. W.; KINZEY, W. G. The ecological role of the Callithrichidae: A Review. **Am. J. Phys. Anthropol**, v.64, p. 419-449, 1984.

TABARELLI, M.; VICENTE, A. Conhecimento sobre plantas lenhosas da Caatinga: lacunas geográficas e ecológicas. In: J.M.C. Silva, M. Tabarelli, M.T. Fonseca & L.V. Lins (orgs.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. p. 101-111. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2004.

TERBORGH, J. Five new world primates: a study in comparative ecology. Princeton: Princeton University Press, 251 p. 1983.

TERBORGH, J.; GOLDIZEN, A. W. On the mating system of the cooperatively breeding saddle-backed tamarin (*Saguinus fuscicollis*). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 16, p. 293-299, 1985.

TERBORGH, J.; STERN, M. The Surreptitious Life of the Saddle-backed Tamarin. **American Scientist**. Vol. 75 (3): 260-269, 1987.

THOMPSON, C. L.; VALENÇA-MONTENEGRO, M.M.; MELO, L. C. O.; VALLE, Y. B. M.; OLIVEIRA, M. A. B.; LUCAS, P. W. e VINYARD, C. J. Accessing foods can exert multiple distinct, and potentially competing, selective pressures on feeding in common marmoset monkeys. **Journal of Zoology**. Vol 294: 161-169.2014.

THOMPSON, C.L.; ROBL, N. J.; MELO, L. C. O.; VALENÇA-MONTENEGRO, M.M.; VALLE, Y. B. M.; OLIVEIRA, M. A. B. e VINYARD, C. J. Spatial distribution and exploitation of trees gouged by commom marmosets (*Callithrix jacchus*). **International Journal of Primatology**. Pp: 66-85, 2012.

VALENÇA-MONTENEGRO, M. M. Riscos associados à urbanização de uma área de ocorrência natural de *Callithrix*. **Dissertação de Mestrado**. Universidade federal Rural de Pernambuco. p. 63, 2002.

VALENÇA-MONTENEGRO, M. M.; OLIVEIRA, L. C.; PEREIRA, D. G.; OLIVEIRA, M. A. B.; VALLE, R.R. Avaliação do Risco de Extinção de *Callithrix jacchus* (LINNAEUS, 1758) no Brasil. Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira. ICMBio. <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/estado-de-conservacao/7204-mamiferos-callithrix-jacchus-sagui-de-tufo-branco.html>. Oficina de Avaliação do Estado de Conservação de Primatas Brasileiros. Data de realização: 30 de julho a 03 de agosto de 2012. Local: Iperó, SP. 2012.

VALLE, Y. B. M. Análise comportamental de fêmeas de *Callithrix jacchus*, sexualmente maduras nos períodos pré e pós-parto. **Monografia**. 42p. 2003.

VALLE, Y. B. M., OLIVEIRA, M. A. B., MELO, L. C. O., SILVA, L. A. M. e PEIXOTO, K. V. S. Mastofauna terrestre das Caatingas do Submédio São Francisco/PE. In: El-Deir, A. K. A.; Moura, G. J. B. e Araújo, E. L. (Eds) **Ecologia e Conservação de Ecossistemas do Nordeste do Brasil**. Editora NUPEEA, Recife. Pp. 313-337, 2012a.

VALLE, Y. B. M., OLIVEIRA, M. A. B., MELO, L. C. O., SILVA, L. A. M. e PEIXOTO, K. V. S. Sertanejos/Vaqueiros e Mamíferos em Caatinga Pernambucana (Sítio do Meio – Lagoa Grande, Pernambuco. In: El-Deir, A. K. A.; Moura, G. J. B. e Araújo, E. L. (Eds) **Ecologia e Conservação de Ecossistemas do Nordeste do Brasil**. Editora NUPEEA, Recife. Pp. 339-386, 2012b.

VANZOLINI, P.E., RAMOS-COSTA, A.M.M. & VITT, L.J. **Répteis das caatingas**. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 1980.

VEJA, Revista semanal (14 a 20 de janeiro) - **O Comportamento Monogâmico contribuiu para a Extinção de Espécies**. [www.veja.abril.com/ciências/genes da monogamia](http://www.veja.abril.com/ciências/genes_da_monogamia). 2019.

VELOSO, P. H.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro, IBGE. 1991.

VERÍSSIMO, K. C. S. 2007. Área domiciliar e utilização de recursos alimentares por saguis *Callithrix jacchus* na Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN Nossa Senhora do Outeiro de Maracaípe, Ipojuca, PE. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Pernambuco.

VERÍSSIMO, K. C. S., ZICKEL, C. S. ALMEIDA-JÚNIOR, E. B. E OLIVEIRA, M. A. B. *Callithrix jacchus* (Linnaeus, 1758) em uma restinga de Pernambuco. In: El-Deir, A. K. A.; Moura, G. J. B. e Araújo, E. L. (Eds) Ecologia e Conservação de Ecossistemas do Nordeste do Brasil. Editora NUPEEA, Recife. Pp. 387-400, 2012.

VILELA, A. A. & DEL-CLARO, K. Feeding behavior of the black-tufted-ear marmoset (*Callithrix penicillata*) (Primates, Callitrichidae) in a Tropical Cerrado Savanna. **Sociobiology**, Vol. 58, No. 2, 2011.

VINYARD, C. J., WALL, C. E.; WILLIAMS, S. H.; MORK, A. L.; ARMFIELD, B. A.; MELO, L. C. O. M.; VALENÇA-MONTENEGRO, M. M.; VALLE, Y. B. M.; OLIVEIRA, M. A. B.; LUCAS, P. W.; SCHMITT, D.; TAYLOR, A. B.; HYLANDER, W. L. Evolutionary Morphology of Tree Gouging in Marmosets. In: FORD, S. M.; PORTER, L. M.; DAVIS, L. C. (Eds) The Smallest Anthropoids: the marmoset/Callimico radiation. Pp. 395-410, 2009.

YAMAMOTO, M. E. From dependence to sexual maturity: the behavioral ontogeny of Callitrichidae. In: Rylands A (ed) **Marmosets and tamarins: systematics, behaviour and ecology**. Oxford University Press, Oxford, p. 235–25, 1993.

YAMAMOTO, M.E.; BOX, H. O. The role of non-reproductive helpers in infant care in captive *Callithrix jacchus*. **Ethology**, 103: 760-771. 1997.

YAMAMOTO, M.E.; ARRUDA, M. F.; ALENCAR, A. I.; SOUSA, M. B. C; ARRUDA, A. Mating systems and female-female competition in the common marmoset, *Callithrix jacchus*. In: FORD, S. M.; PORTER, L. M.; DAVIS, L. C. (Eds) *The Smallest Anthropoids: the marmoset/Callimico radiation*. Pp. 119-133, 2009.

WRANGHAM, R, W.; WATERMAN, P. G. Feeding behavior of Vervet monkeys on *Acacia tortilis* and *Acacia xanthophloea*: with special reference to reproductive strategies and tannin production. **Journal of Animal Ecology**, 50, p, 715-735. 1980.

ZANELLA, F. C. V. MARTINS, C. F. Abelhas da Caatinga: biogeografia, ecologia e conservação. In: I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva (Eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. p. 75-134. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. 2003.

CAPÍTULO II

Artigo a ser submetido a revista “Journal of Arid Environments” (ISSN 0140-1963).

Estabilidade de grupos periurbanos e selvagens de *Callithrix jacchus* no Bioma Caatinga

Leonardo Cesar de Oliveira Melo^{1*}, Marina Falcão Rodrigues², Rafaela Sayuri Takeshita³, Anísio Francisco Soares⁴, Maria Adélia Borstelmann de Oliveira⁵

¹Programa de Pós-graduação em Ciência Animal Tropical, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco 52171-900, Brasil

² Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco 52171-900, Brasil

³Center for International Collaboration and Advanced Studies in Primatology Primate Research Institute, Kyoto University Kanrin 41-2 Inuyama, Aichi 484-8506, Japan

⁴Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco 52171-900, Brasil

⁵Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco 52171-900, Brasil

*E-mail: lmelo609@gmail.com; telephone number: + 55 81 99949 7401

Introdução

A proficuidade reprodutiva é uma das características mais marcantes da família Callitrichidae, visto que, além de produzir proles gemelares, as fêmeas reprodutoras podem simultaneamente gerar novas proles ao mesmo tempo em que amamentam seus filhotes recém-nascidos (Kleiman 1977; Abbott et al., 1998). Portanto, não há outro primata que seja mais profícuo que os calitriquídeos a ponto de conseguir gerar, por baixo, quatro vezes mais filhotes por ano que qualquer outro primata ou prosímio.

Entre os representantes da família Callitrichidae, o sagui-do-Nordeste, *Callithrix jacchus*, se destaca pela sua capacidade de adaptação e de dispersão, ocupando rapidamente os ambientes disponíveis, independente de estes serem ou não em áreas de sua distribuição geográfica original.

A cooperação nos cuidados essenciais para viabilização das proles (Stevenson & Rylands, 1988; Yamamoto & Box, 1997) e a existência de um contingente de indivíduos adultos não reprodutores presentes, a desempenhar a função de “cuidadores” é, todavia, uma condição fundamental para garantir o estabelecimento de grupos de *Callithrix jacchus* nos diferentes ambientes em que a espécie ocorre (Stevenson & Rylands 1988; Rylands, 1996).

Em função de sua versatilidade ambiental (Rylands & Faria 1993), o sagui-do-Nordeste (*Callithrix jacchus*) é considerado um “colonizador de ambientes” (Ferrari 1986). Originalmente ele é encontrado nos ecossistemas do nordeste brasileiro que se estendem da costa ao interior, habitando as vegetações de mangues, restingas, dunas, matas úmidas e secas, se adentram pelos enclaves sertanejos do bioma Mata Atlântica (a exemplo dos chamados “brejos de altitude”), ocupando os ecótonos agrestinos e podem ainda ser observados em todos os tipos de vegetação típicas do rico mosaico heterogêneo que caracteriza o bioma Caatinga (Coimbra-Filho 1972; Maier et al. 1982 e Monteiro da Cruz 1998). Apesar de Mendes Pontes et al., (2006) suporem que as populações maiores de saguis estejam associadas às áreas com maior influência antrópica, outros trabalhos ressaltam que somada à plasticidade ecológica, o sagui-do-nordeste encontra-se tanto em florestas primitivas, quanto em áreas de matas secundárias, florestas em processo de regeneração natural ou ainda ambientes de borda (Rylands e Faria 1993; Mendes-Pontes & Monteiro da Cruz 1995). Atualmente, grupos de saguis podem facilmente ser observados em praças ou parques públicos em centros urbanos, não restritos à região Nordeste – sua área de endemismo original – mas em várias outras regiões do Brasil, tendo chegado à Argentina (Ferreira et al. in prep.).

Esses animais vivem em unidades sociais denominadas “famílias nucleares” ou “famílias expandidas” podendo conter de 3 a 15 indivíduos (Digby 1995). Quando cativos e mantidos em grupos multi-machos e multi-fêmeas, dificilmente conseguem se arranjar na forma de casais estáveis, pois quase sempre, mostram-se intolerantes aos conspecíficos não aparentados do mesmo sexo (Abbott 1984). A fêmea dominante é a única reprodutora do grupo cativo, pois ela se utiliza de mecanismos fisiológicos e comportamentais que causam a supressão da fertilidade nas demais fêmeas de seu grupo social (Hearn, 1983).

Rosemberger (1977) atenta para as variações observadas no modo de organização social e nas estratégias reprodutivas e sugere que estas teriam suscitado uma expressiva atenção sobre os representantes da família Callitrichidae. Inicialmente se supunha que os calitriquídeos de vida livre formavam grupos monogâmicos, entretanto, a partir de estudos de campo de longa duração, foram identificados sistemas sociais mais flexíveis e um inesperado alto grau de “turnover” dos membros dos grupos, trazendo como consequência, padrões de acasalamento mais variáveis (Monteiro da Cruz, 1998). Esse movimento frequente intragrupo entre membros é também reportado por Neyman (1977)

para *Saguinus oedipus*, por Terborgh & Goldizen (1985) e Goldizen (1987) para *Saguinus fuscicollis* e por Ferrari (1988) para *Callithrix flaviceps*.

De acordo com Dawson (1977) eventos de “turnover” são importantes para a renovação da carga genética intragrupo. Por outro lado, quando a frequência dessa troca de indivíduos entre grupos sofre drástica redução, as consequências podem seguir caminhos opostos ao da renovação genética, como pontua Melo et al., em artigo em preparação, constante no capítulo 5 da presente tese. Nesse artigo, eles observaram que grupos de saguis mantidos sob uma condição de “restrição de habitat” e consequente isolamento, acabam favorecendo os atípicos efeitos da segregação genética (endogamia), o que pode ter resultado na ocorrência de partições de díades com 50% e 100% de albinas na Caatinga em Pernambuco.

Quanto a estabilidade socio-sexual dos grupos, Hilário & Ferrari (2010) ressaltaram a adequação de *C. flaviceps* para vários sistemas tais como, a própria monogamia e a poliginia, e concluem que, junto com a poliandria (Rylands 1996) os eventos de supressão de ovulação das fêmeas subordinadas pela fêmea dominante na natureza podem ser superados. Alguns estudos propunham evidências como a formação exclusiva de casais permanentes e exclusivos no cativeiro (Evans e Poole, 1984), a presença do pai como importante cuidador dos filhos dependentes (Yamamoto et al. 1997) e a hostilidade intrasexual a estranhos conspecíficos (Araújo 1996), como justificativas para a monogamia como padrão reprodutivo em saguis-do-Nordeste. Todavia, Monteiro da Cruz (1998), tendo monitorado por mais de quatro anos uma população de vida livre de *Callithrix jacchus*, observou múltiplos sistemas de acasalamento, porém, todos mantiveram o sistema comunitário de criação dos filhotes (communal breeding system). Verificou ainda, que as composições e o número de indivíduos eram tão variáveis dentro das classes de idade e sexo, que preferiu utilizar o termo “famílias estendidas”, como o proposto por Stevenson & Rylands (1988). Ao final, assume-se como verdadeiro, a proposição de que “na natureza o padrão obedecido pelos pequenos calitriquídeos mostra ser aquele que mais se harmoniza com os contextos ecológicos e sociais do momento vivenciado pelo grupo”. Ou seja, “os padrões sociais são mutantes no espaço e no tempo”.

Vários aspectos da vida do *C. jacchus* tem sido objeto de inúmeros estudos, tanto em ambiente natural, quanto na condição de cativeiro e enfocam aspectos que vão desde a ecologia comportamental até a fisiologia reprodutiva (Stevenson & Rylands 1988;

Alonso & Langguht 1989; Maier *et al.*, 1982; Scanlon *et al.*, 1988; 1989; Mendes Pontes & Monteiro da Cruz 1995, Monteiro da Cruz 1998, Bezerra 2006; Colombo 2009; Silva *et al.*, 2018). A maioria desses estudos, entretanto, restringe-se aos ambientes mésicos atlânticos e, menos de uma dezena de estudos realizados com a espécie no bioma Caatinga (Cutrim, 2007, Martins, 2007; Ribeiro, 2007; Ferreira *et al.*, 2009; Amora, 2013, Amora *et al.*, 2013 e Francisco *et al.*, 2014), ainda assim, limitam-se à abordagens sobre ecologia comportamental e alimentar de *C. jacchus*.

Foi, portanto, considerando-se o potencial biológico do bioma e a carência de informações eco fisiológicas do sagui-do-nordeste vivendo na Caatinga que se planejou o presente estudo. Prioritariamente, levantou-se a hipótese de que, considerando as marcadas diferenças entre os períodos secos e chuvosos do bioma Caatinga, os nascimentos de filhotes nos grupos monitorados seriam sazonais e sujeitos às flutuações climáticas – em especial aos níveis de precipitação pluviométrica e de temperatura. A partir dessa hipótese fez-se uma primeira predição de que as fêmeas estariam grávidas prioritariamente no final da estação seca, de modo que os nascimentos ocorreriam em plena estação chuvosa, momento em que melhor aproveitarem a abundância de água, insetos e eventuais frutos na natureza. Também, buscando entender como grupos periurbanos e selvagens se estruturariam em termos de composição (número de indivíduos) e organização social em face da estacionalidade climática, fez-se uma segunda predição. Assim, os grupos selvagens seriam mais sensíveis à redução hídrica da estação seca que os grupos periurbanos, reduzindo seu deslocamento para economizar energia, e com isso reduzindo o tamanho da área de vida, ao tempo que também evitaria a ocorrência de nascimentos nessa estação.

Material e Métodos

Área de estudo

A área de estudo situava-se no limite entre os municípios de Sertânia e Buíque – Pernambuco (Coordenadas: 8° 24' S / 37° 03' W), à altura do quilômetro 262 da Rodovia BR 232 (Figura 1). Em conformidade com Araújo et al., (1998) a região caracteriza-se pela heterogeneidade do relevo, do clima e do solo, com repercussões nas formações fito-fisionômicas florestais e não-florestais (plantios agrícolas), com variação na deciduidade foliar que varia de perenifólia a semidecíduas e decídua.

Em dois diferentes cenários foram, portanto, desenvolvidos os estudos. Um primeiro denominado “periurbano” e outro com condições biológicas mais preservadas, denominado “selvagem”. Dado aos processos antropogênicos a que esteve submetida, a primeira área encontrava-se descaracterizada em termos florísticos e fisionômico, contendo, quase que exclusivamente, elementos esparsos de *Prosopis juliflora* (algaroba), espécie vegetal de importância econômica e agrícola para os donos dos sítios, além de outros cultivares utilizados na manutenção de rebanhos bovino. A segunda área, intacta, era floristicamente composta por elementos arbóreos, genericamente representados por *Anadenanthera colubrina* (angico vermelho), *Myracrodruon urundeuva* (aroeira), *Caesalpinia pyranidalis* (catingueira), *Caesalpinia ferrea* (jucá), *Schinopsis brasiliensis* (baraúna), *Amburana cearensis* (imburana-de-cheiro), *Bursera leptophleos* (imburana-de-cambao) e *Mimosa ophthalmocentra* (jurema de imbira), além de um variado grupo de vegetação de sub-bosque.

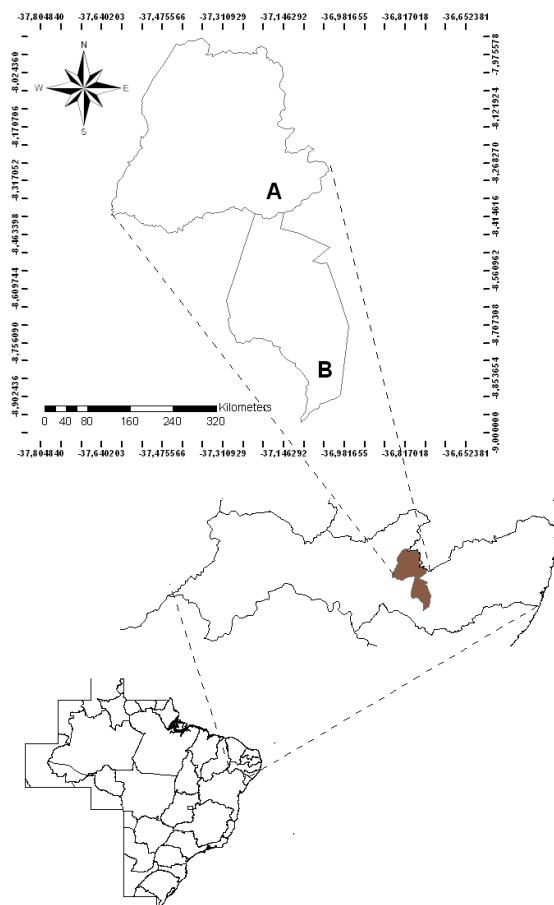


Figura 1. Mapas representativos do Brasil, ressaltando o mapa de Pernambuco e nele, os mapas dos municípios de Sertânia (A) e Buíque (B) – área do presente estudo.

Dados climáticos

Os dados meteorológicos foram obtidos da APAC 2019, coletados através da Estação de Coletora 145, do município de Buíque, e expressam a variação climática da área de estudo nos períodos de 2004 a 2007, correspondente à duração do trabalho de campo. Os dados pluviométricos seguiram a convenção da Organização Meteorológica Mundial (OMM) e foram obtidos no Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMSA). Eles foram gerados a partir de coletas diárias, sempre às sete horas da manhã de um dia e estendendo-se até às sete horas do dia seguinte. De posse dessas informações,

foi elaborado um climograma, através do qual se pode visualizar como se distribuíram as precipitações para o período (Figura 2).

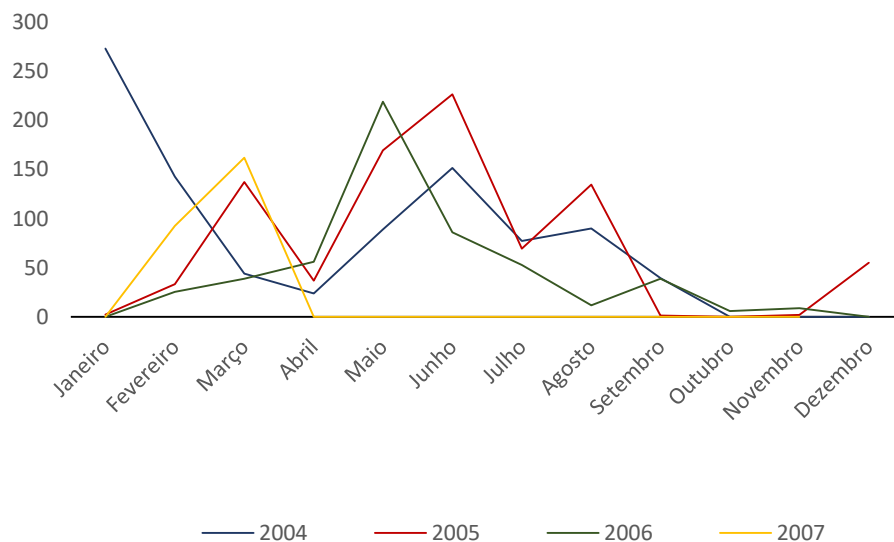


Figura 2. Climograma do Município de Buíque – PE, ao longo do período de coleta de dados, entre 2004 e 2007.

Grupos periurbanos e selvagens de saguis e suas respectivas áreas de uso

Durante o trabalho de identificação dos grupos e de suas respectivas áreas de uso, optou-se, num primeiro momento, selecionar aqueles que se situavam nos arredores dos pequenos sítios pertencentes aos moradores da comunidade rural, ou seja, à zona periurbana da Caatinga. Nesta etapa, as buscas se iniciavam, quase sempre às 07 horas da manhã e terminava por volta das 13h.

Em pelo menos um dos dias as buscas eram feitas no início da tarde, sempre a partir das 13 horas e era finalizado por volta das 17h30min, oportunidade em que, via de regra, os grupos de saguis, na natureza se recolhem aos locais de pernoite (Monteiro da Cruz, 1998). As rotas de deslocamento dos grupos ao longo do dia de atividade nas respectivas áreas de uso foram tomadas com o auxílio de um GPS (modelo Etrex da Garmin). O acompanhamento dos indivíduos durante a entrada e, em algumas oportunidades, durante a saída do local de pernoite, foi o critério confirmatório para a composição dos grupos. Os grupos então definidos por “periurbanos” foram identificados e habituados à presença do pesquisador.

Os grupos de saguis identificados no presente estudo como grupos “selvagens”, distinguiam-se em função das condições físicas e socioambientais de suas áreas de vida, pois habitavam os “pés” da Serra da Lagoa, também localizada no município de Buíque (0703324 / 9065938 UTM, elevação: 742 metros). Esta zona distava aproximadamente 04 quilômetros da zona periurbana (Figura 3).

Para a identificação dos grupos selvagens foram estabelecidos três transectos (Burnham et al., 1980) paralelos entre si, distantes 50 metros entre eles e com extensão de 900 metros cada, distância esta, correspondente à extensão da própria montanha (dos pés ao topo da serra). Para esta etapa do estudo, dispôs-se da ajuda de um mateiro que, além fora treinado nas técnicas utilizadas no estudo e acompanhava o pesquisador nas caminhadas durante os três primeiros dias das semanas, e dava continuidade nas coletas de dados, durante os finais de semana. Portanto, durante todo o mês de março de 2006 e por 5 dias de cada uma das semanas, o pesquisador e o mateiro realizaram caminhadas para a localização e identificação dos grupos e das árvores gomíferas, especialmente, aquelas que continham marcas recentes (com presença de goma geleificada e/ou marcar de roedura nos troncos das espécies gomíferas quase sempre de coloração avermelhada). O percurso total da caminhada através dos transectos durava aproximadamente duas horas, e era realizado tanto pela manhã, quanto pela tarde. O emprego desta técnica, somado ao avistamento dos animais na vegetação, mostrou-se útil na identificação e definição das suas áreas de uso nos períodos estacionais. Nestas situações, este método era alterado de modo a permitir o acompanhamento dos mesmos até os locais de descanso diurno ou pernoite, dependendo do período em que se iniciava o trabalho (manhã ou tarde).

Em todas as oportunidades acima citadas, registrou-se o local do avistamento com o uso de um GPS. Entretanto a identificação e a definição das áreas de uso para cada um dos grupos se deu, prioritariamente, a partir do registro de entrada e saída dos indivíduos nos locais de pernoite. Assumiu-se também que os locais de uso exclusivo de cada grupo seriam aqueles em que os animais fossem vistos durante o descanso diurno ou durante a realização de atividades sociais de afiliação (alocação, descanso em contato corporal, brincadeira, entre outros), comuns nos horários mais quentes do dia.

Para ambos os cenários ecológicos (consórcio com diversos plantios agrícolas e caatinga arbórea – arbustiva exclusiva), as coletas dos dados cobriram prioritariamente,

por duas vezes, o curto período de chuvas – de abril a agosto -, entremeado pelo período seco – de setembro a março-, este mais extenso, entre os anos de 2004 e 2007.

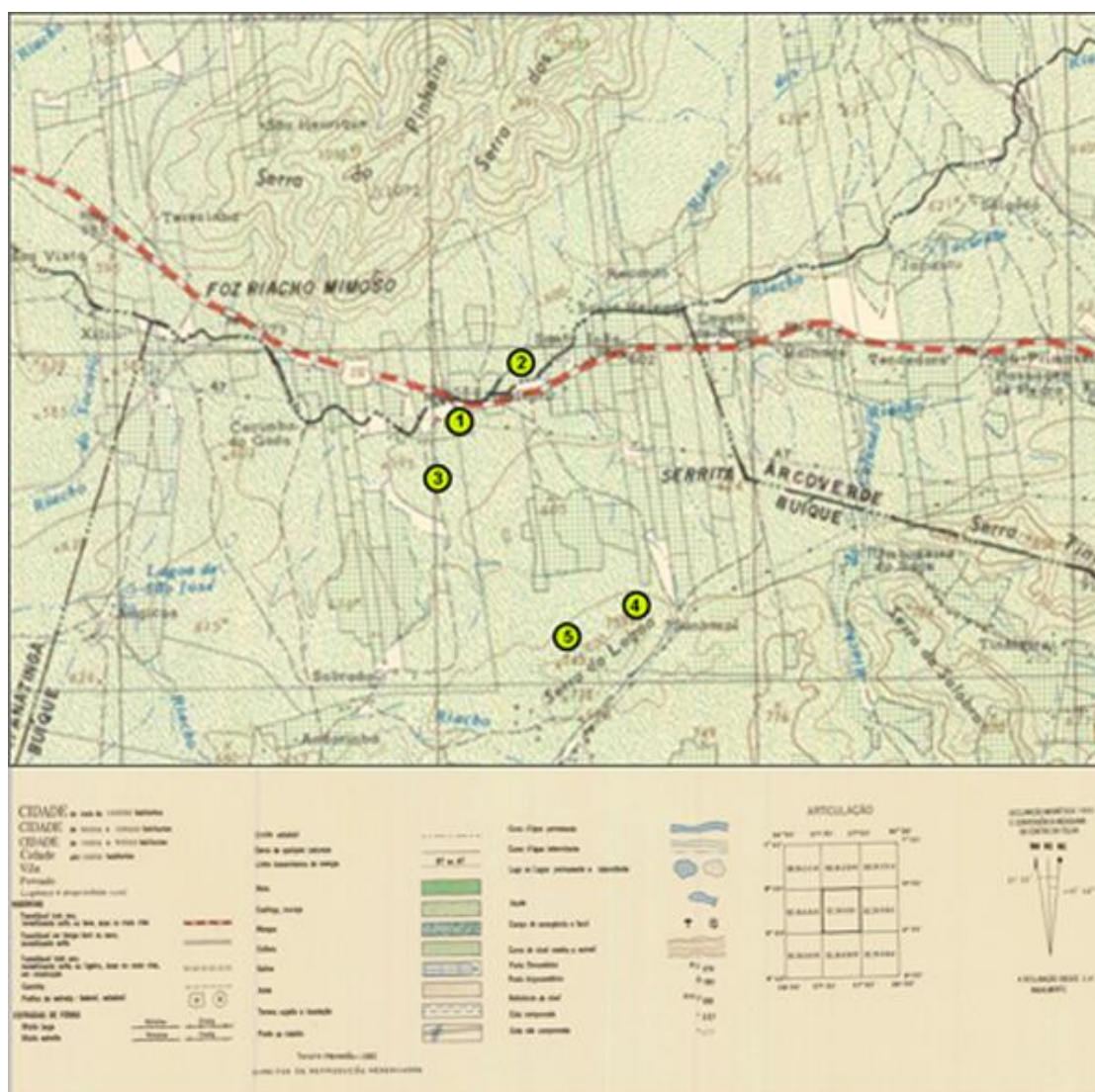


Figura 3. Carta-imagem do Município de Arcoverde, mostrando os limites entre os municípios de Sertânia e Buíque (Pernambuco, Brasil), e os pontos de ocorrência dos cinco grupos de saguis monitorados (círculos numerados) entre 2004 e 2007.

Coleta de dados comportamentais

Dos cinco grupos identificados realizou-se um trabalho de habituação à presença dos observadores, o que possibilitou o trabalho de monitoramento e coleta de dados de comportamento. As sessões tiveram duração média de oito horas, estimado em 2/3 do tempo ativo dos animais, com prevalência do período que se iniciava às 05h e findava-se às 13h, do que do período entre 10h e 18h. Às tardes as observações se estendiam até 10 minutos após o total recolhimento do grupo ao local de pernoite.

Classificação sexo-etária

No presente estudo assumiu-se a classificação utilizada por Monteiro da Cruz (1998) que define as seguintes classes de idade: infantes ($0 \geq 6$ meses) – sem tufos auriculares ou com tufos curtos e pequeno tamanho corporal, guardando certa dependência dos adultos no que se refere ao deslocamento e à alimentação; jovens ($6 \geq 12$ meses) – com tufos e tamanho corporal intermediários e totalmente independentes; e adultos (acima de 12 meses) – tufos e tamanho corporal máximos para a espécie. Com a habituação dos grupos de saguis, foi possível distinguir os indivíduos por suas marcas corporais, pelo comportamento e individualidade e pela genitália, particularmente no caso dos adultos. Em apenas um dos grupos, empreendeu-se esforço de captura, seguindo protocolo desenvolvido por Monteiro da Cruz (1998).

Análise dos dados

Para cálculo da área de uso defendida por cada um dos grupos, utilizou-se o programa CALHOME. Ele transforma 95% (para evitar áreas superestimadas) do total dos pontos obtidos com o uso de GPS (coordenadas em UTM) na construção de polígonos convexos, e obtém a área de cada grupo em hectares. A contagem do tamanho dos grupos era realizada diariamente e um valor médio foi obtido para cada período estacional (seco e chuvoso). Com esses valores médios por estação foi utilizada a Correlação de Spearman (a 0.05% de significância) entre a temperatura ambiente e o tamanho dos grupos e entre a precipitação pluviométrica e o tamanho dos grupos.

Resultados

Na primeira etapa da coleta de dados, três grupos foram identificados e habituados na zona periurbana das comunidades rurais do local de estudo. Nesta fase, dispensou-se um total de 35 dias, trabalhando-se uma média de seis horas/dia, o que correspondeu a 210 horas de esforço observacional. Entre os meses de novembro de 2004 e dezembro de 2005, privilegiaram-se as coletas de dados ecológicos e comportamentais do grupo de saguis habitado, denominado “Hermeto”. A razão para tal nome (em referência ao músico e compositor brasileiro Hermeto Pascoal) deveu-se ao fato de registrar-se nesse grupo o nascimento de uma díade contendo um indivíduo albino e outro de coloração padrão para a espécie (o albinismo será um tema tratado nos capítulos 5 e 6 desta tese).

Neste grupo investiu-se um total de 982 horas para coletas de dados ecológicos e comportamentais, totalizando, exatos 5.117 registros comportamentais. Os dois outros grupos periurbanos (denominados de “Vanderlino” e “Nino”, em referência a moradores da localidade) (Figura 3), foram identificados e monitorados concomitantemente, tendo-se obtido dados ecológicos e sociais de composição, arranjo sexual e etário, área de uso e alimentos consumidos ao longo das duas estações climáticas (seca e chuvosa).

Na segunda etapa do estudo - entre março de 2006 e abril de 2007 - empreenderam-se esforços na identificação e monitoramento de outros dois grupos vivendo em áreas que não estavam sujeitas às pressões antropogênicas dos grupos periurbanos (Figura 3). Os grupos foram denominados Grotão e Serrote, em referência às denominações utilizadas pelos moradores locais. As caminhadas na área de uso desses grupos selvagens cobriram uma extensão de caminhada de 2.700 metros e totalizaram um esforço observacional de 240 horas.

Composição dos grupos periurbanos e selvagens

O Grupo I (Hermeto), no período chuvoso, era composto por nove (09) indivíduos (Tabela I): CV e M – macho e fêmea reprodutores, VS, F e S – fêmeas e macho adultos não reprodutores, N e T – macho e fêmea jovens e, H e P – infantes. Ressalte-se aqui, o primeiro registro de uma díade contendo indivíduo albino na caatinga. (Melo et al, em prep. Capítulos 5 e 6 dessa tese).

Na estação seca, o grupo “Hermeto” reduziu o número para oito (08) indivíduos, dado a emigração da fêmea “VS”. Durante os trabalhos de acompanhamento de coleta

de dados comportamentais foi possível observar eventos de deslocamento (perseguição) por parte da fêmea reprodutora direcionados a ela. Posteriormente à sua saída do grupo, a fêmea VS foi avistada por seis dias consecutivos numa área a três quilômetros (3 km) de distância do seu grupo de origem, na companhia de dois machos adultos. Outro evento que se junta a este relato de mudança na composição do grupo, diz respeito à predação sofrida pelo albino (Sivuca) – relatada no capítulo 5 desta tese.

Na estação chuvosa os grupos Vanderlino e Nino, apresentaram-se compostos por 11 e 07 indivíduos, respectivamente. Para o Grupo “Vanderlino” as classes de idade e sexo foram: um macho e uma fêmea reprodutores, três (03) fêmeas adultas subordinadas, dois (02) machos adultos, um macho e uma fêmea jovens e dois infantes machos. A composição sexo-etária do Grupo “Nino” era: um macho e uma fêmea reprodutores, duas fêmeas adultas subordinadas, um macho e uma fêmea jovens e apenas um (01) infante macho.

Durante a estação seca, e levando em consideração as mudanças naturais das passagens da classe jovem para adulta e de infante para jovem, estes dois grupos sofreram modificação na sua composição apenas em nível sexo-etário. O Grupo “Vanderlino” sofreu uma redução de dois indivíduos. Permaneceu com o mesmo casal reprodutor, reduziu de três para duas fêmeas adultas subordinadas, aumentou de dois para três machos adultos (com a provável ascensão do macho jovem para a categoria de adulto) e dois machos jovens (os dois infantes machos que ascenderam para esta categoria), totalizando nove (09) indivíduos.

No Grupo “Nino” manteve-se o mesmo total de sete (07) indivíduos, com os mesmos indivíduos que apenas ascenderam de classe, qual sejam: o mesmo casal reprodutor, três (03) fêmeas adultas subordinadas (com a ascensão da fêmea jovem a categoria adulta), um (01) macho adulto subordinado (com a ascensão do macho jovem a esta categoria) e 01 macho jovem (do infante que ascendeu para esta classe).

Para os grupos selvagens, em termos de número de indivíduos, o Grupo “Grotão” permaneceu com o mesmo tamanho [sete (07) indivíduos] em ambas as estações, enquanto o Grupo “Serrote” reduziu de sete (07) indivíduos na estação seca para cinco (05) indivíduos na estação chuvosa. A análise das relações entre o tamanho das áreas de uso nos períodos seco e chuvoso pelos grupos Periurbanos e Selvagens.

Tabela II. Variações na composição de grupo (número de indivíduos) e no tamanho das áreas de uso em hectares, utilizando 95% dos pontos, nos anos de 2004 a 2007.

Estação	Categorização dos Grupos	Grupos	Tamanho da área (95%)	Nº Indiv
Seca	Periurbano	Nino	3.74ha	7
		Vander	1.6ha	9
	Selvagem	Hermeto	3.57ha	8
		Grotão	1.45ha	7
		Serrote	3.94ha	7
Chuvoso	Periurbano	Nino	3.74 ha	7
		Vander	1.6 ha	11
	Selvagem	Hermeto	3.57 ha	9
		Grotão	0.66 ha	7
		Serrote	1.2 ha	5

Legenda: Nº Indiv. = número de indivíduos.

A análise das relações entre o tamanho das áreas de uso nos períodos seco e chuvoso pelos grupos Periurbanos e Selvagens convergem, em linhas gerais, com aqueles apresentados por Monteiro da Cruz (1998) para saguis vivendo num fragmento de mata Atlântica no mesmo o estado. Entretanto, divergem substancialmente com aqueles apresentados por Alonso e Langguth (1989), também realizado em um fragmento de floresta Atlântica.

Periodicidade dos nascimentos

Como pode ser visto os gráficos de correlação entre “Nascimentos” *versus* “Pluviometria” e “Nascimento” *versus* “Temperatura” (Figura 4), tanto os grupos periurbanos, quanto grupos selvagens mantiveram-se reprodutivamente ativos em ambos os períodos estacionais.

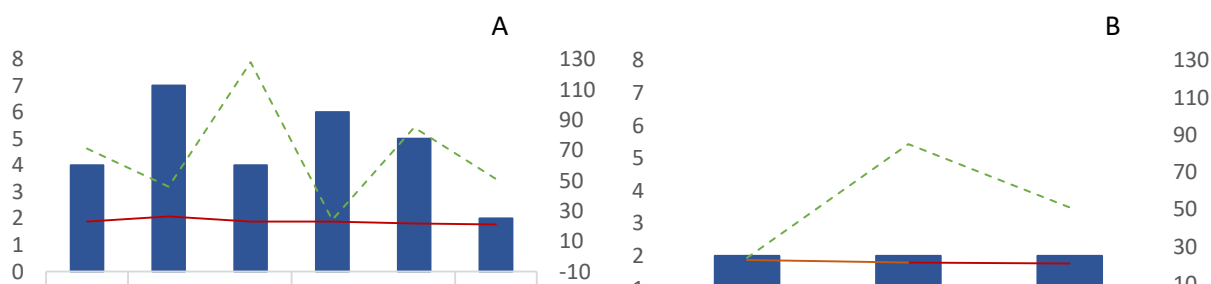


Figura 4. Número de nascimentos registrados nos cinco grupos periurbanos (A) observados entre 2004 e 2007, e dois grupos selvagens (B) observados entre 2006 e 2007, no município de Buíque, Pernambuco, Brasil.

Quando analisados em separado, ou seja, grupos periurbanos e grupos selvagens *versus* estacionalidade e temperatura, observou-se não haver qualquer diferença ou indicativo de tendência de flutuação na periodicidade reprodutiva para os ambos os grupos. Ou seja, nem temperatura – que se manteve com pouca variação ao longo do tempo, algo em torno de 23°C (vinte e três graus centígrados), nem a pluviosidade teria imprimido qualquer tendência de ritmicidade cíclico-hormonal e reprodutiva e, portanto, de nascimento nos animais.

Estatisticamente, observou-se que não houve correlação significativa entre número de nascimentos e pluviometria (Spearman's rho= - 0.86, P= 0,66) nem entre o número de nascimentos e a temperatura ambiental (Spearman's rho= -0.86, P=0,66) para ambos os grupos selvagens. O mesmo modo foi alcançado quando buscou-se entender a correlação entre o número de nascimentos, tanto para a pluviometria quanto para a temperatura, para os grupos periurbanos (respectivamente, Spearman's rho= - 0.21, P= 0,73) e (Spearman's rho= - 0.21, P= 0,73).

Discussão

Refutando a hipótese de que no bioma Caatinga os nascimentos seriam dependentes das flutuações ambientais, observou-se que para os cinco grupos

monitorados, eles ocorreram ao longo de todo o período do estudo, independente da temperatura, da precipitação pluviométrica; independente também de se tratar de grupos de saguis que habitaram zonas agriculturáveis na Caatinga (modificada pelas intervenções humanas – grupos periurbanos) ou viviam na Caatinga preservada (zona florestada sem intervenção humana visível – grupos selvagens).

Dos três grupos periurbanos o Grupo Hermeto, alvo de um esforço observacional de quase mil horas (982 horas para ser exato), praticamente, não foi afetado pelas mudanças sazonais. Este fato foi também observado para os outros dois grupos - Vanderlino e Nino, os quais ocupavam áreas com as mesmas características em termos de níveis de antropização na Caatinga. As mudanças observadas no tamanho e na composição do grupo Hermeto se restringiram à emigração de uma das fêmeas adultas e à morte por predação do filhote macho albino, ou relativas às alterações das passagens naturais de classe de idade ao longo do tempo.

Sobre a disponibilidade de alimento em função da estacionalidade

Alguns estudos, tanto para calitriquídeos mantidos em cativeiro quanto para animais de vida livre, sugerem tendência de sazonalidade reprodutiva como decorrência da disponibilidade de recursos alimentares (Coimbra-Filho & Maia 1979, Goldizen et al. 1988, Dietz et al 1994), em desacordo com os nossos resultados. Goldizen et al (1988), estudando *Saguinus fuscicollis*, sugeriu a existência de uma “sazonalidade reprodutiva”, de modo que os nascimentos seriam ajustados para que a lactação e os cuidados na viabilização da prole ocorressem nos períodos de maior abundância de alimento. Hubrecht (1984) por sua vez, e Monteiro da Cruz (1998), ambos estudando *Callithrix jacchus*, observaram intervalos entre partos de 5 a 7 meses, independente da estação climática em concordância com os resultados do presente estudo.

Embora a maioria dos estudos de campo com calitriquídeos sugerissem a sazonalidade nos nascimentos, Monteiro da Cruz (1998) e Stevenson & Rylands (1988) consideraram esses dados questionáveis. Anteriormente, Rylands (1981) havia observado fêmeas de *C. hunerlifer* reproduzindo subsequencialmente nos meses de setembro, fevereiro e agosto na Bacia Amazônica e, Soini (1982) na mesma grande Bacia, registrou fêmeas de *Cebuella pygmea* reproduzindo mais de uma prole por ano. Embora haja algum consenso de que os efeitos da flutuação dos recursos alimentares possam afetar a função endócrina e o comportamento sexual em populações de

calitriquídeos na natureza, reconhece-se que este é ainda hoje um universo desconhecido e dependente da espécie de primata e do contexto ecológico.

Vários estudos com calitriquídeos (Kleiman et al., 1988; Snowdon & Soini, 1988; Ferrari & Lopes Ferrari 1989), sugerem a existência de adequação tanto de ordem ecológica quanto comportamental que implicaria na existência de picos anuais de nascimentos concentrados na estação úmida. Todavia, Monteiro da Cruz (1998), contrapondo-se a Goldizen et al. (1988), observou que os nascimentos ocorridos em *Callithrix jacchus* na Estação Ecológica do Tapacurá, se distribuíram equitativamente ao longo do ano, embora de modo assíncronico entre os diferentes grupos. As partições teriam ocorrido em maior número na estação seca, todavia, a diferença desses valores em relação aos nascimentos durante a estação chuvosa, não mostrou-se significativa.

No presente estudo, verificou-se não haver qualquer tendência nesta direção, pois os grupos de ambos os cenários (peri-urbanos e selvagens), mantiveram-se reprodutivamente ativos de modo indiferentes à estacionalidade ou flutuação climática. Os animais mantiveram-se fortemente gomívoros, com valores de consumo na ordem de 50% de goma em relação ao total dos itens alimentares, para ambas as estações climáticas (c.f. capítulo 3 desta tese). Pode-se concluir que, no que se refere ao tipo de alimento, o tamanho dos grupos do presente estudo – no qual os nascimentos gemelares representam o principal fator de variação – seria indiferente a eventuais flutuações na disponibilidade dos chamados “recursos preferidos” (Scanlon et al. 1991; Ferrari, 1996), a exemplo dos frutos.

Sobre a variação na composição e no tamanho dos grupos em função da estacionalidade

Monteiro da Cruz (1998), citando Sibly (1983), versa sobre “*tamanho ótimo*” de grupos selvagens e propõe a existência de “grupos estáveis”, e não “grupos ótimos”. Em seu estudo ela encontrou variações no número de indivíduos por grupo na ordem de 3 a 13, números estes comparáveis àqueles encontrados por Alonso e Langguth (1989), estudando a mesma espécie em um fragmento de Mata Atlântica na Paraíba. No presente estudo foi observada a ocorrência de composições de grupos variando entre 5 e 11 animais, com uma média de 8,3 indivíduos para o cenário periurbano e uma média de 6,5 indivíduos para o cenário selvagem. Ou seja, concorda-se com a tendência de “tamanhos estáveis” para ambos os cenários ao longo de todo estudo. Esses dados

convergem também com aqueles obtidos por Amora (2013) e Martins (2007), que observaram variações quantitativas com valores entre 7 e 10 animais, durante seus estudos.

Embora no presente estudo tenha sido observada a presença de grupos com tamanho e composição regulares ou estáveis, assume-se que também aqui o monitoramento sofrera solução de continuidade. Entretanto, dois casos de mudanças na composição, ambos no grupo “Hermeto”, foram registrados. O primeiro deles se deu por de morte por predação do indivíduo albino – relato que será tratado no capítulo 5 desta tese. O único caso de mudança na composição foi o registro de emigração promovido pela fêmea adulta “VS”. Como fora dito acima, esta fêmea fora observada em companhia de dois machos adultos, a três quilômetros de distância da área de uso de seu grupo original. Os dados de comportamento levantados no período que antecedeu a dispersão, registraram sistemáticos eventos de perseguição e deslocamento da fêmea VS por parte da fêmea reprodutora do grupo. Suspeitou-se, contudo, que alguns dos elementos impulsionadores desse fato estariam relacionados a uma necessidade natural de busca do seu sucesso reprodutivo ou, de uma forma mais direta, uma estratégia de esquiva à pressão da fêmea reprodutora, visto que esta se encontrava na fase pré-parto. Esse registro apoia-se, portanto, nas assertivas apresentadas em outros estudos (Hubrecht 1984 e Monteiro da Cruz 1998) quando fora observado que fêmeas, em estágio de maturidade sexual, migram mais do que machos.

Segundo Dawson (1977), os processos migratórios intragrupo são quase sempre vistos como benéficos por possibilitar os níveis de heterozigose da população, por reduzir os riscos de deriva genética e a conseqüente perda de integridade gênica das espécies. Monteiro da Cruz (1998), dissertando sobre o tema, reforçou que os aspectos negativos associados às dispersões estariam relacionados com o aumento dos riscos de predação e a dificuldade de integração a um novo grupo social de saguis. A esse respeito, Hubrecht (1984) registrou mais perdas (desaparecimentos) do que imigrações intragrupos em *C. jacchus* e propôs que essa espécie tenderia a manter grupos mais estáveis do que os grupos de *Saguinus*, estudas por Dawson (1977).

Em termos comparativos Hubrecht (1984) observou maior estabilidade nos grupos de *C. jacchus* e propôs que essa estabilidade estaria relacionada com o tipo de habitat em que os grupos viviam estes, supostamente mais íntegros e diversos em termos estruturais. Em convergência com Dawson (1977), nossos dados indicaram também

uma maior estabilidade intergrupo ao longo do ano, independentemente da periodicidade climática para os grupos de ambos os cenários (c.f Tabela I).

A análise das relações entre o tamanho das áreas de uso frente à estacionalidade – período seco e período chuvoso, pelos grupos de ambos os cenários, convergem, em linhas gerais, com aqueles apresentados por Monteiro da Cruz (1998) para grupos de saguis vivendo num fragmento de mata Atlântica, mas divergem substancialmente com aqueles apresentados por Alonso e Langguth (1989), também realizado em um fragmento de floresta Atlântica.

Todavia, digno de nota, foi observar que os dois grupos selvagens, cujas áreas de uso ocuparam toda a extensão do sopé ao topo de uma serra, as mudanças em termos de tamanho e composição dos grupos também foram pífias, e inesperadamente, suas áreas de uso sofreram uma redução drástica na estação chuvosa. Porque os grupos selvagens mostraram uma redução drástica no tamanho das suas áreas de vida, justamente na estação chuvosa? Essa resposta encontra convergência com os dados apresentados por Castro (que em 2003 estudara grupos de saguis em ambientes méxicos), embora se mostrem divergentes dos dados apresentados por Amora et al (2013) para o ambiente xerófito da Caatinga de Sergipe.

Odum (1985) ressalta a necessidade de uma distinção entre alterações meramente sazonais no tamanho de grupos e populações, pois estas estão sujeitas às adaptações bionômicas relacionadas com mudanças ambientais, daquelas estritamente ligadas às flutuações anuais. Assim, respondendo pelas flutuações anuais, estariam os fatores extrínsecos aos organismos de um determinado ambiente, a exemplo dos fatores físicos. Numa outra escala, estariam os fatores que agem mais diretamente sobre a biota, a exemplo da disponibilidade de alimentos e de proteção dos indivíduos e grupos. Em se assumindo esta assertiva como verdadeira, variações na dinâmica dos processos extrínsecos podem interferir substancialmente nos processos dinâmicos dos grupos animais estudados. Este, no entanto, é ainda um terreno obscuro e carente de estudos de longo prazo.

O teste utilizado refutou a hipótese de que haveria uma correlação entre fatores climáticos, particularmente a precipitação pluviométrica e a temperatura como o principal fator de mudança na composição dos grupos relacionada com os nascimentos. Os valores percentuais revelaram que os nascimentos, embora apresentassem um valor

ligeiramente acima para nascimento na estação seca, mostraram-se estatisticamente não significativo. Assim foi refutada também a primeira predição de que a estação chuvosa teria um maior número de nascimentos.

A segunda predição, entretanto, não foi totalmente refutada, visto que enquanto nos grupos periurbanos, e de modo independente da mudança de tamanho e composição dos três grupos estudados, as áreas de vida permaneceram as mesmas; enquanto que nos grupos selvagens foi observada uma expressiva modificação no tamanho das áreas de vida. Conforme previsto, os grupos selvagens foram mais sensíveis às alterações climáticas, no entanto, a “direção” das mudanças seguiu um rumo contrário à predição, que apostou em uma redução da área de vida durante a estação seca como forma de conservar energia na diminuição ou ausência de água, e conseqüentemente de frutos e de insetos. Algo que se justificaria pela eventual concentração dos recursos alimentares em áreas menores, revertendo-se em menor esforço e conseqüente menor gasto de energia para serem atendidas as suas necessidades nutricionais.

Também para o presente estudo, foram divergentes os valores de tamanho da área de uso de *C. jacchus* vivendo nos ambientes méxicos (Monteiro da Cruz 1998). Os grupos periurbanos, diferentemente dos grupos selvagens, mantiveram os mesmos valores nos tamanhos de suas áreas de uso independentemente das estacionalidade. Algo justificável por estas áreas conterem múltiplas possibilidades de abrigo e alimento, muitas vezes obtidos de dentro das casas dos moradores dos sítios ou diretamente dos cultivos agrícolas.

Assume-se que todos estes pressupostos alinham-se com aqueles levantados por Hubrecht (1984) – áreas comparáveis em tamanho com as de *Cebuella pygmaea* e *C. jacchus*, e também com aqueles levantados por Monteiro da Cruz (1998) quando ela avança fatores como, a presença de pequenos rios ou córregos na área e a proximidade de áreas de culturas de subsistência. Esses cenários se assemelham fortemente com as encontradas no presente estudo.

Sobre o sistema de acasalamento

Alguns estudos propõem algumas justificativas para a monogamia como sistema de acasalamento nos calitriquídeos (Kleiman 1977; Harrison e Tardif 1989). Quase

sempre, estes se apoiam no fato da inexistência de dimorfismo sexual e noutros aspectos de ordens comportamental e fisiológica. Também, outros argumentos somam-se a ideia de um mesmo padrão monogâmico para *Callithrix jacchus*, ainda que de modo não exclusivo. A saber: a presença do pai como importante cuidador dos filhos dependentes (Yamamoto & Box 1997), a hostilidade intrasexual a estranhos conspecíficos (Araújo 1996), inclusive em algumas situações de liberdade, e muito principalmente, a permanência dos jovens adultos no grupo sem o “status reprodutor” mesmo após terem alcançado a maturidade sexual (Stevenson & Rylands 1988). Anzenberger (1992) salienta que o “sistema monogâmico” não necessariamente se refere à exclusividade de acasalamento entre os pares, haja vista o registro de uma única fêmea reprodutiva (Rylands, 1982, 1986 e Monteiro da Cruz 1998) e Digby (1994) fala em sociografia (área de estudo que trata do material demográfico e ecológico de grupos sociais) e o próprio comportamento sexual dos animais para se entender qual o padrão que melhor definiria o sistema de acasalamento nos saguis.

Monteiro da Cruz, (1998) sugere que apenas observações sobre a composição dos grupos sociais podem conduzir o pesquisador à suposições equivocadas sobre o sistema de acasalamento de uma dada espécie, pois estes, quase sempre são insuficientes para se assegurar a paternidade das proles e assim, se afirmar corretamente qual o sistema de acasalamento em voga. Ao final ela ainda afirma que em seu estudo foram observados praticamente todos os tipos de sistemas de acasalamentos anteriormente propostos por Winttenberger (1979), mas todos, levando em consideração, os arranjos sociais observados, estes quase sempre, adaptáveis às diversas pressões e limitações ambientais, sociais e demográficas a que estiveram sujeitos os indivíduos, os grupos e as populações.

Foi lugar comum nos achados levantados nos cinco grupos de saguis monitorados no presente estudo, a formação de grupos multi-machos e multi-fêmeas e a além da permanência dos jovens adultos no grupo sem o “status reprodutor” mesmo após terem alcançado a maturidade sexual. Assume-se, portanto, que esses registros convergem com aqueles propostos nos vários estudos em que se aplicam para sistemas de acasalamento do tipo monogâmico na Caatinga.

Por fim, assume-se que a circunstancial inexistência de outros estudos de longa duração com a espécie na Caatinga, ao passo que inviabiliza a compreensão plena dos fatores que expliquem de como se dão os processos de estabelecimento de grupos e

população na Caatinga, apontam para a necessidade de realização de mais estudos com a espécie neste bioma.

Referências Bibliográficas

ABBOTT DH, SALTZMAN W, SCHULTZ-DARKEN NJ, TANNBAUM PL. Adaptations to subordinate status in female marmoset monkey. **Comparative Biochemistry and Physiology**, 119: 261 – 274, 1998.

ALONSO C, LANGGUTH A A. Ecologia e Comportamento de *Callithrix jacchus* (Primate, Callitrichidae) numa ilha de Floresta Atlântica. **Revista Nordestina de Biologia**, v.6, n. 2, 105-137, 1989.

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. Monitoramento Pluviométrico / Histórico Pluviométrico Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>. Acessado: janeiro de 2019.

ARAÚJO A. Influence des facteurs écologiques, comportementaux et démographiques sur la dispersion de *Callithrix jacchus*. **Paris: Université Paris-Nord (Paris XIII)**. 238p. 1996.

AMORA TD. Padrões ecológicos do sagui do nordeste (*Callithrix jacchus*) em uma área de Caatinga no Alto Sertão Sergipano. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal de Sergipe. 2013.

AMORA TD, BELTRÃO-MENDES R, FERRARI SF. Use of Alternative Plant Resources by Common Marmosets (*Callithrix jacchus*) in the Semi-Arid Caatinga Scrub Forests of Northeastern Brazil. **American Journal of Primatology**, 75:333–341, 2013.

BEZERRA BM. Vocalização do sagui comum: influências sociais e ontogênicas em ambiente natural. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Pernambuco, 110, 2006.

BURNHAM KP, ANDERSON DR, LAAKE JL. Estimation of density from line transect sampling of biological populations. **Wildlife Monographs**, 72: 1 – 202. 1980.

COIMBRA-FILHO AF. Aspectos inéditos do comportamento de saguis do gênero *Callithrix* (Callitrichidae, Primates). **Revista Brasileira de Biologia**, 32: 505-512, 1972.

COLOMBO RA. Uso de rotas na área de uso e a relação com comportamento alimentar em *Callithrix jacchus*. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 76, 2009.

CUTRIM FHR. Aspectos do cuidado cooperativo em dois grupos de *Callithrix jacchus* selvagens 2007. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 124, 2007.

DAWSON GA. Composition and stability of social groups of the tamarin, *Saguinus Oedipus geoffroyi*, In Panama: ecological and behavioural implications. **In: The Biology and Conservation of the Callitrichidae**, D. Kleiman (ed.), Washington: Smithsonian Inst. Press. 23-37, 1977.

FERRARI SF. The behaviour and ecology of the buffy-headed marmoset *Callithrix flaviceps* (O. Thomas, 1903). **Tese de Doutorado**. University College of London, U.K. 1988.

FERRARI SF, LOPES-FERRARI MA. A re-evaluation of the social organization of the Callitrichidae, with special reference to the ecological differences between genera. **Folia Primatologica**, v.52, 132-147, 1989.

FERREIRA R, et al. (in prep). Primates under human care in developing countries: examples from Latin America. In: **Welfare of Nonhuman Primates**. Robinson, L. M. e Weiss, A. (Eds). Springer (Expected completion: 2019/2020).

FRANCISCO TM, COUTO DR, ZANUNCIO JC, SERRÃO JE, SILVA ITO, VANNER B. Vegetable Exudates as Food for *Callithrix* spp. (Callitrichidae): Exploratory Patterns. **PLOS ONE**, 9(11), 2014.

GOLDIZEN AW. Facultative polyandry and the role of infant-carrying in wild sandle-back tamarins (*Saguinus fuscicollis*). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, 20, 99-109, 1987.

HILÁRIO RR, FERRARI SF. Four Breeding Females in a Free-Ranging Group of Buffy-Headed Marmosets (*Callithrix flaviceps*). **Folia Primatologica**, 81: 31-40, 2010.

KLEIMAN DG. Monogamy in mammals. **The Quarterly Review of Biology**, 52: 39-69, 1977.

MAIER W, ALONSO C, LANGGUTH A. Field observations on *Callithrix jacchus jacchus* L. Z. **Saugetierkunde**, vol.47, 334-346, 1982.

MARTINS IG. 2007. Padrão de atividades do sagui *Callithrix jacchus* numa área de Caatinga. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 67, 2007.

MENDES PONTES AR, MONTEIRO DA CRUZ MAO. Home range, intergroup transfers, and reproductive status of common marmosets, *Callithrix jacchus*, in a Forest fragment in Northeastern Brazil. **Primates**, vol. 36 (3), 335–347, 1995.

MONTEIRO DA CRUZ MAO. Dinâmica reprodutiva de uma população de sagüis-do - nordeste (*Callithrix jacchus*) na Estação Ecológica do Tapacurá - PE. **Tese Doutorado** - Universidade de São Paulo, São Paulo, 190, 1998.

NEYMAN PF. Aspects of the ecology and social organization of free-ranging cotton top-tamarins (*Saguinus oedipus*) and the conservation of the species. In: KLEIMAN, D. G. **The biology and Conservation of Callitrichidae**. Washington D. C: Smithsonian institute press, p. 39-71, 1977.

ODUM EP. **Ecologia**. Discos CBS Ind. & Com. Ltda, Rio de Janeiro, 1985.

RIBEIRO MDP. Padrão de atividades e interações sociais de animais juvenis de dois grupos selvagens de *Callithrix jacchus*. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 93, 2007.

RYLANDS AB, FARIA DS. Habitats, feeding ecology, and home range size in the genus *Callithrix*. In: Rylands AB (ed) **Marmosets and Tamarins: systematics, behavior, and ecology**. Oxford, University Press, Oxford, UK, p. 262–272, 1993.

SCANLON CE, CHALMERS NR, MONTEIRO DA CRUZ MA. O. Changes in size, composition and reproductive condition of wild marmoset groups (*Callithrix jacchus*) in Northeast Brazil. **Primates**, 29 (3): 295-305, 1988.

SIBLY RM. Optimal group size is unstable. **Animal Behaviour**, 31: 948 – 948, 1983.

SILVA JM, ALBUQUERQUE JR, OLIVEIRA MAB. Consumo de itens de origem vegetal por um grupo de *Callithrix jacchus* habitantes do Parque Estadual de Dois Irmãos. Anais da X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX 2010. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Disponível em <http://www.sigeventos.com.br/jepex/inscricao/resumos/0001/>. Acessado em: dezembro de 2018.

TERBORGH J, GOLDIZEN AW. On the mating system of the cooperatively breeding saddle-backed tamarin (*Saguinus fuscicollis*). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 16, 293-299, 1985.

YAMAMOTO ME, BOX HO. The role of non-reproductive helpers in infant care in captive *Callithrix jacchus*. **Ethology**, 103: 760-771, 1997.

CAPÍTULO III

Artigo publicado: Herpetology Notes, volume 11: - (2018) (published online on 20 February 2018)

The Lava lizard *Tropidurus hispidus* (Wied, 1820) as prey of a Common marmoset (*Callithrix jacchus*) in the Brazilian Caatinga: a strategy for energy conservation?

Leonardo César de Oliveira Melo^{1,*}, Marina Falcão Rodrigues², Maria Adélia Borstelmann de Oliveira¹, Adilson de Oliveira Silva¹, Geraldo Jorge Barbosa de Moura³
e Anísio Francisco Soares¹

¹ Programa de Pós-graduação em Ciência Animal Tropical, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n Dois Irmãos, Recife, PE, Brazil.

² Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n Dois Irmãos, Recife, PE, Brazil.

³ Departamento de Biologia, Laboratório de Estudos Herpetológicos e Paleoherpetológicos, Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n Dois Irmãos, Recife, PE, Brazil.

Herpetology Notes, volume 11: - (2018) (published online on February 2018)

The Lava lizard *Tropidurus hispidus* (Wied, 1820) as prey of a Common marmoset (*Callithrix jacchus*) in the Brazilian Caatinga: a strategy for energy conservation?

Leonardo César de Oliveira Melo^{1,*}, Marina Falcão Rodrigues², Maria Adélia Borstelmann de Oliveira¹, Adilson de Oliveira Silva¹, Geraldo Jorge Barbosa de Moura³ and Anísio Francisco Soares¹

Tropidurus hispidus and *Callithrix jacchus* are widely distributed in various Neotropical biomes and can be considered habitat generalists. *Tropidurus hispidus* is considered the largest species of its genus and the most abundant in the northeastern region of Brazil (Freitas and Silva, 2007). The species has arboreal habits and displays sit-and-wait foraging behaviour (Vitt and Carvalho, 1995), being more active during the day and primarily feeding on insects (Rodrigues, 1987).

The Common marmoset, *Callithrix jacchus*, is an endemic northeastern Brazilian primate (see Rylands and Mittermeier, 2013). This diurnal species feeds on a wide variety of items, including fruit, leaves, nectar, tree exudates, and animal prey, such as invertebrates, bird eggs, and hatchlings, as well as other small vertebrates (Digby et al., 2011; Amora et al., 2013). In native environments, this social animal exhibits a great behavioural versatility, allowing for high success in prey search and capture activities (Schiel et al., 2010).

In this paper we document a predation event of *C. jacchus* on *T. hispidus* in the Caatinga biome. The scene detailed herein occurred at the boundary between Sertânia and Buíque Municipalities (ca. 8.4000°S,

37.0500°W), in the Caatinga of Pernambuco State, Brazil. On 13 February 2007 at 1023 h, a troop of marmosets was observed during social foraging activity. The dominant female noticed the presence of a *T. hispidus* lizard on the same tree trunk, positioned ca. 90 cm above the forest floor and 3 m distant from her. She stealthily approached the lizard and quickly killed it with a bite to its head. With the dead lizard held in both hands, the female began to eat it, beginning at the rostral region, breaking the skull and stripping the head skin with her teeth (Fig. 1A). Subsequently, she rapidly consumed the anterior limbs and trunk. Small pieces of skull and head skin were discarded. Similarly, the digestive tract, mainly the large intestine, was removed with her mouth and discarded with her right hand (Fig. 1B, C).

The speed and the deliberate and noiseless manner of this predation event and the following consumption of the prey reinforce the assumption of a learned strategy, such as to avoid competition and the theft of nutritive prey, as opposed to an opportunistic behaviour. Despite being the dominant female in her social group, the action of hiding her prey can be justified as a way to save energy, avoiding prey disputes, considering that the event occurred during the typical summer drought period, at the hottest time of the day. In terms of consumption, we assume that, as an adult prey, the lizard body mass was equivalent to 80 g (Ribeiro et al., 2012). Considering the low amount of body parts discarded, we estimate that at least 90% of the prey was consumed. This corresponds to approximately 25% of the body weight of an adult marmoset. For this dominant *C. jacchus* female, a prey such as *T. hispidus* took a short time to be consumed, but entailed a significant mass intake.

Anecdotal events of lizard predation are generally scarce (e.g., Malkmus, 2000; Aguiar and Di-Bernardo, 2004) and, when available, lack in detail. Neotropical

⁴ Programa de Pós-graduação em Ciência Animal Tropical, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n Dois Irmãos, Recife, PE, Brazil.

⁵ Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n Dois Irmãos, Recife, PE, Brazil.

⁶ Departamento de Biologia, Laboratório de Estudos Herpetológicos e Paleoherpetológicos, Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n Dois Irmãos, Recife, PE, Brazil.

* Corresponding author. E-mail: lmelo609@gmail.com.



Figure 1. Predation event by a dominant female Common marmoset (*Callithrix jacchus*) on an adult male Lava lizard (*Tropidurus hispidus*). (A) Head-first consumption, in typical marmoset fashion. (B) The marmoset pulls out the large intestine using her mouth. (C) She discards the intestine using her right hand.

primates are not generally known to be lizard predators (Freese and Oppenheimer, 1981; Ferrari, 1988; Passamani and Rylands, 2000), but capuchin monkeys have been observed to use rods as tools to dislodge lizards from rock crevices (Falótico and Ottoni, 2016). In very few cases is the prey species well identified (Canale et al., 2013).

The report by Amora et al. (2014) is a rare case where a “predator-prey” interaction between a primate (*C. jacchus*) and a lizard (*Phyllopezus pollicaris*) is described in detail. Similarities with our observation include the head-first consumption and the type of discarded items. In contrast, our scene suggested a social foraging strategy for energy conservation in a Caatinga scrubland during the drought period. Why does common marmoset eat 90% of *T. hispidus*, that weighs 80 g, and only 50% of *P. pollicaris*, that weighs only 10 g? What could be reasons for this discrepancy? The calculation employed in the estimations of body mass proportions between prey and predator, besides being essential for assessing food intake, open new questions about food preferences, nutritional ecology and conservation physiology.

Acknowledgments. We would like to thank the Graduate Program in Tropical Animal Science from UFRPE and CAPES for funding of a scholarship.

Freese, C.H., Oppenheimer, J.R. (1981): The capuchin monkeys, genus *Cebus*. In: Ecology and Behaviour of Neotropical Primates, p. 331–339. Nolte, J., Ducker, C., Eds., Rio de Janeiro, Brazil, Academia Brasileira de Ciências..

Freitas, M.A., Silva, T.F.S. (2007): Guia Ilustrado: a Herpetofauna das Caatingas e Áreas de Altitudes do Nordeste Brasileiro. Coleção Manuais de Campo USEB 2, Pelotas, USEB.

Malkmus, R. (2000): Natural predators and defensive behavior. In: Amphibians - the World of Frogs, Toads, Salamander and Newts, p. 176–180. Hofrichter, R., Ed., Richmond Hill, Ontario, Canada, Firefly Books.

References

- Aguiar, L.F.S., Di-Bernardo, M. (2004): Diet and feeding behavior of *Helicops infrataeniatus* (Serpentes: Colubridae: Xenodontinae) in Southern Brazil. Studies on Neotropical Fauna and Environment **39** (1): 7–14.
- Amora, T.D., Beltrão-Mendes, R., Ferrari, S.F. (2013): Use of alternative plant resources by Common Marmosets (*Callithrix jacchus*) in the semi-arid Caatinga scrub forests of northeastern Brazil. American Journal of Primatology **75** (1): 333–341.
- Amora, T.D., Silva, A.O., Conceição, B.M., Hirakuri, V.L., Santana, O., Ferrari, S.F. (2014): Predation of *Phyllopezus pollicaris* by the common marmoset *Callithrix jacchus* in the Caatinga scrub of northeastern Brazil. Herpetology Notes **7** (1): 547–549.
- Canale, G.R., Freitas, M.A., Andrade, L.L. (2013): Predation of lizards by a critically-endangered primate (*Sapajus xanthosternos*) in a tropical biodiversity hotspot in Brazil. Herpetology Notes **6** (1): 323–326.
- Digby, L.J., Ferrari, S.F., Saltzmann, W.J. (2011): Callitrichines: the role of competition in cooperatively breeding species. In: Primates in Perspective, p. 91–107. Campbell, C.J., Fuentes, A., Mackinnon, K.C., Bearder, S.K., Stumpf, R.M., Eds., New York, USA, Oxford University Press.
- Falótico, T., Ottoni, E.B. (2016): The manifold use of pounding stone tools by wild capuchin monkeys of Serra da Capivara National Park, Brazil. Behaviour **153** (1): 421–442.
- Ferrari, S.F. (1988): The behaviour and ecology of the Buffy-headed marmoset, *Callithrix flaviceps* (O. Thomas, 1903). Unpublished PhD thesis, University College London, London, United Kingdom.
- Passamani M., Rylands, A.B. (2000): Feeding behavior of Geoffroy’s Marmoset (*Callithrix geoffroyi*) in an Atlantic Forest fragment of south-eastern Brazil. Primates **41**: 27–38.
- Ribeiro, L.B., Silva, N.B., Freire, E.M. (2012): Reproductive and fat body cycles of *Tropidurus hispidus* and *Tropidurus semitaeniatus* (Squamata, Tropiduridae) in a caatinga area of northeastern Brazil. Revista Chilena de Historia Natural **85** (3): 307–320.
- Rylands, A.B., Mittermeier, R.A. (2013): Family Callitrichidae (marmosets and tamarinins), p. 262–346. In: Mittermeier, R.A., Rylands, A.B., Wilson, D.E., Eds., Handbook of the Mammals of the World. Volume 3 Primates. Barcelona, Spain, Lynx Edicions,

Rodrigues, M.T. (1987): Sistemática, ecologia e zoogeografia dos *Tropidurus* do grupo *Torquatus* ao Sul do Rio Amazonas (Sauria, Iguanidae). *Arquivos de Zoologia* **1** (3): 105–230.

Schiel N., Souto, A., Huber, L., Bezerra, B.M. (2010): Hunting strategies in wild Common Marmosets are prey and age dependent. *American Journal of Primatology* **72**: 1039–1046.

Vitt, L.J., Carvalho, C.M. (1995): Niche partitioning in a tropical wet season: lizards in the Lavrado area of Northern Brazil. *Copeia* **2**: 305–329.

Accepted by Hinrich Kaiser

CAPÍTULO IV

Artigo no formato de “short article” a ser submetido à Revista “Primates” (ISSN 0032-8332).

**Consumption of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill., Cactaceae, by common marmosets
(*Callithrix jacchus*) in Northeastern Dry Forest, Brazil**

Leonardo Cesar de Oliveira Melo^{1*}, Marina Falcão Rodrigues² Rafaela Sayuri Takeshita³,
Anísio Francisco Soares⁴, Takashi Hayakawa³, Maria Adélia Borstelmann de Oliveira⁴,
Hiroo Imai³.

¹Programa de Pós-graduação em Ciência Animal Tropical, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco 52171-900, Brasil

² Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco 52171-900, Brasil

³Center for International Collaboration and Advanced Studies in Primatology Primate Research Institute, Kyoto University Kanrin 41-2 Inuyama, Aichi 484-8506, Japan

⁴Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco 52171-900, Brasil

*E-mail: lmelo609@gmail.com; telephone number: + 55 81 99949 7401

**Consumption of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill., Cactaceae, by common marmosets
(*Callithrix jacchus*) in Northeastern Dry Forest, Brazil**

Common marmosets (*Callithrix jacchus*) are perhaps the only Brazilian primates that are not classified as a habitat specialist, although endemic to Northeastern Brazil (Hershkovitz 1977), with stable groups distributed from the coast to the arid regions of

the Northeast Caatingas. This diurnal primate has a diverse diet and can be classified as omnivorous, frugivore-insectivorous or gummivore-insectivore (Maier et al. 1982; Garber 1984; Ferrari 1996).

There are numerous studies about marmoset's ecology and behavior, but most of them were conducted in the Atlantic forest, a region of tropical and subtropical moist forest (Coimbra-Filho 1971; Ferrari 1988; Melo et al. 1997; Monteiro da Cruz 1998; Melo 2002). In the semiarid region of Caatinga, only a few studies have been reported (Paulos 2015; Amora et al. 2013; Martins 2007).

In this study, we report the consumption of parts of the cladods of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. by common marmosets in the Caatinga region (Fig 1). This cactus plant is a cultivar originally from Central Mexico (López et al. 2009), but in 1880 it was planted and grown in Brazil, at the Pernambuco State (Lopes et al. 2012). The plant has fleshy structures superimposed one to another, always branched and with spines replacing conventional leaves, gathered by haloes. They can reach up to 3 meters in height and their cladodes vary between 30 and 80 cm in length and 18 to 25 cm in width (Feugang et al. 2006; Kim et al. 2013).



Fig 1. Adult and juvenile of *Callithrix jacchus* eating *Opuntia ficus indica* (a e b).

Nutritionally, *O. ficus indica* is considered a source of vitamin A, vitamin B and C complex, calcium, magnesium, sodium, potassium, in addition to 17 different types of amino acids. Due to these features, this plant is categorized as a functional food (Sãenz 2004), and it is considered a good food source for humans (Cândido Filho et al. 2014; Shetty 2012 e Castro et al. 2011), particularly in some regions of the Brazilian semi-arid region, where severe cases of malnutrition are frequently observed (Carvalho et al. 2004).

The goal of this study is to describe the consumption of *Opuntia* by common marmosets, taking in consideration individual age and sex, as well as seasonal variation.

Study Report:

The events described in this study were observed by LM between 2004 and 2005, in 3 groups multi-male e multi-female, composed by adults, juvenile and infants of common marmosets living in the Caatinga Biome, between the municipalities of Sertânia and Buíque, in the State of Pernambuco ($8^{\circ} 24' S$ and $37^{\circ} 03' W$), at kilometer 262 at Rodovia BR 2 (Figure 2).

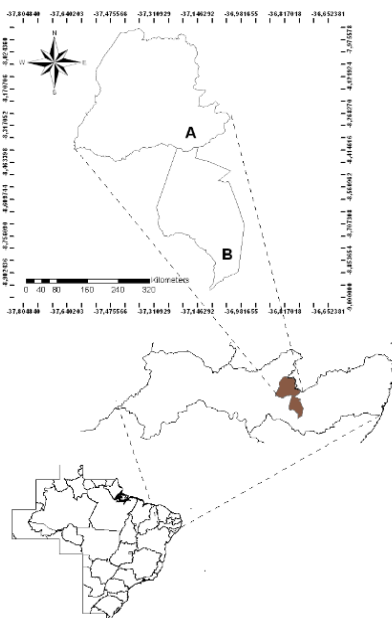


Fig 2. Study area - A. Sertânia, B. Buíque, Pernambuco, Brazil.

Every five minutes, scan sampling observation was performed daily from 5AM to 5 PM to record their activity budget (resting, moving, social interactions, and aggressive behaviors, feeding) of all visible members. For this report, only feeding activity was considered, and in every event the food type was recorded. Adult, young and infants' individuals of both sexes were observed consuming *O. ficus indica*, regardless of the time of the day. Young parts of the plants (cladodes) were consumed only during the dry

season (September to March). In contrast, the more mature parts of these plants were consumed during the wet season (April to August) of each year.

Besides *O. ficus indica*, the individuals were observed consuming water, fruits, gum, palm, insects, small vertebrates, nectar, eggs, and others (foods related to human activity: fruits, chicken eggs, industrialized products). To determine the proportion of *O. ficus indica* in their diet, we calculated the daily frequency of each food type in relation to the daily feeding scans per individual. To assess whether the consumption of *O. ficus indica* varied with age group, sex, or environment, we build a Generalized Linear Mixed-Effect Model using the package “lme4” in the software R (Version 3.4.2).

Environmental parameters included season (dry and wet) and ambient temperature (24 to 27°C). Age group (infants, juveniles, and adults) and sex were also included as explanatory variables, and individual ID was included as random factor. The frequency of *O. ficus indica* consumption was analyzed as a binomial response using the number of feeding scans (in weight). To determine which factors explain better the response, the null model was compared with the full model containing all the explanatory variables, testing all the intermediate models with all possible combinations of the explanatory variables. The best model fit was selected based on the lowest Akaike Information Criterion (AIC).

The best model selected included season and age group. The frequency of *O. ficus indica* consumption was significantly lower in infants than in adults (GLMM: 1.29 ± 0.57 , $Z=2.268$, $P=0.02$) and in juveniles (GLMM: 1.59 ± 0.59 , $Z=2.706$, $P=0.006$) (Fig 3). Also the consumption of *O. ficus indica* was significantly higher in the dry season than in the wet season (GLMM: 0.94 ± 0.39 , $Z=2.445$, $P=0.01$). There was no significant effect of sex and ambient temperature in *O. ficus indica* consumption (Fig 4).

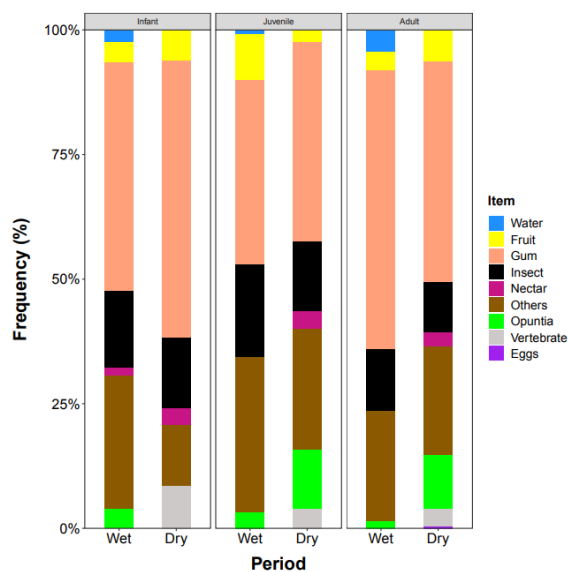


Figure 3. Consumption of *Opuntia ficus indica* by *Callithrix jacchus* between dry and rainy seasons in Caatinga Biome.

Considering the high concentration of water present in *O. ficus indica* up to 93% (Pupo 1979) and the seasonal variation observed in our study, we suggest that common marmosets from the Caatinga region consume this plant as water supply, to avoid hydric stress, especially during the extensive dry period. Also, as proposed by Amora et al. (2013), Paulos et al. (2015) and Martins (2007), under conditions of environmental severity, these animals should tend to maximize their nutrient intake, what we could observe as an increase in the diet diversity during the dry season in comparison to the wet season. In addition to the high concentration of water, *O. ficus indica* is source of other important nutritional components such as vitamins A, B and C (Shetty 2012; Castro et al. 2011). According to Santos et al. (1997) this plant has significant values of mineral concentration, on a dry basis, with emphasis on Calcium, ranging from 2.25-2.88%; potassium, ranging from 1.5-2.45%; and phosphorus, ranging from 0.10-0.14%, all of which are fundamental for highly profitable organisms such as common marmosets.

In summary, it is assumed that the consumption of reproductive parts (flowers and fruits) and parts of the cladodes are very well reported in the studies of Amora (2013) and Paulos (2015), both with *Callithrix jacchus* in Caatinga Biome. The study described here strongly reinforces the idea of adaptive strategy and food plasticity of the species for life in the Caatinga, and we suggest the need to carry out further studies on Eco physiological aspects and strategies for bioavailability of nutrients present in common marmosets.

Acknowledgments

Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco– FACEPE; Programa de Pós-graduação em Ciência Animal Tropical – Universidade Federal Rural de Pernambuco; Molecular Biology Section, Department of Cellular and Molecular Biology, Primate Research Institute, Kyoto University.

References

Alonso C, Langguth A (1989) Ecologia e Comportamento de *Callithrix jacchus* (Primate, Callitrichidae) numa ilha de Floresta Atlântica. *Revista Nordestina de Biologia*, 105-137.

Amora T D, O-Mendes RB, Ferrari SF (2013) Use of Alternative Plant Resources by Common Marmosets (*Callithrix jacchus*) in the Semi-Arid Caatinga Scrub Forests of Northeastern Brazil. *American Journal of Primatology*. [http://doi: 10.1002/ajp.22110](http://doi:10.1002/ajp.22110).

Cândido-Filho A, Pereira F, Lima A (2014) Base alimentar humana com o uso da palma forrageira. Instituto Agrônômico de Pernambuco. VI Simpósio de Reforma Agrária e Questões Rurais. Recife.

Castro P, Silva T, Oliveira C (2011) Utilização do fruto da palma forrageira na alimentação humana: fabricação de geleia. III Mostra De Iniciação Científica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Guanambi.

Coimbra-Filho AF (1971) O sagui do gênero *Callithrix* da região oriental brasileira e um caso de duplo-hibridismo entre três de suas formas (Callitrichidae, Primates). *Rev. Bras. Biologia*. 32 (4):.505-512.

Ferrari SF (1988) The behaviour and ecology of the buffy-headed marmoset *Callithrix flaviceps* (O. Thomas, 1903). PhD thesis, University College London, London.

Feugang J M, Konarski P, Zou D, Stintzing F C, Zou C (2006) Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia spp.*) cladodes and fruits. *Front Biosci*. 11, 2574-2589.

Garber PA (1984) Proposed nutritional importance of plant exudate in the diet of the Panamanian Tamarin, *Saguinus o. geoffroyi*. *Int. J. Primatology*. 5 (1): 1-13.

Hershkovitz P (1977) *Living New World Monkeys, Part 1 (Platyrrhini)*, with an Introduction to Primates. Chicago University Press. Chicago, 1132 p.

Kim JH, Lee HJ, Park Y, Ra KS, Shin K.S, Ra YWK, Suh HJ (2013) Mucilage removal from cactus cladodes (*Opuntia humifusa* Raf.) by enzymatic treatment to improve extraction efficiency and radical scavenging activity. *LWT-Food Science and Technology*. [http:// https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.10.009](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.10.009).

Lópes R, Ita A, Vaca M (2009) Drying of prickly pear cactus cladods (*Opuntia ficus-indica*) in a forced convection tunnel. *Energy Conservation and Management*. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.04.014>.

Lopes EB, Santos DC, Vasconcelos MF (2012) Cultivo da Palma forrageira. In: LOPES, E.D. (ed) *Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino*, João Pessoa: EMEPA, pp. 21-60.

Maier W, Alonso C, Langguth, A (1982) Field observations on *Callithrix jacchus jacchus* L. *Z. Säugetierkunde*, v. 47, p. 334-346, 1982.

Martins MM, Setz EZF (2000) Diet of Buffy Tufted-Eared Marmosets (*Callithrix aurita*) in a Forest Fragment in Southeastern, Brazil. *Int. J. Primatology* 21:467-476.

Melo LCO, Monteiro da Cruz MAO, Fernandes ZF (1997) Composição química de exsudatos explorados por *Callithrix jacchus* e sua relação com a marcação-de-cheiro. In: Souza MBC, Menezes ALL (ed) *A Primatologia no Brasil*, João Pessoa - PB 6rd edn. pp 43-59.

Melo LCO (2001) Seleção de recursos alimentares por *Callithrix jacchus*: um foco sobre a Teoria de Otimização. Dissertation, Universidade Federal de Pernambuco.

Monteiro da Cruz MAO (1998) Dinâmica reprodutiva de uma população de sagüis-do-nordeste (*Callithrix jacchus*) na Estação Ecológica do Tapacurá - PE. Thesis, Universidade de São Paulo.

Oliveira ASC, Filho FNC, Rangel AHN, Lopes KBP (2011) A palma forrageira: alternativa para o semiárido. *Revista Verde* 6:49 – 58.

Paulos FA (2015) A ecologia comportamental de *Callithrix jacchus* (Primates - Callitrichidae) em ambiente de Caatinga. Dissertation, Universidade Federal de Pernambuco.

Pupo NIH (1980) Manual de pastagens e forrageiras: formação, conservação, utilização. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 343p.

Säenz C, Sepúlveda E, Matsuhira B (2004) *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *Journal of Arid Environments* [http://https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(03\)00106-X](http://https://doi.org/10.1016/S0140-1963(03)00106-X).

Santos DC, Farias I, Lira MA, et al (1997) A palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill e *Nopalea cochenillifera*, SalmDyck) em Pernambuco: cultivo e utilização. Embrapa <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=557471&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22FARIAS,%20I.%22&qFacets=autoria:%22FARIAS,%20I.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=4>

Shetty AA, Rana MK, Preetham SP (2012) Cactus: a medicinal food. *Journal of Food Science & Technology* <http://doi: 10.1007/s13197-011-0462-5>.

CAPÍTULO V

Artigo a ser submetido à Revista “Primates” (ISSN 0032-8332).

Nascimentos recorrentes de díades 50% e 100% albinas de *Callithrix jacchus* no bioma Caatinga, Pernambuco, Brasil

Leonardo César de Oliveira Melo¹, Vanessa Nadine Gris², Marina Rodrigues Falcão³, Anísio Francisco Soares⁴, Fabrício Bezerra de Sá⁴, Maria Adélia Borstelmann de Oliveira⁴

¹Programa de Pós-graduação em Ciência Animal Tropical, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco52171-900, Brasil

²Primate Research Institute, Kyoto University, Inuyama, Japan. Japan Monkey Centre, Inuyama, Japan

³Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco52171-900, Brasil

⁴Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco52171-900, Brasil

*E-mail: lmelo609@gmail.com; telephone number: + 55 81 99949 7401

Introdução

Albinismo é expressão de uma desordem no melanocortina-1, gene responsável pela produção e liberação de pigmentos que pode se expressar tanto no tegumento quanto

na retina de vertebrados ou ambos simultaneamente (Cademartori & Pacheco 1999; Uieda 2000; Abreu et al. 2013). Alguns estudos falam em múltiplos eventos de mutação genética (Summers 2009; Hu et al. 2013; Montoliu et al. 2014) que refletem um aumento na probabilidade de expressão do alelo recessivo, estes muitas vezes, associados a fatores ambientais como a fragmentação, o isolamento florestal e à perda de habitat, e que, na maior parte dos casos, leva a endocruzamentos em grupos animais com redução populacional (Prado-Martínez et al. 2013; Nedyalkov et al. 2014).

Clinicamente são conhecidos o albinismo ocular (OA) e o albinismo oculocutâneo (OCA) (Gronskov 2007; Rocha 2007) e, dependendo do grau de recessividade e intensidade dos pigmentos, eles podem ser classificados como albinismo total ou albinismo parcial (Walter 1938). Neste último, o albinismo se expressa através da pele ou da pelagem em cores claras, não necessariamente brancas, além de zonas pigmentadas em outras partes do corpo do indivíduo (Constantine 1957; Herreid II & Davis 1960). Algumas vezes animais albinos podem apresentar elevados graus de fotofobia, miopia, estrabismo, astigmatismo e nistagmo pendular, além de baixa acuidade visual (Spedick 1986; Perez-Carpinell et al. 1992).

Abordando-se viabilidade de indivíduos albinos, alguns estudos sugerem que esses organismos são mais evidentes aos predadores (Rodrigues et al. 1999; Delibes et al. 2013; Silva-Caballero et al. 2014), no que Parsons & Bonderup-Nielsen (1995) concordam, afirmando que mamíferos albinos são negativamente selecionados em função de sua conspicuidade no meio ambiente. Entretanto, de acordo com Delibes et al. (2013), um albino, caracterizado como *ex situ*, pode escapar ao determinismo da seleção natural (Sazima & Pombal 1986) e alcançar a fase adulta. A esse respeito Sazima & Di Bernardo (1991) sugerem que a probabilidade de sucesso dos animais albinos na natureza é maior em espécies de hábito críptico ou noturno, ou ainda, naqueles que apresentam formas eficientes de defesa. A esse respeito, Peles et al. (1995) sugerem que em ambientes florestais com boas condições de preservação e alta qualidade nutricional a manutenção da vida do indivíduo albino pode ser favorecida.

Uieda (2000) atenta para a característica anedótica dos eventos e estimou que na natureza apenas um em cada 20.000 indivíduos deve apresentar alguma forma de albinismo. No Brasil há relatos de ocorrência de albinismo para pequenos roedores (Pessoa & Dos-Reis 1995; Cademartori & Pacheco 1999), roedores de médio porte (Veiga (1994), morcegos (Moreira et al. 1992; Veiga & Oliveira 1995; Uieda, 2000;

Sodré et al. 2004); quatis (Silva-Caballero et al 2014), unglados (Smielowski 1979; Rodrigues et al. 1999) e preguiças (Manchester & Jorge 2003; Xavier, 2006). Os registros de albinismos em primatas são particularmente escassos (Mahabal et al. 2012).

Aqui vimos relatar a ocorrência de eventos de albinismo em saguis da espécie *Callithrix jacchus* (Linnaeus 1758) no sertão de Pernambuco. Esta é uma espécie de primata endêmica do Nordeste do Brasil e que apresenta peculiaridades, a exemplo dos complexos sistemas de organização sócio sexual. Hearn (1983) reporta a respeito de reprodução, ressaltando o fato da placenta bidiscoidal da fêmea desse animal estabelecer conexões vasculares umbilicais (anastomoses fetais), que nutrem, simultaneamente, embriões gêmeos ou trigêmeos, idênticos do ponto de vista sanguíneos, ao que se define como quimerismo hematopoiético. Ao nascerem, esses bebês passam a exigir, de um modo gradual e diferenciado, o envolvimento de todos os membros do grupo, sendo, o pai, o principal cuidador, nos primeiros dias de vida (Yamamoto et al., 1997). Rylands (1996), aliás, resalta a necessidade da existência de um contingente de indivíduos adultos “não reprodutivos” na maioria dos grupos como “condição fundamental ao atendimento da demanda por cuidadores de proles tão presente entre os grupos, ideia esta, convergente com os pressupostos mais adiante reforçados por Yamamoto et al. (2009) e Digby et al., (2011).

Monteiro da Cruz (1998), abordando proficuidade reprodutiva, registrou quase 60% de parições gemelares ocorrendo espaço-temporalmente de modo alheio à estacionalidade climática em ambiente de Mata Atlântica e, do mesmo modo, Melo et al (em preparação, referente ao primeiro capítulo dessa tese) observou essa mesma característica, tanto em grupos urbanizados, quanto em grupos selvagens no bioma Caatinga.

Socialmente, *C. jacchus* vive em unidades familiares denominadas “famílias nucleares” ou “expandidas” podendo conter de 3 a 15 indivíduos (Hubrecht 1984; Digby 1994 e Digby et al 2011), mas com um movimento frequente entre os indivíduos (Monteiro da Cruz 1998). Em termos de sistemas de acasalamento, padrões reprodutivos anteriormente denominados de promíscuos, a exemplo da poliginiandria e a transferência regular de indivíduos de um grupo para o outro, pode muitas vezes resultar na formação de grupos mistos compostos de indivíduos não aparentados (Sussman & Kinzey 1984; Sussman & Garber 1987).

Materiais e Métodos

Descrição da área

A localização de ocorrência dos eventos ocorreu no limite entre os municípios de Buíque e Sertânia – Pernambuco, 8° 24' S e 37° 03' W, à altura do quilômetro 262 da rodovia BR 232 (Figura 1). Nesta região, tipicamente caracterizada como Caatinga (Araújo et al. 2005) observam-se fisionomias não florestadas com encraves de cerrado, carrasco e outros tipos arbustivos sem denominações locais (Araújo et al. 2005).

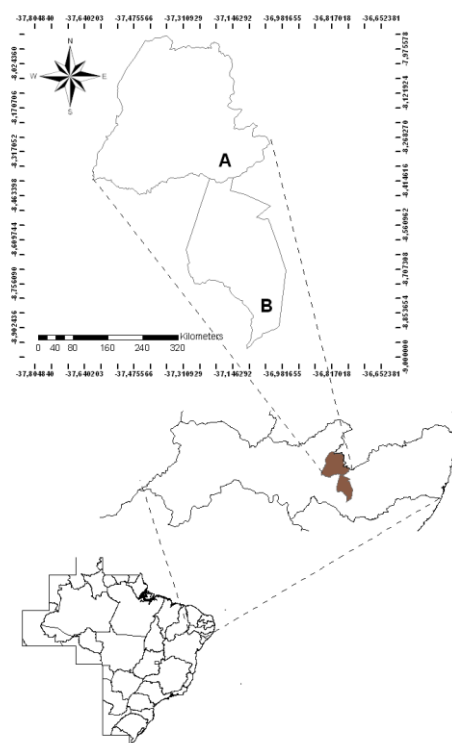


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo (A. Sertânia. B. Buíque).

Coleta de dados

Os registros foram obtidos durante a realização de um estudo de longa duração e envolveu a coleta de dados sobre ecologia e comportamento alimentar de grupos selvagens, seguindo método proposto por Monteiro da Cruz (1998). Sobre as datas

contendo animais albinos e demais membros dos grupos procederam-se, sempre que possíveis esforços de monitoramento e coleta diária de dados (Melo 2001), inclusive aqueles relacionados à viabilização das proles (adaptado de Monteiro da Cruz (1998). Um esforço de captura para coleta de dados clínicos e de amostras biológicas foi realizado em uma oportunidade, na qual amostras de pele da extremidade superior da orelha foram colhidas com o uso de um coletor de biopsia (Ear Punch Biopsy – Miltex – 2mm) para posterior estudo histopatológico. Com o uso de um oftalmoscópio direto (Heine 2000) procedeu-se exames a fim de se identificar o grau de integridade do sistema visual e as possíveis alterações nos globos oculares e seus anexos, bem como para estimar o poder de refração ocular (maiores detalhes em outro artigo, referente ao sexto capítulo dessa tese).

Resultados

Entre os anos de 2004 a 2007 a população desses primatas foi estimada em 12 grupos, multi-machos e multi-fêmeas, distribuídos nas três classes de idade (Stevenson & Rylands 1988), com uma média de 09 indivíduos por grupo, distribuídos numa área de aproximados 53ha. Em três destes grupos, com áreas de uso contíguas de aproximados 23ha, foi contabilizado um total de quatro nascimentos de bebês albinos.

O primeiro desses registros se deu em meados do mês de outubro do ano de 2004 e tratava-se de uma díade composta por um (01) macho albino e uma (01) fêmea com padrão de pelagem normal. O infante albino pertencente a esse grupo viveu por aproximados 06 meses e em abril de 2005, foi encontrado no solo, à sombra de uma árvore e sem os sinais vitais. Na análise pós-morte verificou-se a existência de uma perfuração no crânio e lesões na face. Relato de um morador da proximidade revelou a presença constante de um indivíduo adulto de cassaco (*Didelphis albiventris*), que pernoitou na época na mesma árvore que jazia o cadáver do jovem sagui. As marcas na cabeça reforçam a possibilidade de o marsupial ser o responsável pelo óbito. Recolhido e conservado, esse cadáver foi incorporado à Coleção Mastozoológica do Departamento de Sistemática e Ecologia da Universidade Federal da Paraíba (Malhada, Buíque - Pernambuco / Brasil (08° 24' 39" S; 037° 09' 49" W, Núm. T511).

Em novembro de 2006 a aproximadamente 800 metros do primeiro, foram registrados a segunda e terceira ocorrência de albinismo em outro grupo de saguis. Nesta oportunidade, tratava-se de uma parição gemelar 100 % albina. Entretanto, 50 dias após

o nascimento, um dos gêmeos foi morto com o uso de um estilingue e a carcaça não foi encontrada. Capturado, o gêmeo sobrevivente era um macho, do qual foram coletadas amostras de pele e realizado exames oftalmológicos.

Em março de 2007, para este mesmo grupo, registrou-se a quarta ocorrência de albinismo, de uma parição gemelar 50% albina. Para esta nova díade gemelar não foi realizada captura, nem qualquer outra forma de manipulação dos indivíduos.

Antes do início da pesquisa em 2004, outros quatro casos de albinismo foram relatados por moradores do local de estudo, totalizando oito ocorrências na área. Em pelo menos um dos casos relatados houve referência à captura do sagui albino e tráfico do mesmo para a cidade de São Paulo.

Descrição dos tipos

Dois saguis albinos foram manipulados e foi possível observar com detalhes as nuances de coloração dos pelos que variou de branco ao bege claro em todo o corpo. A pele, particularmente da frente e extremidades dos membros, onde os pelos tornam-se mais ralos, apresentava coloração rosada. Os olhos de ambos os indivíduos tinham coloração castanho claro (Figura 2), indicando tratar-se de albinismo parcial (Iozumik et al. 1993). Como o suposto, em pelo menos um dos indivíduos manipulados, pós captura, observou que este apresentava múltiplos quadros de patologias, a exemplo de lesões urticadas e eritematosas, lesão hiperocrômica, acantose, hiperqueratinose além de células da camada espinhosa, provavelmente melanose. Observou-se também a presença de células inflamatórias constituídas, principalmente, por histiócitos e macrófagos. Durante exame oftalmológico verificou-se, embora não se tenha registrado qualquer mudança na conformação das estruturas oculares, observou-se a existência de alteração de posicionamento destas em relação à órbita ocular, caracterizando um estrabismo convergente bilateral e nistagmo longitudinal peduncular. Por fim, a retinoscopia realizada apresentou valores que, quando comparados com os de um indivíduo não albino do mesmo grupo, indicou um avançado grau de miopia (- 3D) em ambos os olhos.



Figura 2. Albino de *Callithrix jacchus*
– macho juvenil de pele e rosto rosado.

Discussão

De acordo com Prado-Martinez et al. (2013) trocas gênicas são importantes para a renovação da carga genética intragrupo e quando ela não ocorre, são altas as chances de desencadear eventos de cruzamentos endogâmicos, muitas vezes responsáveis pelos casos de degeneração gênica, a exemplo do albinismo. Nedyalkov et al. (2014), discutindo frequência de ocorrência e viabilidade de indivíduos albinos na natureza, sugerem uma relação, ao menos parcial, com habitats específicos e com o hábito da espécie em questão (Peles et al. 1995). A probabilidade de sobrevivência de indivíduos albinos na natureza permanece desconhecida, pois raros são os casos adequadamente relatados e diferentes, as variáveis a serem consideradas. No presente estudo, de acordo com o descrito por McCardle (2012), o albinismo foi parcial nos saguis da população estudada, pois se caracterizou pela redução ou ausência do pigmento tegumentar, mas com íris pigmentadas.

Segundo Da Costa Toledo et al. (2014), a perda de camuflagem natural que resulta em exposição excessiva e aumento da susceptibilidade à doenças parece ser o maior risco para os animais com alterações na produção de melanina. Neste registro, sugere-se que esses efeitos se mostraram potencializados nos dois indivíduos manipulados, reforçando esta assertiva, pois análise histopatológica realizadas nos fragmentos de pele coletados de um dos indivíduos confirmaram modificações nas diferentes camadas do tegumento e descamação tecidual e acúmulo de melanina em células epiteliais (ver capítulo sexto dessa tese).

Melo et al., (em prep.) discutindo o investimento em viabilidade da prole albino-normal, observou não ter havido diferenças significativas nos comportamentos relacionados ao cuidado parental dispensados pelos adultos à díade albino-normal. Os dados colhidos contrapõem-se aqueles propostos por McCardle (2012) e Slavík et al. (2015) que observaram a ocorrência do que chamaram de “ostracismo” sofrido por diversos vertebrados albinos na natureza. Na realidade, a análise dos dados comportamentais relacionados com eventos de interações intragrupo nos quatro primeiros meses de vida de um dos indivíduos - *Sivuca* -, não indicou a existência de quaisquer comportamentos que fossem sugestivos de rejeição ou abandono ao indivíduo albino por parte dos membros do grupo.

Todavia, analisando as circunstâncias relacionadas à morte de *Sivuca*, ocorrida no quinto mês de vida, não se pode deixar de considerar o fato do mesmo apresentar alto grau de miopia em ambos os olhos, deficiência esta que deve ter contribuído sobremaneira para sua predação por *D. albivientris*. O contexto desta predação alinha-se aos pressupostos propostos em inúmeros estudos que correlacionam déficit visuais, alterações morfológicas no cérebro de indivíduos albinos e redução da acuidade visual provocada pelo albinismo (Bridges et al. 2014; Kruijt et al 2018).

Esses relatos, além de se somar aos registros de espécies com essa anomalia incluindo uma nova espécie de primata no rol dos mamíferos, ajuda na compreensão das pressões e restrições ecológicas, sobretudo as de âmbito socio-ambiental, que apórtam novos “insights” sobre os processos adaptativos que tem possibilitado a convivência do ser humano com as demais espécies silvestres no bioma Caatinga.

Referências Bibliográficas

Abreu MSL, Machado R, Barbieri F, Freitas NS, Oliveira LR. 2013. Anomalous colour in Neotropical mammals: A review with new records for *Didelphis* sp. (Didelphidae, Didelphimorphia) and *Arctocephalus australis* (Otariidae, Carnivora). **Brazilian Journal of Biology** 73: 185-194.

Araújo FS, Rodal MJN, Barbosa MRV, Martins FR. 2005. Repartição da flora lenhosa no domínio da Caatinga. In: Araújo FS, Rodal MJN, Barbosa MRV (Orgs.). Análise das variações da biodiversidade do Bioma Caatinga. **Suporte a estratégias regionais de conservação**. Brasília (DF): Ministério do meio Ambiente. p. 15-33.

Bridge H, Eah Von Dem Hagen, G Davies, C Chambers, A Gouws, M Hoffmann; AB Morland. 2014. Changes in brain morphology in albinism reflect reduced visual acuity. **Cortex** 56 (1): 64-72.

Cademartori CV, Pacheco SM. 1999. Registro de albinismo parcial em *Delomys dorsalis* (Hensel, 1872), (Cricetidae: Sigmodontinae). **Biociências** 7(1): 195-197.

Constantine DG. 1957. Color variation and molt in *Tadarida brasiliensis* and *Myotis velifer*. **J. Mammal.** 38(4): 461-466.

Da Costa Toledo GA, NMG Filho, FC Zermiani, JC Negromonte de Azevedo; A Feijó. 2014. Albinism in Neotropical otter, *Lontra longicaudis* (Carnivora: Mustelidae). **Pan-American Journal of Aquatic Sciences** 9(3):234-238.

Delibes M, Mézan-Muxart V, Calzada J. 2013. Albino and melanistic genets (*Genetta genetta*) in Europe. **Acta Theriologica** 58:95-99.

Digby LJ. 1994. Social organization and reproductive strategies in a wild population of common marmosets (*Callithrix jacchus*). **Tese de Doutorado**. University of California, 156p.

Digby LJ, Ferrari SF, Saltzmann WJ. 2011. Callitrichines: the role of competition in cooperatively breeding species. In: Campbell CJ, Fuentes A, Mackinnon KC, Bearder

SK, Stumpf RM. (eds.). **Primates in perspective**, 2nd ed. New York: Oxford University Press. p 91–107.

Griffiths AJF, Miller JH, Suzuki DT, Lewontin RC, Gelbart WM. 2002. **Introdução à Genética**. 7ª. Ed.. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 712.

Gronskov K EKJ, Brondum-Nielsen K. 2007. Oculocutaneous albinism. **Orphanet J Rare Dis**.2:43.

Hearn JP. 1983. The common marmoset (*Callithrix jacchus*). In: Hearn, J. P. (ed.) **Reproduction in New World Primates**. MTP Press, Lancaster, p. 183-215.

Herreid II CF, Davis R B. 1960. Frequency and placement of white fur on free-tailed bats. **J. Mammal**. 41: 117-119.

Hubrecht RC. 1984. Field observations on group size and composition of the common marmoset (*Callithrix jacchus*), at Tapacurá, Brazil. **Primates**, 25 (1): 13 – 21.

Hu H-H, Guedj M, Descamps V, Jouary T, Bourillon A, Ezzedine K, Taieb A, Bagot M, Bensussan A, Saiag P, Grandchamp B, Basset-Seguín N, Soufir N. 2013. Assessment of tyrosinase variants and skin cancer risk in a large cohort of French subjects. **Journal of Dermatological Science**, 64(2):127-133.

Iozumi K, Hoganson GE, Pennella R, Everett MA, Fuller BB. 1993. Role of tyrosinase as the determinant of pigmentation in cultured human melanocytes. **J invest Dermatol**, v. 100, p. 806-11, 1993.

Kruijt C C, Wit DE, Bergen GC, Florijn AA, Schalijs-Delfos RJ, Van Genderen NEM. The Phenotypic Spectrum of Albinism. **Ophthalmology**. American Academy of Ophthalmology 2018: 125:1953-1960.

Manchester A, Jorge W. 2003 O efeito da endogamia em uma população de preguiças (*Xenarthra, Bradypus variegatus*) em uma área urbana da cidade de Teótilo Otoni, MG. In: Congresso Brasileiro de Mastozoologia, 2., Belo Horizonte. 2003. **Anais do II Congresso Brasileiro de Mastozoologia**, p. 204-205.

Mahabal A, Rane PD, Pati SK. 2012. A case of total albinism in the Bonnet Macaque *Macaca radiata* (Geoffroy) from Goa. **ZOO's Print XXVII** (12):22-23.

MCcardle H. 2012. Albinism in wild vertebrates. Unpublished **Masters' Thesis**, Texas State University, San Marcos, Texas.

Melo LCO. Seleção de recursos alimentares por *Callithrix jacchus*: um foco sobre a Teoria de Otimização. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, p. 68, 2001.

Monteiro da Cruz MAO. 1998. Dinâmica reprodutiva de uma população de sagüis-do - Nordeste (*Callithrix jacchus*) na Estação Ecológica do Tapacurá - PE. **Tese Doutorado** - Universidade de São Paulo, São Paulo. p 190.

Montoliu LL, K Grønskov, Ah Wei, M Martínez-García, A Fernández, B RVeiler, F Morice-Picard, S Riazuddin, T Suzuki, ZM Ahmed, T Rosenberg, and W LI. 2014. Increasing the complexity: New genes and new types of albinism. **Pigment Cell Melanoma Research** 27(1):11-8.

Moreira EC, Silva MCP, Veloso JE. 1992. Albinismo em *Desmodus rotundus rotundus*, Chiroptera (E. Geoffroy, 1810). **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** 44(6): 54

Nedyalkov N, Koshev Y, Raykov I, Bardarov G. 2014. Color variation of small mammals's (Mammalia: Rodentia and Insectivora) coats from Bulgaria. **North-western Journal of Zoology** 10(2):314-317.

Parsons GJ, Bonderup-Nielsen S. 1995. Partial albinism in an island population of meadow voles, *Microtus pennsylvanicus*, from Nova Scotia. **Can. Field-Natural.** 109 (2): 263-264.

Peles JD, MF Lucas; GW Barrett. 1995. Population dynamics of agouti and albino meadow voles in high-quality, grassland habitats. **Journal of Mammalogy** 76(4):1013-1019.

Perez-Carpinell J, Capilla, P, Illueca C, Morales J. 1992. Vision defects in albinism. **Optom. Vis. Sci.** 69(8): 623-628.

Pessoa LM, Dos-Reis SF. 1995. Coat color variation in *Proechimys albispinus* (Geoffroy, 1838) (Rodentia, Echimyidae). **Bol. Mus. Nac, N. S. Zool.** 361: 1-5.

Prado-Martínez J, Hernando-Herraez I, Lorente-Galdos B, Dabad M, Ramirez O, Baeza-Delgado C, Morcillo-Suarez C, Alkan C, Hormozdiari F, Raineri E, Estellé J, Fernandez-Callejo M, Valles M, Ritscher L, Schöneberg T, Calle-Mustienes E, Casillas S, Rubio-Acero R, Melé M, Engelken J, Cáceres M, Gomez-Skarmeta JL, Gut M, Bertranpetit J, Gut IG, Abello T, Eichler EE, Mingarro I, Lalueza-Fox C, Navarro A, Marques-Bonet T. 2013. The genome sequencing of an albino Western lowland gorilla reveals inbreeding in the wild. **BMC Genomics** 14(363):1-7.

Rocha LM, Moreira LMA. 2007. Diagnóstico laboratorial do albinismo oculocutâneo. **Bras. Patol. Med. Lab.**, 43 (1): 25-30.

Rodrigues FHG, Silveira L, Jacomo AT, Monteiro-Filho E LA. 1999. Albinismo parcial em veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus* L. 1758), no Parque Nacional das Emas, Goiás. **Rev. Bras. Zool.** 16(4): 1229-1232.

Rylands AB. 1996. Habitat and the evolution of social and reproductive behavior in Callithrichidae. **American Journal of Primatology**, 38: 5-18.

Sazima I, Di-Bernardo M. 1991. Albinismo em serpentes neotropicais. **Mem. Inst. Butantan** 53 (2): 167 – 73.

Sazima I, Pombal JJ. 1986. Um albino de *Rhamdella minuta*, com notas sobre comportamento (Osteichthyes, Pimelodidae). **Rev. Bras. Biol.** 46 (2): 377–381.

Silva-Caballero A, Montiel-Reyes F, Sánchez-Garibay E, Ortega J. 2014. Leucismo en el coatí de nariz blanca *Nasua narica* (Mammalia: Carnivora), en **Quintana Roo**, México. **Therya** 5(3):839-843.

Slavík O, Horký P, Maciak M. 2015. Ostracism of an albino individual by a group of pigmented catfish. **PLOS ONE**, DOI:10.1371/journal.pone.0128279. Accessed 27 May, 2015.

Sodré M N, Uieda W, Baldim M. 2004. First record of albinism in the bat *Eumops glacinus* (Molossidae) from Southeastern Brazil. **Chiroptera Neotropical**. 10(1-2): 200-201.

Spedick MJ, Beauchamp GR. 1986. Retinal vascular and optic nerve abnormalities in albinism. **J Pediatr Ophthalmol Strabismus**. 23:58–63.

Stevenson MF, Rylands A B. 1988. The marmosets, genus *Callithrix*. In: Mittermeier, R. A.; Rylands, A. B.; Coimbra-Filho, A. C.; Fonseca, G. A. B. (eds). **Ecology and Behavior of Neotropical Primates** v. 2 Washington: WWF, pp.131-222.

Smielowski J. 1979. Births of white americans tapirs. **Inter. Zoo News**. 26: 10-15.

Summers CG. 2009. Albinism: Classification, clinical characteristics, and recent endings. **Optometry and Vision Science**, 86(6):659-662.

Sussman RW, Garber PA. 1987. A new interpretation of the social organization and mating system of the Callitrichidae. **International journal Primatology**. 8: 73-92.

Sussman RW, Kinzey WG. 1984. The ecological role of the Callitrichidae: a review. **American Journal of Physical Anthropology**, 64:419-449.

Uieda W. 2000. A review of complete albinism in bats with five new cases from Brazil. **Acta Chiropterologica**. 2(1): 97-105.

Veiga LA. 1994. Um caso de albinismo em *Tayassu tajacu* Linnaeus (Artiodactyla, Tayassuidae) na Serra do Mar, São José dos Pinhais, Paraná. **Rev. Bras. Zool**. 11(2): 341-343.

Walter, HE. 1938. **Genetics: an introduction of the study of heredity**. Macmillan, New York.

Xavier, GAA; Oliveira, MAB; Quirino, AA; Mota, RA 2010 Albinismo Total em Preguiças-de-Garganta Marrom *Bradypus variegatus* (Schinz, 1825) no Estado de Pernambuco, Brasil. **Edentata**, n. 11(1).

Yamamoto ME, Box HO. The role of non-reproductive helpers in infant care in captive *Callithrix jacchus*. **Ethology**, 103: 760-771. 1997.

Yamamoto ME, Arruda MF, Alencar AI, Sousa MBC, Arruda A. 2009. Mating systems and female-female competition in the common marmoset, *Callithrix jacchus*. In: FORD, S. M.; PORTER, L. M.; DAVIS, L. C. (Eds). **The Smallest Anthropoids: the marmoset/Callimico radiation**. p.119-133.

CAPÍTULO VI

Artigo a ser submetido à Revista “American Journal of Primatology” (ISSN 0275-2565).

Leucism in common marmoset (*Callithrix jacchus*) in Pernambuco, Brazil:

clinical-pathological profile

Leonardo César de Oliveira Melo¹, Vanessa Nadine Gris², Marina Rodrigues Falcão³,
Anísio Francisco Soares⁴, Fabrício Bezerra de Sá⁴, Hiroo Imai², Takashi Hayakawa²,
Maria Adélia Borstelmann de Oliveira⁴

¹Programa de Pós-graduação em Ciência Animal Tropical, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco 52171-900, Brasil

²Primate Research Institute, Kyoto University, Inuyama, Japan. Japan Monkey Centre, Inuyama, Japan

³Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco 52171-900, Brasil

⁴Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco 52171-900, Brasil

*E-mail: lmelo609@gmail.com; telephone number: + 55 81 99949 7401

Abstract

We describe the first case of leucism in *Callithrix jacchus*, a juvenile male from Pernambuco, Brazil. Albinism is a genetic condition reported in numerous vertebrate species related to the expression of a recessive allele, often associated with environmental factors and inbreeding in reduced primate populations. During a 3-year period, eight albino common marmosets were observed in the Caatinga biome. One of the individuals

was captured and presented creamy white fur and light brown eyes with bilateral convergent strabismus, nystagmus and myopia. We discuss the clinical findings and possible implications of albinism for the survival in the wild.

Introduction

Albinism results from alterations in the gene responsible for the production and release of melanin pigment in mammals (Griffiths et al. 1998; Mundy and Kelly 2003). Walter (1938) stated that according to the degree of recessively and intensity of the pigments, the condition can be classified as total or partial albinism. According to Summers (2009), the terms “total” and “partial” have become obsolete and partial albinism is now known as leucism (Espinal et al. 2016; Abreu et al. 2013). Leucism is expressed by skin or coat in light colors, not necessarily white, in addition to pigmented areas in other parts of the body while the complete albinism is described as the absence of integumentary and retinal pigmentation (Constantine 1957; Herreid II Davis 1960; Goto et al. 2004; (Acevedo and Aguayo 2008; Abreu et al. 2013). While complete albinism is controlled by a single recessive allele and leucism is the result of at least six genes (Reissmann and Ludwig 2013; Owen and Shimmings 1992).

Clinically, the condition is presented as ocular albinism (OA) and oculocutaneous albinism (OCA) (Mundy and Kelly 2003). Both the structure and function of the eye are affected (Williams 2018). In general, strong photophobia, myopia, strabismus, astigmatism and pendular nystagmus, as well as low visual acuity are reported (Perez-Carpinell et al. 1992; Bridge et al. 2014).

The common marmoset is an endemic small primate of Northeast Brazil that presents complex socio-sexual and reproductive organization systems. Breeding females bear children, usually twins every five months, and exhibit postpartum estrus up to ten days after calving. Socially, marmosets live in familiar nuclear units or expanded families and may contain three to fifteen individuals (Hubrecht 1984; Digdy 1994), with a frequent movement among individuals (Monteiro da Cruz 1998). Promiscuous reproductive patterns, such as polygynandry, and the regular transfer of individuals from one group to another result in the formation of mixed groups composed of unrelated individuals (Sussman and Kinzey 1984; Sussman and Garber 1987).

Despite strong selection pressures against albino and leucistic animals, anomalously white animals have been recorded in many mammalian species (Fertl and

Rosel 2009). However, an extensive review (1950-2010) on anomalous coloration in neotropical mammals found no records in primates (Abreu et al. 2013).

We report the events of leucism (oculocutaneous), as well as clinical observations in common marmosets (*Callithrix jacchus*) occurring in the Caatinga biome in Pernambuco, Brazil. To our knowledge this is first record of leucism in this species.

Material and Methods

The records were obtained from wild groups observed in the border region of municipalities: Sertânia and Buíque - Pernambuco ($8^{\circ} 24' S$ and $37^{\circ} 03' W$) at the height of kilometer 262 of 232 Route (Figure 1). This region is covered by Cerrado enclaves and shrub type vegetation (Araújo et al. 2005).

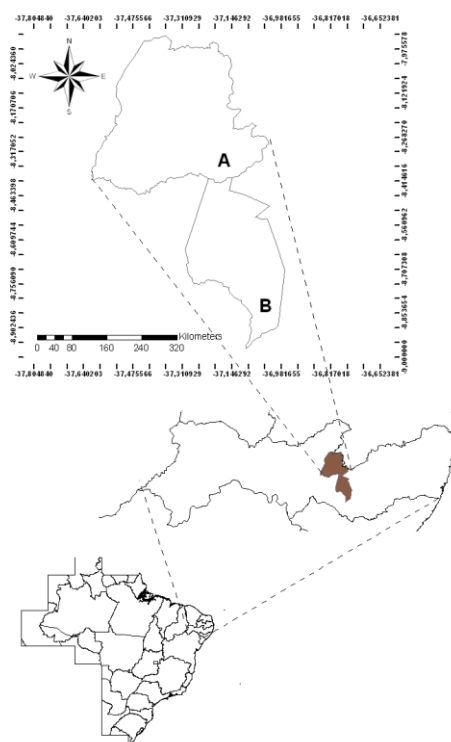


Figure 1. Study area - A. Sertânia, B. Buíque, Pernambuco, Brazil.

Between 2004 and 2007, during a long-term study on ecology and behavior of marmosets in the Caatinga, a total of eight albino animals were recorded in the area and three albino proles were registered. The first albino infant was observed in October of 2004, a male born from an albino male and a non-albino female. Six months later, the infant was predated by a marsupial (*Didelphis albiventris*).

In November of 2006, an albino twin birth was registered in another group of marmosets. One of the infants was hunted and killed by a resident of the area. The other infant was captured for clinical exam, biological sampling and sex determination. As in the first record, it was a male infant and was name "Sivuca". Ophthalmic exam was performed with an ophthalmoscope for evaluation of the degree of integrity and the presence of congenital alterations of the ocular globes and their appendages as well as evaluation of their refractive power. Skin samples from the upper extremity of the ear were collected using a biopsy punch. Destas amostras foram realizadas análises de microscopia ótica, coradas com hematoxilina eosina.

In March 2007, the birth of one more dyad was recorded for this same group, being one albino and one non-albino. Four other records were obtained from interviews with residents in the area covered by the research. The residents stated that one of these animals was young and taken into illegal pet trade to São Paulo. The remainders were held captive and died at a young age.

Results

Physical description

The young marmoset captured for clinical examination individual was white to creamy white in fur extending from the head as far as the posterior limbs. The face presented a pinkish skin color with sparse hair and light brown eyes (Figure 2).



Figure 2. A juvenile male albino *Callithrix jacchus* from Pernambuco.

Ocular Description

Although changes in the shape of these structures were not observed, the positioning of the iris and pupils in relation to the orbit were not symmetrical pointing to bilateral convergent strabismus. The retinoscopic examination showed an advanced degree of myopia (- 3D) in both eyes. The values were compared to the exam of a non-albino individual of the same group (Figure 3), in addition to horizontal pendular nystagmus.



Figure 3. a: A juvenile male albino *Callithrix jacchus* presenting bilateral convergent strabismus; b: The twin female presenting normally pigmented iris.

Histopathological Findings

Macroscopic analysis of the skin indicated the presence of urticate and erythematous lesions reaching the entire free border of both ears and the middle third of the dorsal portion of the tail. In addition, a brown hyperchromic lenticular lesion was identified in the right ear (Figure 4). The biopsy of the ear skin showed thickening of the thorny layer (acanthosis), thickening of the keratine layer (hyperkeratinose) and scaling of part of the squamous epithelium were observed. Also, in an area close to this lesion the accumulation of melanin pigments in the cell of the basal extract was recorded. These pigments were also present in cells of the spinous layer, probably melanose. Just below the epithelium, the innermost portion opposite the extremity, the existence of inflammatory cells consisting mainly of histiocytes and macrophages was observed.



Figure 4. a: Erythematous lesions reaching entire free border of the ear with a brown hyperchromic lenticular lesion at the upper part; and b: Erythematous lesions at the dorsal portion in the middle third part of the tail, from an albino *Callithrix jacchus*.

Discussion

Albinism is a rare event and difficult to record in nature. One in each 17.000 newborns humans may present some form of albinism (Grønskov et al. 2007; Montoliu and Kelsh 2014). In Brazil, the condition has been reported in different mammals such as rodents (Pessoa and Dos-Reis, 1995; Cademartori and Pacheco 1999; Veiga 1994), bats (Moreira et al. 1992; Veiga and Oliveira 1995; Uieda 2000; Sodré et al. 2004; Oliveira

and Aguiar 2008), ungulates (Smielowski 1979; Rodrigues et al. 1999), sloths (Manchester and Jorge 2003; Xavier et al. 2010) and otters (Sousa et al. 2014). In 2013, a review on anomalous coloration in Neotropical mammals showed no records of primates (Abreu et al. 2013).

The list of albino primates recorded worldwide is not extensive. An albino spider monkey (*Ateles geoffroyi*) was spotted in eastern Honduras (Espinal et al. 2016), and an albino Bonnet Macaque (*Macaca radiata*) in India (Mahabal et al. 2012). In Africa, a case of albinism and two of leucism in black mangabeys (*Lophocebus aterrimus*) were reported in the Democratic Republic of Congo (Eppley et al. 2010), several reports in the genus *Mandrillus* (Hills and Pi 1970) and two cases of gorillas (*Gorilla gorilla gorilla*) (Pi 1967; Prado-Martinez et al. 2013).

Partial albinism in limbs has been found in some Japanese macaques in the Takasakiyama troop, the Hagachi troop, and the Koshima troop, appearing mostly in the region extending from the distal to the proximal phalanges of some or all of the fingers of the hand or foot, and in some cases in the whole of the hand or in the region extending to the distal half of the forelimb (cf. Itani et al. 1963; Nishida 1966).

In Brazil, we have reports on capuchin monkeys (*Sapajus* sp.) in Belém do Pará, (Vasconcelos et al. 2017; Henriques 2014). But to our knowledge albinism in common-marmosets had not yet been reported.

The skin and fur of the infant described in this paper was not completely white, but more of a cream white color, similar to what was described in black mangabeys, matching with the characterization of leucism (Iozumik et al. 1993; Eppley et al. 2010). The diagnosis of OCA is based on clinical findings of hypopigmentation of the skin and hair, in addition to the characteristic ocular symptoms. There are four described types of OCA in humans and they differ by mutation in different genes. The clinical phenotype is not always distinguishable, and the differentiation relies on molecular genetic testing (Grønskov et al. 2007). Most cases of total albinism in non-human primates are similar to the OCA1A in humans, caused by a complete absence of melanin production throughout life with mutation in the gene TYR (Ding et al. 2000; Henriques 2014; Vasconcelos et al. 2017). Nonetheless, oculocutaneous albinism type 4 (OCA4) was reported in a gorilla after genome sequencing (Prado-Martinez et al. 2013).

Albinism affects the structure of the eye and the function of the visual pathway. Deficiencies, such as nystagmus, absence of fovea, alteration of the optic chiasm

decussation, reduction of rod density, photophobia, strabismus, iris translucination and reduction of visual acuity are often observed in albinos (Summers 2009).

The reduction or absence of melanin in the choroid, the richly vascularized tissue that lies between the retina and the sclera and in the posterior pigment epithelium gives the iris a translucination effect and the red reflex from the retina can be noticed. Also, it decreases the ability of restricting the amount of light that reaches the retina which contributes to the photophobia experienced by individuals with albinism.

Albino individuals also present foveal hypoplasia and abnormal organization of neurons in the retina, affecting the visual center of the retina, responsible for central vision, and best visual acuity and can contribute to the presence of nystagmus, the involuntary repetitive movement of the eyes (Williams 2018). Also, abnormal decussation and excessive crossing of nerve fibers at the optic chiasm tract that carry asymmetrical information to the visual cortex and result in abnormal control of eye movements (Williams 2018; Bridge et al. 2014). Recent reports showed that albinism is the main cause of pediatric nystagmus (Bertsch et al. 2017; Nash et al. 2017). The absence of misrouting of the optic nerves excludes the diagnosis of albinism (Grønskov et al. 2007). Most of the records in non-human primates do not present a detailed ophthalmic description, in part because of the difficulty in capturing and immobilizing a wild animal for the exam. However, nystagmus was a condition that could be observed in albino rhesus monkeys and gorillas (Ding et al. 2000; Prado-Martinez et al. 2013; Pi 1967) and in *Sapajus* sp in Brazil (Henriques et al. 2014). In our study, the albino infant didn't present a markedly hypopigmented iris, but a slightly pink appearance is evident, particularly when compared with the iris of the non-albino marmoset and nystagmus was present. Due to the small size of the animal's eye, and failure to perform the histological analysis of the retina, hypoplasia or macular absence was not confirmed.

The causes for albinism include inbreeding due to forest deforestation and small populations (Espinal et al. 2016). Radiation is also pointed as a factor for the increase in the mutation rate and elevated frequency of partial albinism by a factor of ten, as reported for barn swallow (*Hirundo rustica*) in the Chernobyl region of Ukraine (Møller and Mousseau 2001; Ellegren et al. 1997).

Some authors suggest that survival of albinos in the wild may be because of reduced viability due to pathological traits such as sensory or nervous defects, anemia, low fertility, higher susceptibility to disease, or that interactions with conspecifics can also be impaired (Acevedo & Aguayo 2008; Bridge et al. 2014). Increased frequency of predation

is of the main concern. The white pelage allows easy detection by predators, compared to non-albino conspecifics and in addition, reduction in visual acuity and associated neurological changes may cause difficulties in escape (Prado-Martínez et al. 2013; Bridge et al. 2014; Lee et al. 2015; Eppley et al. 2017). This complex of characteristics probably contributed to the death by predation of the young albino male Sivuca by an opossum (*Didelphis albiventris*) when he would be six months old. In that period, Sivuca was eventually carried by adults of the group, although traveling alone. It is noteworthy that, at about four months of age, he suffered a dog bite injury at the right shoulder level, since he frequently moved around the ground, showing difficulty in jumping at a short distance (70 centimeters) between the fence posts scattered around the study area.

In countries with great part of the population living in the forests and increasing population growth, bushmeat becomes a popular source of protein and primates can be at constant threat (Wilkie et al. 1999). Although the use of wild mammals as a source of food has been better studied in tropical forest environments, their importance as a source of protein for human communities in the Caatinga has been reported by Barboza et al. (2016). According to the author, 30 species were used for bushmeat in the Northeast of Brazil, but the species of primates were not identified. Even if this type of pressure plays a smaller role compared to other communities, albino animals stand out as exotic animals and are easy prey for the hunting activity and illegal pet trade, as reported above.

Conclusion

Given the current lack of data in primates, especially in Brazil, the reports on albino and leucistic specimens are highly encouraged. The implications of albinism for the survival of the individuals in the wild are not fully understood. Thus, it is important to follow albino individuals in order to increase the knowledge about their ecology and physiology and also describe, when possible, the clinical aspects of albinism.

References

Harris, M., Karper, E., Stacks, G., Hoffman, D., DeNiro, R., Cruz, P., et al. (2001). Writing labs and the Hollywood connection. *Journal of Film Writing*, 44, 213–245.

O’Neil, J. M., & Egan, J. (1992). Men’s and women’s gender role journeys: Metaphor for healing, transition, and transformation. In B. R. Wainrib (Ed.), *Gender Issues Across the Life Cycle* (pp. 107–123). New York: Springer.

Abreu, M. S. L., Machado, R., Barbieri, F., Freitas, N. S., Oliveira, L.R. (2013). Anomalous colour in Neotropical mammals: A review with new records for *Didelphis* sp. (Didelphidae, Didelphimorphia) and *Arctocephalus australis* (Otariidae, Carnivora). *Brazilian Journal of Biology*, 73, 185-194.

Acevedo, J., Aguayo, M. (2008). Leucistic South American sea lion in Chile, with a review of anomalously color in otariids. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43 (2), 413-417.

Araújo, F. S., Rodal, M. J. N., Barbosa, M. R.V., Martins, F. R. (2005). Repartição da flora lenhosa no domínio da Caatinga. In ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V. (orgs.). *Análise das Variações da Biodiversidade do Bioma Caatinga. Suporte a estratégias regionais de conservação*. Brasília (DF): Ministério do meio Ambiente, (pp.15-33).

Barboza, R. D., Lopes, S. F., Souto, W. M. S., Fernandes-Ferreira, H., Alves, R. R. N. (2016). The role of game mammals as bushmeat in the Caatinga, Northeast Brazil. *Ecology and Society* 21(2):2.

Bertsch, M., Floyd, M., Kehoe, T., Pfeifer, W., Drack, A. V. (2017). The clinical evaluation of infantile nystagmus: What to do first and why, *Ophthalmic Genetics*, 38:1, 22-33.

Bridge, H., Hagen, E., V., D., Davies, G., Chambers, C., Gouws, A., Hoffmann, M., Morland, A. B. (2014). Changes in brain morphology in albinism reflect reduced visual acuity. *Cortex*, 56 (1), 64-72.

- Cademartori, C. V., Pacheco, S. M. (1999). Registro de albinismo parcial em *Delomys dorsalis* (Hensel, 1872), (Cricetidae: Sigmodontinae). *Biociências* 7(1), 195-197.
- Constantine, D. G. (1957). Color variation and molt in *Tadarida brasiliensis* and *Myotis velifer*. *J. Mammal.* 38 (4), 461-466.
- Digby, L. J. (1994). Social organization and reproductive strategies in a wild population of common marmosets (*Callithrix jacchus*). Tese de Doutorado. University of California, pp. 156
- Ding, B., Ryder, O. A., Wang, X., Bai, S. C., Zhou, S. Q., Zhang, Y. (2000). Molecular basis of albinism in the rhesus monkey. *Mutation Research*, 449, 1–6.
- Ellegren, H., Lindgren, G., Primmer, C. R., Møller, A. P., (1997). Fitness loss and germline mutations in barn swallows breeding in Chernobyl. *Nature*, 389, 593–596.
- Eppley, T. M., Hickey, J. R., Nibbelink, N. P. (2010). Observation of Albinistic and Leucistic Black Mangabeys (*Lophocebus aterrimus*) within the Lomako-Yokokala Faunal Reserve, Democratic Republic of Congo. *African Primates*, 7 (1), 50-54.
- Espinal, M., Mora, J. M., Ruedas, L. A., López, L. I., Marineros, L. (2016). A case of albinism in the central american spider monkey, *Ateles geoffroyi*, in Honduras. *Mastozoología Neotropical*, 23 (1), 63-69.
- Goto, M., Sato-Matsumura, K. C., Sawamura, D., Yokota, K., Nakamura, H., Shimizu, H. (2004). Tyrosinase gene analysis in Japanese patients with oculocutaneous albinism. *Journal of Dermatological Science*, 35 (3), 215-220.
- Griffths, A. J. F.; Miller, J. H.; Suzuki, D. T.; Lewontin, R. C.; Gelbart, W. M. (2002). *Introdução à genética*. 7. ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, il. color. Traduzido por Paulo Armando Motta. Biblioteca(s): Embrapa Caprinos e Ovinos, p. 712.
- Grønskov, K., Ek, J., Brøndum-Nielsen, K. (2007). Oculocutaneous albinism. *Orphanet J Rare Dis.* 2, 2:43.

Henriques, L. D., Goulart, P. R.; Oliveira, J. C., Bonci, D. M. O., Souza, G. S., Silveira, L. C. L., Galvão, O. F., Ventura, D. F. (2014). Opsin gene identification and evaluation of color vision in an albino capuchin monkey (*Sapajus/Cebus* sp). ARVO Annual Meeting Abstract.

Herreid II, C. F., Davis, R. B. (1960). Frequency and placement of white fur on free-tailed bats. *J. Mammal.*, 41, 117-119.

Hill, W. C. O., Pi, J. S. (1970). Notes on two anomalies in mandrills (*Mandrillus sphinx linn*), *Folia Primatologica*, 12, 290-295.

Hubrecht, R. C. (1984). Field observations on group size and composition of the common marmoset (*Callithrix jacchus*), at Tapacurá, Brazil. *Primates*, 25 (1), 3 – 21.

Iozumi, K., Hoganson, G. E., Pennella, R., Everett, M. A., Fuller, B. B. (1993). Role of tyrosinase as the determinant of pigmentation in cultured human melanocytes. *J Invest Dermatol.*, 100, 806-11.

Iozumi, L., Kelsh, N. K. (2014). Do you have to be albino to be albino? *Pigment Cell and Melanoma Research*, 27 (3), 325-326.

Itani, J., Mizui, H. (1957). Notes on malformed individuals found in the wild group of Japanese macaques at Takasakyama. *Bulletin of the Experimental Animals*, 6 (4), 105-107.

Itani, J., Mizui, H. (1963). The social construction of natural troops of Japanese monkeys in Takasakyama. *Primates*, 4 (3), 1-42.

Lee, S., Schimmenti, L. A., King, R. A., Brilliant, M., Anderson, J. L., Hoonveld, C. S. C., Summers, C. G. (2015). Posterior staphyloma in oculocutaneous albinism: Another possible cause of reduced visual acuity. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, 19 (6), 562-564.

- Mahabal, A, Rane, P. D., Pati, S. K. (2012). A case of total albinism in the Bonnet Macaque *Macaca radiata* (Geoffroy) from Goa. *Zoo's Print.*, 27, 12.
- Manchester, A., Jorge, W. (2003). O efeito da endogamia em uma população de preguiças (*Xenarthra, Bradypus variegatus*) em uma área urbana da cidade de Teófilo Otoni, MG. In: *Anais do II Congresso Brasileiro de Mastozoologia*, Belo Horizonte, 204-205.
- Møller, A. P., Mousseau, T. A. (2001). Albinism and Phenotype of Barn Swallows (*Hirundo rustica*) from Chernobyl. *Evolution*, 55 (10), 2097-2104.
- Monteiro da Cruz, M. A. O. (1998). Dinâmica reprodutiva de uma população de sagüis-do-Nordeste (*Callithrix jacchus*) na Estação Ecológica do Tapacurá - PE. Tese Doutorado - Universidade de São Paulo, São Paulo. p 190.
- Moreira, E. C, Silva, M. C. P., Veloso, J. E. (1992). Albinismo em *Desmodus rotundus rotundus*, Chiroptera (E. Geoffroy, 1810). *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 44 (6), 549-552.
- Mundy, N. I., Kelly, J. (2003). Evolution of a Pigmentation Gene, the Melanocortin-1 Receptor, in Primates. *American Journal of Physical Anthropology*, 121, 67-80.
- Nash, D. L., Diehl, N. N., Mohney, B. G. (2017). Incidence and Types of Pediatric Nystagmus. *American Journal of Ophthalmology*, 182, 31-34.
- Nishida, T. (1966). A sociological study of solitary male monkeys. *Primates*, 7 (2), 141-204.
- Oliveira, H. F. M., Aguiar, L. M. S. (2008). A new case of complete albinism in a bat from Brazil. *Chiroptera Neotropical*, 14 (2), 421-423.
- Owen, M; Shimmings, P. (1992). The occurrence and performance of leucistic barnacle geese, *Branta leucopsis*. *Ibis*, 134 (1), 22-26.
- Pessoa, L. M.; Dos-Reis, S. F. (1995). Coat color variation in *Proechimys albispinus* (Geoffroy, 1838) (Rodentia, Echimyidae). *Bol. Mus. Nac, N. S. Zool.* 361, 1-5.

Perez-Carpinell, J., Capilla, P., Illueca, C. and Morales, J. (1992). Vision defects in albinism. *Optom. Vis. Sci.*, 69 (8), 623-628.

Pi, J. S. (1967). An Albino Lowland Gorilla from Rio Muni, West Africa, and Notes on its Adaptation to Captivity. *Folia Primatologica*, 7, 155-160.

Prado-Martínez, J., Hernando-Herraez, I., Lorente-Galdos, B., Dabad, M., O Ramirez, C Baeza-Delgado, C Morcillo-Suarez, Alkan, C., Hormozdiari, F., Raineri, E., Estellé, J., Fernandez-Callejo, M., Valles, M., Ritscher, L., Schöneberg, T., Calle-Mustienes, E., Casillas, S., Rubio-Acero, R., Melé, M., Engelken, J., Caceres, M., Gomez-Skarmeta, J. L., Gut, M., Bertranpetit, J., Gut, I, G., Abello, T., Eichler, E. E., Mingarro, I., Lalueza-Fox, C., Navarro, A., Marques-Bonet. T. (2013). The genome sequencing of an albino Western lowland gorilla reveals inbreeding in the wild. *BMC, Genomics*, 14 (363), 1-7.

Reissmann, M., Ludwig, A. (2013). Pleiotropic effects of coat colour-associated mutations in humans, mice and other mammals. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 24, 576-586.

Rodrigues, F. H. G., Silveira, L., Jacomo, A. T., Monteiro-Filho, E. L. A. (1999). Albinismo parcial em veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus* L. 1758), no Parque Nacional das Emas, Goiás. *Rev. Bras. Zool.*, 16 (4), 1229-1232.

Smielowski, J. (1979). Births of white americans tapirs. *Inter. Zoo News*. 26, 10-15.

Sodré, M. N., Uieda, W., Baldim, M. (2004). First record of albinism in the bat *Eumops glacinus* (Molossidae) from Southeastern Brazil. *Chiroptera Neotropical*. v. 10 (1-2), 200-201.

Summers, C. G. (2009). Albinism: Classification, clinical characteristics, and recent endings. *Optometry and Vision Science*, 86 (6), 659-662.

Sussman, R. W.; Garber, P. A. (1987). A new interpretation of the social organization and mating system of the Callitrichidae. *International journal Primatology*, 8, 73-92.

- Sussman, R. W.; Kinzey, W. G. 1984. The ecological role of the Callitrichidae: a review. *American Journal of Physical Anthropology*, 64, 419-449.
- Toledo, G. A. C, Filho, N. M. G., Zermiani, F. C., Negromonte de Azevedo, J. C., Feijó, A. (2014). Albinism in Neotropical otter, *Lontra longicaudis* (Carnivora: Mustelidae). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 9 (3), 234-238.
- Uieda, W. (2000). A review of complete albinism in bats with five new cases from Brazil. *Acta Chiropterologica*, 2(1), 97-105.
- Walter, H. E. (1938). *Genetics: an introduction of the study of heredity*. New York, Mac-Millan Publ. Co., p. 412.
- Williams, S. E. I. (2018). Albinism and the Eye. In: J. KROMBERG, P. MANGA, (eds): *Albinism in Africa. Historical, Geographic, Medical, Genetic, and Psychosocial Aspects*. 1st Ed. Academic Press, Johannesburg, South Africa, 135-149.
- Wilkie D. S., Carpenter, J. F. (1999). Bushmeat hunting in the Congo Basin: an assessment of impacts and options for mitigation: *Biodiversity and Conservation*. *Biodivers. Conserv*, 8 (7), 927-955.
- Veiga, L. A. (1994). Um caso de albinismo em *Tayassu tajacu* Linnaeus (Artiodactyla, Tayassuidae) na Serra do Mar, São José dos Pinhais, Paraná. *Rev. Bras. Zool.*, 11 (2), 341-343.
- Veiga, L. A., Oliveira, A. T. (1995). Um caso de albinismo completo em morcego *Molossus molossus*, Pallas (Chiroptera: Molossidae) em Santa Vitória do Palmar, RS, Brasil. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 38, 878-881.
- Ventura, F. T. G. R., Hauzman, E., Henriques, L. D., Goulart, P. R. K., Galvão, O. F., Sano, R. Y., Souza, G. S., Alfaro, J. L., Silveira, L. C. L., Ventura, D. F., Bonci1, D. M. O. (2017). A novel nonsense mutation in the tyrosinase gene is related to the albinism in a capuchin monkey (*Sapajus apella*). *BMC Genetics.*, 18:39.
- Xavier, G. A. A; Oliveira, M. A. B; Quirino, A. A., Mota, R. A. (2010). Albinismo Total em Preguiças-de-Garganta Marrom *Bradypus variegatus* (Schinz, 1825) no Estado de Pernambuco, Brasil. *Edentata*, 11(1).

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES

Desvendamos mais lacunas que respostas ao longo da presente pesquisa. Embora, possamos dizer que atingimos alguns dos objetivos planejados originalmente nas questões que apresentamos a seguir:

1. O bioma Caatinga forneceu as dificuldades adequadas ao desenvolvimento das características que fazem desse primata nordestino um exemplo de superação, de resiliência. Ele superou as limitações e a imprevisibilidade dos recursos alimentares que fornecem calorias mais prontamente disponíveis em termos fisiológicos, como os frutos, através da gomivoria. O consumo de gomas, resinas de pau no “dizer” dos sertanejos, não seria possível sem as unhas em forma de garras, que os mantem seguros enquanto escarificam e marcam, mesmo aqueles troncos mais verticais. Como não falar das adaptações dos dentes, músculos e ossos da mordedura, e dos processos digestivos que possibilitam a detoxificação dos compostos, frequentemente presentes nesses exsudados e, assim possibilita o aproveitamento de todo o potencial nutritivo das gomas. Há ainda muito o que fazer para entender esse complexo emaranhado de contribuições que engendra as informações anátomo-fisiológicas, bioquímicas, ecológicas e comportamentais desse habitante ímpar das Caatingas.
2. Constatou-se que as “agruras” típicas desse ambiente semiárido, somadas aos efeitos das intervenções negativas das populações humanas, vêm moldando e fortalecendo as características que fazem do sagui-do-nordeste (*Callithrix jacchus*) um desbravador de plasticidade única, entre os primatas neotropicais. Na Caatinga, como ficou comprovado neste estudo, aspectos como a alta proficiência resultante da parição gemelar e o cio pós-parto, lhes permitiu manter a reprodução de modo praticamente constante, independente da estacionalidade.
3. As gomas perfizeram a metade dos itens consumidos, mas, o que mais “saltou” aos olhos dos pesquisadores, foram duas estratégias nutricionais inusitadas. A primeira delas está relacionada às fêmeas reprodutoras e dominantes. Essas fêmeas são mais “precisadas” dos recursos calóricos devido à gravidez e concomitante a amamentação. Em razão disso elas desenvolveram estratégias comportamentais não só para evitar a competição intragrupo, mas principalmente para conservar a energia decorrente do sucesso do uso da estratégia. Esta aumenta suas chances de sucesso na obtenção de presas nutritivas e reduz o gasto de

energia envolvida na sua captura, além de melhorar o aproveitamento de seu potencial nutricional. A outra estratégia representou uma diversificação da dieta, com a inclusão de recursos facilmente disponíveis como os cultivares nos cenários periurbanos do local de estudo.

4. Mas mesmo para um campeão de resistência como o sagui-do-nordeste, nem tudo são flores na sua vida no semiárido. Quando o isolamento atingiu níveis capazes de aumentar a chance de genes recessivos, se expressaram na população mutações impróprias particularmente para a Caatinga – com altos níveis de insolação e baixa densidade foliar de grande parte da vegetação. Assim o leucismo surgiu e “jogou fora” o alto investimento reprodutivo que os filhotes dessa espécie representam para o grupo como um todo, e para os pais em particular. Os filhotes de saguis não são apenas gêmeos (dose dupla para os cuidadores), mas representam a maior proporção de peso mãe/filhote, entre todos os representantes das ordens de primatas e de prosímios. Produzir filhotes albinos (em 100% ou mesmo 50% da prole), em geral, significou uma perda no investimento parental, pois mostraram-se baixas as chances de sobrevivência de saguis albinos na Caatinga. Consideramos que, além de serem mais visíveis aos predadores e as possíveis presas que venham a capturar, os albinos são mais sensíveis ao calor e atraíram também a cobiça humana, pois foram alvo fácil do tráfico de animais. Como se não bastasse tudo isso, os albinos sofreram as consequências das graves patologias, oculares e cutâneas, que os debilitou ainda mais.
5. Por fim, a confirmação da monogamia como o padrão mais recorrente nesse ambiente, nos faz pensar que talvez aquilo que chamamos de “artefato de cativeiro” tenha sido não um artefato, mas a chave de ouro que abriu as portas dessa espécie para os demais biomas a partir da Caatinga.

DESDOBRAMENTOS

Durante o curso da pós-graduação em Ciência Animal Tropical, com as amplas possibilidades de pesquisas resultantes das lacunas geradas nesse longo estudo (que se

iniciou em 2004), estabelecemos parcerias que, acreditamos, cumprirão bem o papel de expandir nosso conhecimento sobre o primata e o bioma.

A partir de 2016 oficializamos com o CNPq uma parceria com colaboradores dos Estados Unidos da América para a pesquisa sobre comunicação olfatória e gomivoria de saguis do nordeste. A missão, com recursos da “National Science Foundation” (NSF) trouxe ao Brasil os colaboradores Dr^a Cynthia L. Thompson (e a aluna de graduação Kim Bottenberg) da “Grand Valley State University” e o Dr. Chris Vinyard da “Northeast Ohio Medical University” por um período de dois meses de coleta de campo. Os dados obtidos nesse esforço estão em fase de análise química, comportamental e estatística por parte de toda equipe envolvida.

Entre setembro e dezembro de 2018, após cinco anos de negociações e de uma visita científica do Dr. Hiroo Imai ao nosso local de estudo no Recife (PE / BR), demos início a uma pesquisa, financiada pelo “Primate Research Institute”, da “Kyoto University” sobre biodisponibilidade de compostos das gomas utilizadas por saguis nos biomas Caatinga e Mata Atlântica no próprio Instituto em Quioto, Japão, com material coletado em campo, processado no CENASPESQ-UFRPE e transferido para o Japão com autorização do SisGen. Este foi apenas o primeiro passo de um programa que tem tudo para ser longo e produtivo.

Expandimos com essas duas colaborações internacionais, um campo de pesquisa que, seguramente, trará bons frutos no futuro para a ciência brasileira produzida no Nordeste e, particularmente, para o Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical da UFRPE.