

**ASPECTOS ECOLÓGICOS DE DUAS GRANDES
COLÔNIAS DE MORCEGOS NECTARÍVOROS
(ANOURA GEOFFROYI GRAY, 1838)
RESIDENTES EM CAVERNAS NO BRASIL:
IMPLICAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO**

*ECOLOGICAL ASPECTS OF TWO LARGE
NECTARIVOROUS BAT COLONIES (ANOURA
GEOFFROYI GRAY, 1838) RESIDENT IN BRAZILIAN
CAVES: IMPLICATIONS FOR CONSERVATION*

Autora

Aline da Silva Reis

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas
e-mail: alineambiental@yahoo.com.br

Coautores

Robson de Almeida Zampaulo; Sônia A. Talamoni

RESUMO

Morcegos da espécie *Anoura geoffroyi* possuem ampla distribuição na região neotropical, ocorrendo nas Américas do Norte, Central e do Sul. A formação de grandes colônias potencializa o importante papel ecológico desenvolvido pela espécie na polinização de grande variedade vegetal. Neste trabalho, foi realizado o estudo concomitante em duas colônias de *Anoura geoffroyi*, dando ênfase à estrutura e dinâmica populacional da espécie. Essas colônias se encontram localizadas em uma das principais regiões de interesse mineral do Brasil, o Quadrilátero Ferrífero, estado de Minas Gerais. Como resultados, observamos que as colônias representam populações numerosas com uma variação na densidade populacional acentuada ao longo do ano podendo agregar milhares de indivíduos durante o início do período reprodutivo. Ambas as colônias apresentaram comportamento de segregação sexual com os abrigos ocupados majoritariamente por machos nos primeiros meses do ano. As fêmeas chegam nas cavernas para

ABSTRACT

*Bats of the *Anoura geoffroyi* species have a wide distribution in the Neotropics, occurring in North, Central and South America. The formation of large colonies enhances the important ecological role developed by the species in the pollination of a wide variety of plants. In this work a concomitant study in two colonies of *Anoura geoffroyi* was conducted, emphasizing the structure and population dynamics of the species. These colonies are located in one of the main regions of mineral interest in Brazil, the Iron Quadrangle, state of Minas Gerais. It was observed that the colonies represent large populations with a marked variation in population density throughout the year and may aggregate thousands of individuals during the early reproductive period. Both colonies showed sexual segregation behavior with the shelters occupied mostly by males in the first months of the year. Females arrive in the caves for mating at the peak of the dry season. They remain in the shelter until*

acasalamento no pico da estação seca. Estas permanecem no abrigo até próximo do fim da gestação, abandonando as cavernas estudadas no início do verão onde procuram outro abrigo (colônia maternidade) para a conclusão da gestação (nascimento) e posterior cuidado dos filhotes. Desta forma, concluímos que as características intrínsecas da história natural da espécie têm implicações importantes para a sua conservação já que a preservação dos abrigos diurnos está intimamente relacionada com o ciclo reprodutivo da espécie. Por sua vez, a legislação brasileira vigente permite a supressão de cavidades naturais subterrâneas tendo como base estudos que, a depender do período de amostragem, podem ser insuficientes para detectar o uso destes abrigos essenciais para a conclusão do ciclo reprodutivo de espécies consideradas relativamente comuns, com um papel ecossistêmico fundamental para ambientes epígeos e subterrâneos, e que não constam nas listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção.

PALAVRAS-CHAVE: segregação sexual, dinâmica populacional, estimativa populacional, captura e recaptura, abrigo diurno.

INTRODUÇÃO

O gênero *Anoura* Gray, 1838 (Chiroptera: Phyllostomidae) conta atualmente com 11 espécies descritas das quais apenas *Anoura caudifer* É. Geoffroy, 1818 e *Anoura geoffroyi* Gray, 1838 possuem registros de ocorrência no Brasil (Mantilla-Meluk & Baker, 2010; Pacheco et al., 2018). *Anoura geoffroyi* é uma espécie nectarívora que possui ampla distribuição na região neotropical, ocorrendo nas Américas do Norte, Central e do Sul (Eisenberg & Redford, 1999). No Brasil, existem registros para a espécie em todos os biomas e regiões, tendo sido registrada no Distrito Federal e em mais 18 estados brasileiros (Reis et al., 2013; Reis et al., 2017). Com relação ao status de conservação, *A. geoffroyi* encontra-se na categoria de pouco preocupante, segundo a lista vermelha de espécies ameaçadas de extinção da International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2021). Da mesma forma, a espécie não está presente nas listas estaduais e federal do Brasil (COPAM, 2010; MMA, 2014).

nearly the end of gestation, leaving the studied caves in early summer where they seek another shelter (maternity colony) for the completion of gestation (birth) and subsequent care of the offspring. Therefore, it was concluded that the intrinsic characteristics of the natural history of the species have important implications for its conservation, since the preservation of diurnal shelters is closely related to the reproductive cycle of the species. In turn, the current Brazilian legislation allows the suppression of natural underground cavities based on studies that, depending on the sampling period, may be insufficient to detect the use of these essential shelters for the completion of the reproductive cycle of species. These that are considered relatively common, with a fundamental ecosystem role for epigeal and underground environments, and which are not on the official lists of endangered species.

KEYWORDS: sex segregation, population dynamics, population estimation, capture and recapture, daytime shelter.

INTRODUCTION

*The *Anoura* Gray, 1838 (Chiroptera: Phyllostomidae) genus currently has 11 described species of which only *Anoura caudifer* É. Geoffroy, 1818 and *Anoura geoffroyi* Gray, 1838 have records of occurrence in Brazil (Mantilla-Meluk & Baker, 2010; Pacheco et al., 2018). *Anoura geoffroyi* is a nectarivorous species that has a wide distribution in the Neotropical region, occurring in North, Central and South America (Eisenberg & Redford, 1999). In Brazil, there are records of the species in all biomes and regions, having been recorded in the Federal District and 18 other Brazilian states (Reis et al., 2013; Reis et al., 2017). Regarding conservation status, *A. geoffroyi* is in the category of least concern, according to the red list of endangered species of the International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2021). Similarly, the species is not present in the state and federal lists of Brazil (COPAM, 2010; MMA, 2014).*

Os estudos mais específicos realizados no Brasil foram reconduzidos por Baumgarten & Vieira (1994), por Zortéa (2003) e Farias *et al.* (2018) e estão relacionados à reprodução, desenvolvimento e hábitos alimentares da espécie. A existência de colônias sexualmente segregadas de *A. geoffroyi* durante determinados períodos do ano foi sugerida por Goodwin & Greenhall (1961) e por Alvarez & Ramirez-Pulido (1972), que registraram colônias compostas somente por machos em cavernas na América Central (México e em Trinidad e Tobago). O comportamento de segregação sexual também foi observado em colônias do Brasil (Baumgarten & Vieira, 1994; Farias *et al.* 2018) e do México (Galindo-Galindo *et al.*, 2000).

Em relação à utilização de abrigos, de forma geral *A. geoffroyi* pode ser considerada comum em cavernas, podendo formar colônias de dezenas e até centenas de indivíduos (Almeida *et al.*, 2002; Bredt *et al.*, 1999; Trajano, 1985). Segundo a classificação proposta por Guimarães & Ferreira (2014), *A. geoffroyi* é uma espécie considerada essencialmente cavernícola, ou seja, espécies que se abrigam majoritariamente neste tipo de ambiente.

Todavia, ao analisarmos estudos que contemplam a ocorrência de *A. geoffroyi* em cavernas, observa-se que sua ocorrência não é tão frequente quanto se tem atribuído. Após estudos realizados em 39 cavernas no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR) em São Paulo, Trajano (1985) afirmou que *A. geoffroyi* parece ser uma espécie comum, mas de distribuição muito restrita, já que ela foi amostrada em apenas uma caverna (Calcáreo Branco) em sua área de estudo. Situação semelhante foi observada em outros inventários realizados em dezenas de cavernas brasileiras em diferentes regiões do país (Bredt *et al.*, 1999; Esbérard *et al.*, 2005; Martins, 2015; Portella, 2010). Torquetti e colaboradores (2017) durante o monitoramento de 66 cavidades durante 18 meses em uma área cárstica de Minas Gerais não relataram nenhuma ocorrência para a espécie. Estes dados corroboram com Moratelli & Peracchi (2007), Arnone (2008) e Rocha (2015), que classificaram a ocorrência da espécie como rara, e com Bredt *et al.* (1999), que afirmam que, apesar de abundantes, suas colônias são pouco frequentes.

The most specific studies carried out in Brazil were conducted by Baumgarten & Vieira (1994), by Zortéa (2003) and Farias et al. (2018) and are related to the reproduction, development and feeding habits of the species. The existence of sexually segregated colonies of A. geoffroyi during certain times of the year was suggested by Goodwin & Greenhall (1961) and by Alvarez & Ramirez-Pulido (1972) who recorded colonies composed only of males in caves in Central America (Mexico and in Trinidad and Tobago). Sexual segregation behavior has also been observed in colonies in Brazil (Baumgarten & Vieira, 1994; Farias et al. 2018) and Mexico (Galindo-Galindo et al., 2000).

Regarding the use of shelters, A. geoffroyi can be considered common in caves, and can form colonies of tens and even hundreds of individuals (Almeida et al., 2002; Bredt et al., 1999; Trajano, 1985). According to the classification proposed by Guimarães & Ferreira (2014), A. geoffroyi is a species considered essentially cave-dwelling, i.e., species that take shelter mostly in this type of environment.

Nevertheless, when we analyze studies that contemplate the occurrence of A. geoffroyi in caves, it is observed that its occurrence is not as frequent as has been attributed. After studies conducted in 39 caves in the Alto Ribeira Tourist State Park (Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira - PETAR) in São Paulo, Trajano (1985) stated that A. geoffroyi seems to be a common species, but with a very restricted distribution, since it was sampled in only one cave (Calcáreo Branco) in his study area. A similar situation was observed in other inventories conducted in dozens of Brazilian caves in different regions of the country (Bredt et al., 1999; Esbérard et al., 2005; Martins, 2015; Portella, 2010). Torquetti and collaborators (2017) during the monitoring of 66 cavities for 18 months in a karst area of Minas Gerais reported no occurrence of the species. These data corroborate with Moratelli & Peracchi (2007), Arnone (2008) and Rocha (2015) who classified the occurrence of the species as rare and with Bredt et al. (1999) who state that despite abundant its colonies are infrequent.

Entretanto, apesar da espécie apresentar distribuição restrita a algumas cavernas o tamanho elevado de algumas colônias parece ser recorrente. As maiores colônias de *A. geoffroyi* registradas e contabilizadas por meio de estimativas visuais foram encontradas em cavernas no México com 170 a 300 indivíduos (Galindo-Galindo et al., 2000). Trajano (1985) e Heideman et al. (1992) estimaram colônias compostas por milhares de exemplares em cavernas do Brasil e Trinidad e Tobago respectivamente. Entretanto, em nenhum dos estudos foi realizado um censo sistemático sobre o tamanho destas populações.

Estudos que contemplem o método de captura, marcação e recaptura de morcegos em abrigos são pouco comuns no Brasil, sendo esta técnica utilizada em grande parte para entender fatores como deslocamento (entre ilhas, cavernas e fragmentos florestais), fidelidade ao abrigo e variação nas taxas de infestação por ectoparasitas (Barros et al., 2006; Bernard & Fenton, 2003, Bianconi et al., 2006, Lourenço, 2011, Oliveira, 2010, Trajano, 1996, Reis et al., 2019, Reis et al., 2021). Até o momento, poucos estudos foram realizados com o intuito de se realizar estimativas dos tamanhos populacionais, sendo a maioria dos trabalhos voltados para o estudo da área de vida dos morcegos (Arnone, 2008; Leite, 2008; Campanhã & Fowler 1995; Trajano, 1996).

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar aspectos da ecologia populacional (estimativas populacionais, razão sexual e segregação sexual) de duas colônias de *A. geoffroyi* associadas a cavernas do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais ao longo de um ciclo anual. Desta forma, espera-se fornecer subsídios que auxiliem na proposição de medidas de conservação da espécie e de seus abrigos, tendo em vista o seu importante papel ecossistêmico e as ameaças efetivas as cavernas utilizadas como abrigos frente às implantação de empreendimentos potencialmente poluidores e que possam resultar na supressão destes ecossistemas.

*Although the species has a restricted distribution to a few caves, the large size of some colonies seems to be recurrent. The largest colonies of *A. geoffroyi* recorded and counted by visual estimates were found in caves in Mexico with 170 to 300 individuals (Galindo-Galindo et al., 2000). Trajano (1985) and Heideman et al. (1992) estimated colonies consisting of thousands of specimens in caves in Brazil and Trinidad and Tobago respectively. However, in neither study was a systematic census of the size of these populations conducted.*

Studies that address the capture, marking, and recapture method of bats in shelters are uncommon in Brazil. This technique is largely used to understand factors such as displacement (between islands, caves, and forest fragments), fidelity to the shelter, and variation in ectoparasite infestation rates (Barros et al., 2006; Bernard & Fenton, 2003, Bianconi et al., 2006, Lourenço, 2011, Oliveira, 2010, Trajano, 1996, Reis et al., 2019, Reis et al., 2021). To date, few studies have been conducted in order to perform estimates of population sizes, with most of the work focused on the study of the life area range of bats (Arnone, 2008; Leite, 2008; Campanhã & Fowler 1995; Trajano, 1996).

*In this context, this study aimed to evaluate aspects of the population ecology (population estimates, sex ratio and sex segregation) of two colonies of *A. geoffroyi* associated with caves in the Iron Quadrangle in Minas Gerais throughout an annual cycle. Therefore, it is the goal to provide subsidies to assist in proposing measures for the conservation of the species and its shelters, given its important ecosystem role and the effective threats to the caves used as shelters against the implementation of enterprises that may result in the suppression of these ecosystems.*

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Este estudo foi realizado com duas populações de *A. geoffroyi* que utilizam cavernas como abrigo diurno. Uma das cavernas encontra-se localizada no município de Caeté (Loca dos Morcegos) e a outra no município de Brumadinho (Caverna MJ-05), ambas no estado de Minas Gerais, Brasil (Figura 1).

A caverna Loca dos Morcegos (19°48'51"S, 43°41'12"W; 1.220 m de altitude) está localizada na Serra da Piedade na região norte do Quadrilátero Ferrífero (Figura 2). A região possui fitofisionomia típica de Mata Atlântica nas regiões de menor altitude, campos rupestres no topo e manchas de cerrado no entorno (Bueno 1992). Já a caverna MJ-05 (20°5'40"S, 44°4' 36"W; 1.072 m de altitude) está localizada na Serra da Moeda, dentro da região metropolitana de Belo Horizonte, a 50 km de Loca dos Morcegos (Figura 3). A região é dominada por Mata Atlântica com ocorrência de florestas estacionais semidecíduais, além de campos altimontanos e campos rupestres típicos do bioma Cerrado (Markus, 2003). De acordo com Koppen (1948), o clima da região é caracterizado como mesotérmico úmido (Cwa) (tropical de altitude), com invernos secos e frios a partir de abril a setembro e verões quentes e chuvosos de outubro a março.

Ambas as cavernas apresentam semelhantes condições morfológicas sendo compostas por um conduto retilíneo com duas entradas, possuem drenagem interna e estão localizadas em áreas de densa vegetação florestal (Figuras 2 e 3). É importante salientar que ambas as cavernas estão localizadas na região do Quadrilátero Ferrífero, que é uma das mais importantes jazidas de ferro do país e, conseqüentemente, uma região de intensa atividade mineradora. Esta região corresponde a uma das maiores jazidas de minério de ferro do Brasil com reservas da ordem de 29 bilhões de toneladas e aproximadamente 46 mineradoras em operação atualmente (Souza & Carmo, 2015). Assim, a exploração mineral na região e a supressão de cavernas no contexto do licenciamento representa uma contínua ameaça à conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos relacionados a quiropterofauna.

MATERIALS AND METHODS

Study area

This study was conducted with two populations of A. geoffroyi that use caves as diurnal shelter. One of the caves is located in the municipality of Caeté (Loca dos Morcegos) and the other in the municipality of Brumadinho (MJ-05 Cave), both in the state of Minas Gerais, Brazil (Figure 1).

Loca dos Morcegos cave (19°48'51"S, 43°41'12"W; 1,220 m altitude) is located in Serra da Piedade in the northern region of the Iron Quadrangle (Figure 2). The region has typical Atlantic Forest physiognomy in the lower altitude regions, campo rupestre on top and patches of cerrado (savanna) in the surrounding area (Bueno 1992). MJ-05 cave (20°5'40"S, 44°4' 36"W; 1,072 m altitude) is located in Serra da Moeda within the metropolitan region of Belo Horizonte 50 km from Loca dos Morcegos (Figure 3). The region is dominated by Atlantic Forest with occurrence of semideciduous seasonal forests, as well as altitude fields and campo rupestre typical of the Cerrado biome (Markus, 2003). According to Koppen (1948), the region's climate is characterized as humid mesothermal (Cwa) (high altitude tropical), with dry and cold winters from April to September and hot and rainy summers from October to March.

Both caves present similar morphological conditions being composed of a rectilinear conduit with two entrances, have internal drainage and are located in areas of dense forest vegetation (Figures 2 and 3). It is important to point out that both caves are located in the Iron Quadrangle region, which is one of the most important iron deposits in the country and, consequently, a region of intense mining activity. This region corresponds to one of the largest iron ore deposits in Brazil with reserves of around 29 billion tons and approximately 46 mining companies currently in operation (Souza and Carmo 2015). Therefore, mineral exploration in the region and the suppression of caves in the context of licensing represents a continuous threat to the conservation of biodiversity and ecosystem services related to chiroptera fauna.

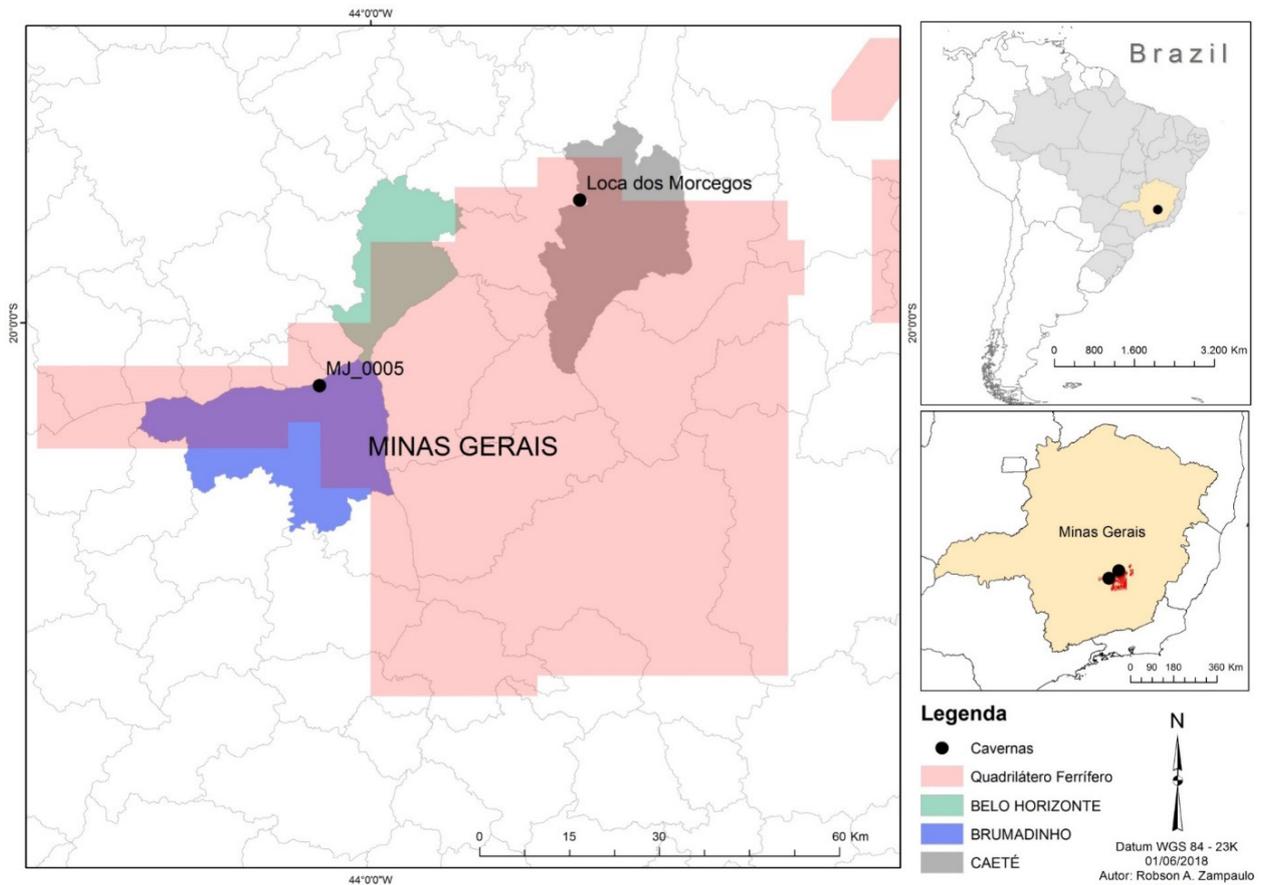


Figura 1 – Mapa de localização das cavernas onde se encontram as populações estudadas de *A. geoffroyi* no Quadrilátero Ferrífero, estado de Minas Gerais, Brasil.

Figure 1 – Caves location map where the studied populations of *A. geoffroyi* are found in the Iron Quadrangle, Minas Gerais State, Brazil.



Figura 2 – Aspecto geral da caverna Loca dos Morcegos. A) Área de entorno; B) Entrada a montante; C) Entrada jusante; D) Uma das inúmeras agregações de *A. geoffroyi* observados no interior da caverna.

Figure 2 – General aspect of Loca dos Morcegos cave. A) Surrounding area; B) Upstream entrance; C) Downstream entrance; D) One of the numerous aggregations of *A. geoffroyi* observed inside the cave.

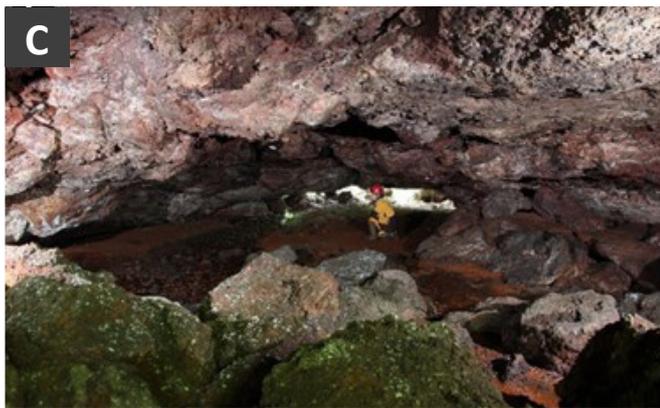


Figura 3 – Caverna MJ-05. A) Aspecto geral da paisagem externa com um barramento artificial a jusante da caverna; B) Vista da entrada a montante; C) Vista interna da entrada a jusante com guano recobrendo as rochas do primeiro plano da imagem; D) Uma das inúmeras agregações de *A. geoffroyi* observadas no interior da caverna.

Figure 3 – MJ-05 Cave. A) General aspect of the external landscape with an artificial dam downstream of the cave; B) View of the upstream entrance; C) Internal view of the downstream entrance with guano covering the rocks in the foreground of the image; D) One of the numerous aggregations of *A. geoffroyi* observed inside the cave.

Marcação dos morcegos e coleta de dados

Durante 13 meses, foram realizadas visitas mensais, com duração de um dia cada, às duas cavernas, sendo as amostragens realizadas durante o período diurno. As amostragens na caverna MJ-05 ocorreram entre os meses de março de 2017 a março de 2018, enquanto as amostragens na Loca dos Morcegos ocorreram entre os meses de maio de 2017 a maio 2018. Em cada mês foram amostrados aproximadamente 60 exemplares em cada caverna com o intuito de mantermos uma homogeneidade entre as amostragens. Durante as sessões foram realizadas capturas dos morcegos com o auxílio de puçá com haste retrátil de 2m de comprimento. Em cada ocasião, o coletor se posicionava sempre em um ponto central da caverna, próximo à colônia, e realizava a captura dos indivíduos, priorizando os pontos de maior concentração.

Bats marking and data collection

Over a period of 13 months, monthly visits lasting one day each were made to the two caves, with sampling conducted during daytime hours. Sampling in MJ-05 cave occurred between the months of March 2017 and March 2018, while sampling in Loca dos Morcegos occurred between the months of May 2017 and May 2018. In each month, approximately 60 specimens were sampled in each cave in order to maintain homogeneity between samplings. During the sessions, bats were captured using a capturing net with a 2m-long retractable rod. On each occasion, the collector always positioned himself in a central point of the cave, near the colony, and captured the individuals, prioritizing the points of greatest concentration.

Os indivíduos capturados eram acondicionados em sacos de pano para contenção, transportados para o lado de fora das cavernas, examinados e medidos. Foram realizadas mensurações do antebraço direito com paquímetro (em milímetros), obtenção da massa corporal com dinamômetro portátil (em gramas), avaliação da idade por meio de observação de ossificação ou não da epífise falangeana do dedo três e avaliação da condição reprodutiva de cada indivíduo (Anthony, 1988). Foram considerados reprodutivos os machos com testículos escrotados e as fêmeas com gravidez evidente, verificada por palpação abdominal ou com sinais de lactação.

Em ambas as cavernas, os indivíduos foram marcados com anilhas adaptadas ao antebraço direito ou suspensas em colares. As anilhas apresentavam sequência numérica contínua, antecedida pelas iniciais AR para permitir a identificação do indivíduo em caso de recaptura. O peso total das anilhas e colares (0,09g) não ultrapassava 0,6% da média da massa corporal dos morcegos.

Após a coleta dos dados, os morcegos foram liberados dentro das cavernas, salvo dois espécimes retirados como material testemunho, os quais foram depositados na coleção de referência do mestrado em Biologia de Vertebrados da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-Minas) (MZ694 até MZ699). Todos os procedimentos realizados durante este trabalho contaram com a aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da PUC-Minas (#019/2016) e autorização de captura, coleta e transporte para atividades com finalidade científica (#55700/2), emitida pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Sisbio/ICMBio).

Análises dos dados

Para análise dos dados morfométricos, todas as amostras foram testadas quanto a sua normalidade utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Amostras com valor de (p) superior a 0,05 foram consideradas normais. Sempre que comprovada a normalidade da amostra utilizamos teste t de

The captured individuals were placed in cloth bags for containment, transported outside the caves, examined and measured. The right forearm was measured with a caliper (in millimeters), body mass was obtained with a portable dynamometer (in grams), age was assessed by observing whether the phalangeal epiphysis of the third finger was ossified or not, and the reproductive status of each individual was evaluated (Anthony, 1988). Males with scrotum testis and females with evident pregnancy, verified by abdominal palpation, or with signs of lactation were considered reproductive.

In both caves, individuals were marked with rings attached to the right forearm or suspended from collars. The rings had a continuous number sequence, preceded by the initials AR to allow identification of the individual in case of recapture. The total weight of the rings and collars (0.09g) did not exceed 0.6% of the average body mass of the bats.

After data collection, the bats were released inside the caves, except for two specimens removed as testimonial material, which were deposited in the reference collection of the master's degree program in Vertebrate Biology at the Pontifical Catholic University of Minas Gerais (PUC-Minas) (MZ694 to MZ699). All procedures performed during this work had the approval of the Ethics Committee on Animal Use (CEUA) of PUC-Minas (#019/2016) and authorization for capture, collection and transport for activities with scientific purposes (#55700/2) issued by the Biodiversity Authorization and Information System of the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (Sisbio/ICMBio).

Data Analysis

For analysis of the morphometric data, all samples were tested for normality using the Shapiro-Wilk test. Samples with a (p) value greater than 0.05 were considered normal. Whenever the normality of the sample was proven, Student's t test was used to analyze the samples. On the other hand, when the data were not normal, the Wilcoxon test (non-parametric) was used. These tests were used to: i)

Student para analisar as amostras, em contrapartida, quando os dados não apresentaram normalidade, foi realizado o teste de Wilcoxon (não paramétrico). Estes testes foram utilizados para: i) avaliar diferenças no comprimento do antebraço entre os sexos e entre as populações. Neste caso, foram desconsiderados indivíduos jovens, subadultos e dados de recaptura; ii) avaliar se há diferença entre o peso em relação ao sexo e entre as duas populações - para estas análises as fêmeas prenhes e com filhotes foram desconsideradas, assim como as recapturas. O processamento das análises foi realizado no software Statistica, versão 7.0 (Statsoft., 2004), considerando nível de significância de 5%. Por sua vez, a razão sexual entre machos e fêmeas foi obtida pela divisão do número de fêmeas pelo número de machos.

O tamanho das populações em cada caverna foi estimado utilizando o método de captura, marcação e recaptura. Recapturas realizadas no mesmo dia da marcação não foram consideradas. Os métodos de estimativas populacionais utilizam informações sobre o número de animais marcados e sua proporção em amostras subsequentes para estimar a abundância (Seber, 1982). Sendo assim, o método de Jolly-Seber foi utilizado para realizar estimativa do tamanho populacional em cada evento de amostragem (mensal) de cada uma das colônias estudadas. Para análise, as colônias foram consideradas como populações abertas, ou seja, com ocorrência de mortalidade, natalidade, imigração e emigração (Krebs, 1999). A utilização desta metodologia é condicionada aos seguintes pressupostos: 1 - Todo indivíduo tem a mesma probabilidade de ser capturado em qualquer amostra, esteja marcado ou não; 2 - Todo indivíduo marcado tem a mesma probabilidade de sobrevivência nos intervalos entre as amostras; 3 - Indivíduos não perdem suas marcas e não se pode deixar de encontrar essas marcas em nenhuma captura; 4 - A duração do evento de captura é insignificante em relação aos intervalos entre eventos (Seber, 1982). Assim, as taxas mensais de recaptura de cada população foram obtidas utilizando o número de indivíduos recapturados em cada mês, multiplicado por 100 e dividido pelo número de indivíduos capturados no mês.

evaluate differences in forearm length between genders and between populations. In this case, young individuals, sub-adults, and recapture data were disregarded; ii) to evaluate if there was a weight difference in relation to sex and between the two populations. For these analyses, pregnant females and females with young pups were disregarded, as well as recaptures. The processing of the analyses was done in Statistica software, version 7.0 (Statsoft., 2004) considering a significance level of 5%. The sex ratio between males and females was obtained by dividing the number of females by the number of males.

The size of the populations in each cave was estimated using the capture, tagging, and recapture method. Recaptures made on the same day as tagging were not considered. Population estimation methods use information on the number of tagged animals and their proportion in subsequent samples to estimate abundance (Seber, 1982). Therefore, the Jolly-Seber method was used to estimate the population size at each sampling event (monthly) for each of the colonies studied. For the analysis, the colonies were considered as open populations, i.e., with occurrence of mortality, birth, immigration and emigration (Krebs, 1999). The use of this methodology is conditioned to the following assumptions: 1 - Every individual has the same probability of being captured in any sample, whether marked or not; 2 - Every marked individual has the same probability of survival in the intervals between samples; 3 - Individuals do not lose their marks and these marks cannot be missed in any capture; 4 - The duration of the capture event is insignificant in relation to the intervals between events (Seber, 1982). Thus, monthly recapture rates for each population were obtained using the number of individuals recaptured each month, multiplied by 100 and divided by the number of individuals captured in the month.

RESULTADOS

Biometria e segregação sexual

Ao todo, foram capturados e marcados 1.189 indivíduos em ambas as colônias, dos quais 655 eram machos e 534 fêmeas. Na caverna MJ-05, foram marcados 380 machos e 236 fêmeas e na Loca dos Morcegos, 275 machos e 298 fêmeas. Ambas as cavernas apresentaram a mesma variação em relação à proporção sexual ao longo do ano. Na primeira metade do ano (janeiro e junho), as populações eram compostas majoritariamente por indivíduos machos adultos. Durante o mês de junho (MJ-05) e julho (Loca dos Morcegos), ocorreu a chegada das fêmeas aos abrigos, atingindo uma razão sexual de aproximadamente 1:1 em julho e havendo a predominância de fêmeas até outubro na caverna MJ-05 e até dezembro na Loca dos Morcegos (Tabela 1). Este momento corresponde ao período reprodutivo (cópulas e gestação) mais intenso das populações. Fêmeas prenhes começaram a ser observadas nas populações no fim de setembro na Loca dos Morcegos e fim de novembro na caverna MJ-05.

RESULTS

Biometry and sex segregation

A total of 1,189 individuals were captured and marked in both colonies, of which 655 were males and 534 were females. In MJ-05, 380 males and 236 females were marked, and in Loca dos Morcegos, 275 males and 298 females. Both caves showed the same variation in sex ratio throughout the year. In the first half of the year (January and June) the populations were mostly composed of adult males. During June (MJ-05) and July (Loca dos Morcegos) the females arrival to the shelters occurred, reaching a sex ratio of approximately 1:1 in July, with females predominating until October in MJ-05 and December in Loca dos Morcegos (Table 1). This moment corresponds to the most intense reproductive period (copulations and gestation) of the populations. Pregnant females started to be observed in the populations at the end of September in Loca dos Morcegos and at the end of November in MJ-05.

Tabela 1 - Proporção de machos e fêmeas das populações estudadas.

MESES	MJ-05 RAZÃO SEXUAL (M:F)	LOCA DOS MORCEGOS RAZÃO SEXUAL (M:F)
março	1 : 0,06	-
abril	1 : 0,08	-
maio	1 : 0,20	1 : 0,00
junho	1 : 0,86	1 : 0,17
julho	1 : 0,93	1 : 1,07
agosto	1 : 1,56	1 : 2,14
setembro	1 : 1,50	1 : 1,43
outubro	1 : 1,77	1 : 3,50
novembro	1 : 0,79	1 : 5,20
dezembro	1 : 0,36	1 : 1,73
janeiro	1 : 0,20	1 : 0,19
fevereiro	1 : 0,18	1 : 0,16
março	-	1 : 0,47
abril	-	1 : 0,52

Table 1 - Males and females ratio of the studied populations.

MONTHS	MJ-05 SEX RATIO (M:F)	LOCA DOS MORCEGOS SEX RATIO (M:F)
march	1 : 0,06	-
april	1 : 0,08	-
may	1 : 0,20	1 : 0,00
june	1 : 0,86	1 : 0,17
july	1 : 0,93	1 : 1,07
august	1 : 1,56	1 : 2,14
september	1 : 1,50	1 : 1,43
october	1 : 1,77	1 : 3,50
november	1 : 0,79	1 : 5,20
december	1 : 0,36	1 : 1,73
january	1 : 0,20	1 : 0,19
february	1 : 0,18	1 : 0,16
march	-	1 : 0,47
april	-	1 : 0,52

A partir de novembro, na caverna MJ-05, e de janeiro na Loca dos Morcegos, as fêmeas abandonam as cavernas em busca de outros abrigos para a conclusão da gestação e nascimento dos filhotes (Figura 4 A-B), resultando novamente no predomínio de machos nas duas populações, estabelecendo, portanto, claramente um padrão de segregação sexual neste período. Curiosamente, no entanto, no mês de maio de 2018 na Loca dos Morcegos, os machos também abandonaram o abrigo, o que demonstra o uso extremamente dinâmico deste abrigo pela espécie. Ensaio de caracterização quanto à motilidade

From November in MJ-05 cave and January in Loca dos Morcegos, females leave the caves in search of other shelters for the completion of gestation and birth of the young (Figure 4 A-B). This results again in the predominance of males in both populations, clearly establishing a pattern of sexual segregation in this period. However, in May 2018 at Loca dos Morcegos, males also abandoned the cave, demonstrating the extremely dynamic use of this shelter by the species.

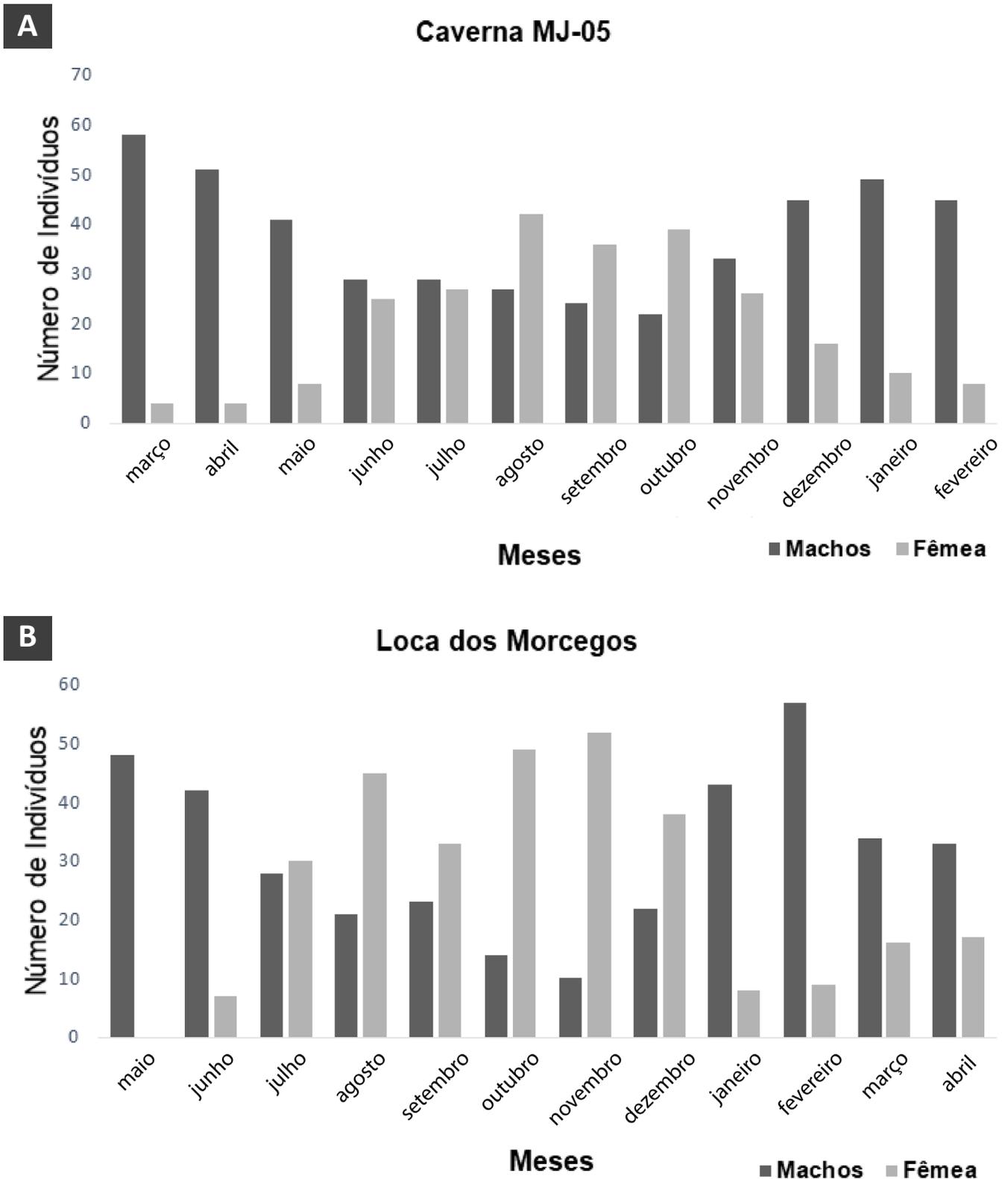


Figura 4 – Abundância de machos e fêmeas de *A. geoffroyi* registrados na caverna MJ-05 (A) e na caverna Loca dos Morcegos (B).

Figure 4 – Males and females abundance of *A. geoffroyi* recorded in MJ-05 cave (A) and Loca dos Morcegos cave (B).

Em relação à biometria dos morcegos, o peso médio da população da Loca dos Morcegos (N = 541) apresentou-se significativamente maior (15,2g ± 1,4) que o da população da MJ-05 (N = 543) (14,9g ± 1,9) (W = 80686, p = 0,01). Porém, quando analisada a variável do tamanho do antebraço, não foram observadas variações significativas entre as populações (42,1mm ± 1,1 - MJ-05 e 42,2mm ± 1,1 - Loca dos Morcegos; W = 139570, p = 0,15). Por sua vez, a média de tamanho do antebraço das fêmeas adultas (N = 222) foi de 42,2mm (± 1,2), enquanto nos machos adultos (N = 321) foi de 41,9mm (± 1,1) na MJ-05. As fêmeas adultas da Loca dos Morcegos (N = 291) apresentaram antebraço de 42,2mm (± 1,1), já os machos (N = 250) apresentaram média de antebraço de 42,1mm (± 1,1). Desta forma, fêmeas apresentaram antebraço significativamente maior que os dos machos na cavidade MJ-05 (W = 38786, p = 0,003). O mesmo resultado não foi observado para a população da Loca dos Morcegos (t = -1,09, p = 0,27). Em ambas as populações, não foram observadas diferenças significativas quando comparamos o peso em função do sexo dos indivíduos (W = 21565, p = 0,07 para a Loca dos Morcegos e W = 18764, p = 0,37 para a MJ-05). Sendo assim, os dados biométricos observados para ambas as populações são compatíveis com o observado para a espécie na literatura (Reis, 2017)

Estimativa populacional e variação anual

As taxas de recapturas foram similares em ambas as colônias, com 616 indivíduos capturados na caverna MJ-05 e 102 recapturas (16,5%) e, 573 indivíduos capturados na Loca dos Morcegos e 106 recapturas (18,4%). As maiores taxas de recaptura foram observadas, em ambas as cavernas, no mês de março de 2018, sendo 42% na Loca dos Morcegos e 32% na MJ-05 (Figura 5). Este é o período em que as populações estão menores e há o predomínio de machos nas colônias. Já as menores taxas de recaptura ocorreram em julho na Loca dos Morcegos e em agosto na cavidade MJ-05 ambas com 3% de recapturas (Figura 5). Este corresponde ao período em que as fêmeas já ocuparam as cavernas.

In relation to bat biometry, the mean weight of the Loca dos Morcegos population (N = 541) was significantly greater (15.2g ± 1.4) than that of the MJ-05 population (N = 543) (14.9g ± 1.9) (W = 80686, p = 0.01). However, when the forearm size variable was analyzed, no significant variations were observed between populations (42.1mm ± 1.1 - MJ-05 and 42.2mm ± 1.1 - Loca dos Morcegos; W = 139570, p = 0.15). In turn, the mean forearm size of adult females (N = 222) was 42.2mm (± 1.2), while in adult males (N = 321) it was 41.9mm (± 1.1) at MJ-05. Adult females from Loca dos Morcegos (N = 291) had forearms of 42.2mm (± 1.1), while males (N = 250) had mean forearms of 42.1mm (± 1.1). Thus, females showed significantly larger forearms than males in the MJ-05 cavity (W = 38786, p = 0.003). The same result was not observed for the Loca dos Morcegos population (t = -1.09, p = 0.27). In both populations, no significant differences were observed when weight was compared by sex (W = 21565, p = 0.07 for Loca dos Morcegos and W = 18764, p = 0.37 for MJ-05). Therefore, the biometric data observed for both populations are compatible with that observed for the species in the literature (Reis, 2017).

Population estimate and annual variation

Recapture rates were similar in both colonies, with 616 individuals captured in MJ-05 cave and 102 recaptures (16.5%) and, 573 individuals captured in Loca dos Morcegos and 106 recaptures (18.4%). The highest recapture rates were observed, in both caves, in the month of March 2018, being 42% in Loca dos Morcegos and 32% in MJ-05 (Figure 5). This is the period when populations are lower and there is a predominance of males in the colonies. The lowest recapture rates occurred in July in Loca dos Morcegos and in August in MJ-05, both with 3% recaptures (Figure 5). This corresponds to the period when females have already occupied the caves.

Taxa de recaptura por caverna (%)

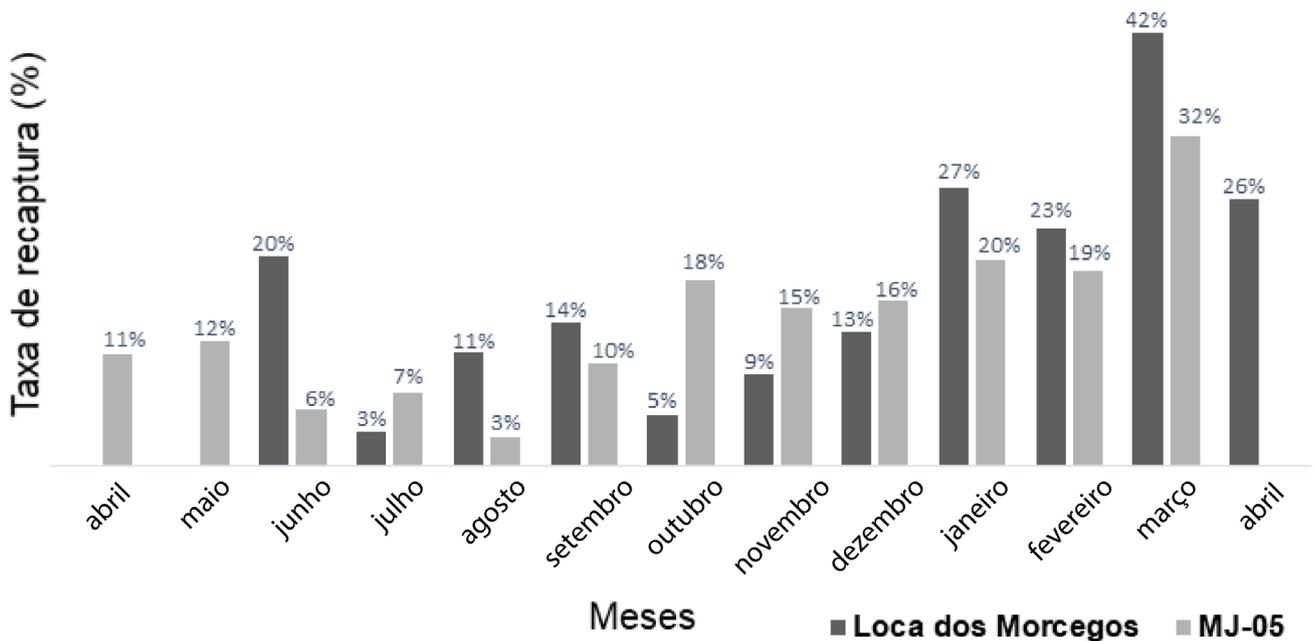


Figura 5 – Taxa de recaptura mensal de *A. geoffroyi* na caverna Loca dos Morcegos e na caverna MJ-05.

Figure 5 – Monthly recapture rate of *A. geoffroyi* in Loca dos Morcegos cave and MJ-05 cave.

Considerando as estimativas populacionais obtidas pelo método de Jolly-Seber, observamos que o tamanho de ambas as colônias variou significativamente ao longo do ano. Os maiores valores populacionais foram estimados para o mês de agosto com 11.730 indivíduos na caverna MJ-05 e, em outubro, na Loca dos Morcegos, com 7.027 indivíduos. Estes picos populacionais estão associados aos meses em que foram observadas as menores taxas de recaptura. Já os menores tamanhos populacionais foram observados em abril, na caverna MJ-05 (903 indivíduos), e em junho, na Loca dos Morcegos (466 indivíduos) (Figura 6). A média anual observada foi de 3.653 exemplares na MJ-05 (± 1.463) e 2.959 (± 1.484) indivíduos na Loca dos Morcegos.

Considering the population estimates obtained by the Jolly-Seber method, it was observed that the size of both colonies varied significantly throughout the year. The highest population values were estimated for the month of August with 11,730 individuals in MJ-05 cave, and for October in Loca dos Morcegos, with 7,027 individuals. These population peaks are associated with the months in which the lowest recapture rates were observed. The smallest population sizes were observed in April in MJ-05 (903 individuals) and in June in Loca dos Morcegos (466 individuals) (Figure 6). The observed annual average was 3,653 individuals in MJ-05 ($\pm 1,463$) and 2,959 ($\pm 1,484$) individuals in Loca dos Morcegos.

Tamanho populacional

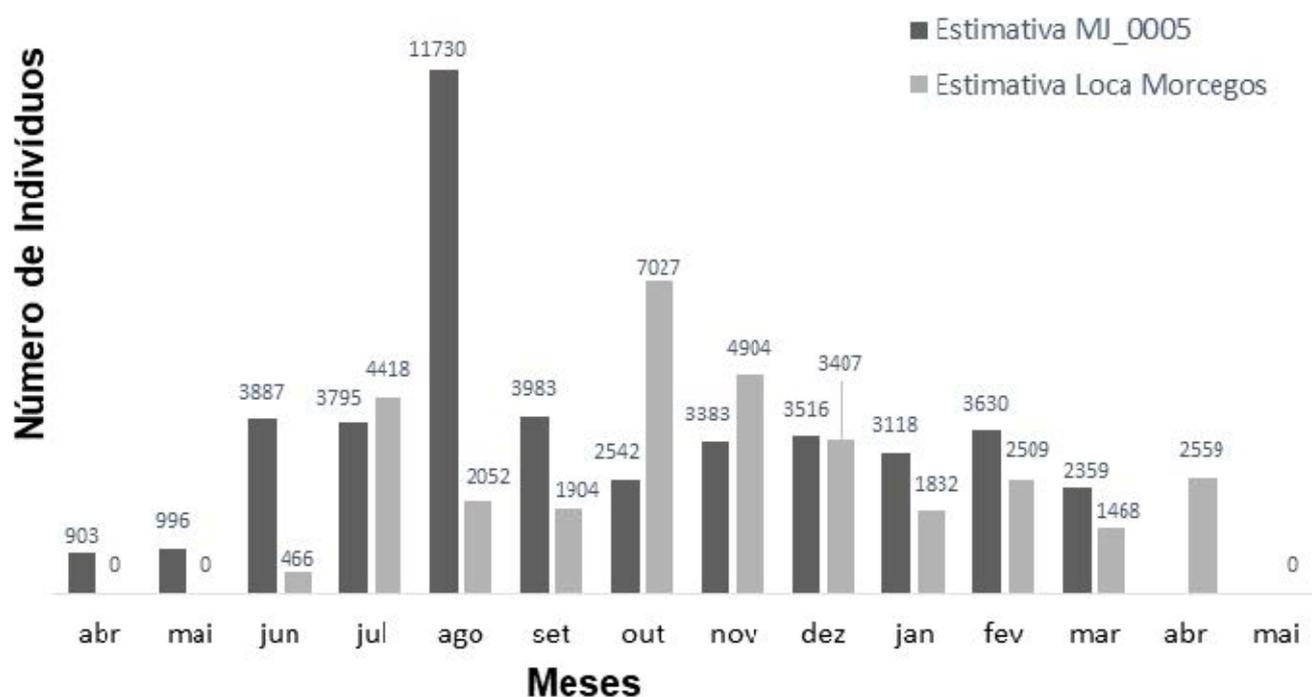


Figura 6 – Estimativa do tamanho populacional (Jolly-Seber) e sua variação anual em duas populações de *A. geoffroyi*, na caverna Loca dos Morcegos e na caverna MJ-05.

Figure 6 – *Loca dos Morcegos* cave and MJ-05 cave *A. geoffroyi* population size estimation (Jolly-Seber) and its annual variation.

DISCUSSÃO

Segregação sexual

O comportamento de segregação sexual para *A. geoffroyi* já foi relatado por Galindo-Galindo *et al.* (2000) em caverna do México. Neste caso, os autores observaram o abandono do abrigo maternidade pelos machos após o período de cópula. Comportamento semelhante foi observado por Baumgarten & Vieira (1994), que afirmam que a proporção de machos adultos diminuiu quando as fêmeas estavam grávidas ou carregando filhotes. Goodwin & Greenhal (1961) relatam em seus estudos a variação da proporção sexual ao longo do ano e a predominância de fêmeas prenhes sobre os machos, no mês de novembro.

De forma geral, nossos resultados demonstram um padrão diferente de segregação sexual dos demais estudos, com a saída das fêmeas ainda prenhes e a permanência dos machos no abrigo. Além disso, na Loca dos Morcegos, após o acasa-

DISCUSSION

Sexual segregation

Sexual segregation behavior for A. geoffroyi has already been reported by Galindo-Galindo et al. (2000) in a Mexican cave. In this case, the authors observed the abandonment of the maternity shelter by males after copulation period. Similar behavior was observed by Baumgarten & Vieira (1994) who state that the proportion of adult males decreased when females were pregnant or carrying young. Goodwin & Greenhal (1961) reported in their studies the variation of sex ratio throughout the year and the predominance of pregnant females over males in the month of November.

In general, our results show a different pattern of sexual segregation than in other studies, with pregnant females leaving and males remaining in the shelter. Moreover, in Loca dos Morcegos, females leave the cave after mating between

lamento, as fêmeas saem da caverna entre janeiro e abril e, posteriormente, os machos aparentemente também abandonam o abrigo, resultando em um padrão muito diferente de todos os descritos até o momento. Nas colônias estudadas, os abrigos para onde vão as fêmeas são desconhecidos, até o momento, e acreditamos que elas possam ocupar outros abrigos, formando grandes colônias maternidade ou se dividindo em grupos pequenos. Destas, talvez a segunda hipótese seja a mais plausível uma vez que, apesar de milhares de cavernas já terem sido estudadas no Quadrilátero Ferrífero, nenhuma outra colônia desta proporção é conhecida para a região.

O comportamento de segregação sexual é comum entre os vertebrados e diversos fatores podem levar as espécies a apresentarem este comportamento (Main & Cobientz, 1996, Ruckstuhl, 2007). Uma hipótese para explicar a segregação em *A. geoffroyi*, com base em estudo realizado por Saldaña-Vázquez *et al.* (2020), é que as fêmeas grávidas busquem abrigos mais quentes e que apresentem condições microclimáticas mais adequadas de temperatura para um melhor desenvolvimento pré-natal de suas proles. Os autores desse estudo (Saldaña-Vázquez *et al.*, 2020) observaram que, em seis populações de *A. geoffroyi* avaliadas em florestas temperadas do México, a sazonalidade afeta a proporção sexual e a fenologia da espécie, sendo que os abrigos ocupados predominantemente por fêmeas apresentavam uma temperatura superior em até 8°C, durante os meses mais quentes e úmidos em relação a outras colônias.

Estimativa populacional e variação anual

O presente estudo é um dos primeiros a utilizar a metodologia de marcação captura e recaptura para realizar estimativa populacional de morcegos em cavernas no Brasil e o primeiro de Minas Gerais. Até o momento, nenhum estudo específico havia sido realizado com *A. geoffroyi*. Deste modo, as populações monitoradas durante este estudo são as mais numerosas de *A. geoffroyi* que se têm registro no país até o momento.

As maiores estimativas aqui encontradas ocorreram após o registro das menores taxas de recaptura, em ambas as colônias e coincidiram

January and April. Afterwards, males apparently also leave the shelter, resulting in a very different pattern than the ones described so far. In the studied colonies the shelters to which the females go are unknown so far, but they may occupy other shelters forming large maternity colonies or dividing into small groups. Although thousands of caves have already been studied in the Iron Quadrangle, no other colony of this proportion is known for the region which leads to believe that perhaps the second hypothesis is the most probable.

*Sex segregation behavior is common among vertebrates and several factors can lead species to exhibit this behavior (Main & Cobientz, 1996, Ruckstuhl, 2007). Saldaña-Vázquez et al. (2020) hypothesis to explain segregation in *A. geoffroyi*, is that pregnant females seek warmer shelters that have more suitable microclimatic temperature conditions for better prenatal development of their offspring. The authors of this study (Saldaña-Vázquez et al., 2020) observed that in six populations of *A. geoffroyi* evaluated in temperate forests of Mexico, seasonality affects sex ratio and phenology of the species. Shelters occupied predominantly by females had a temperature that was up to 8°C higher than the other colonies during the warmer and more humid months.*

Population estimate and annual change

*This study is one of the first to use the capture and recapture tagging methodology to estimate bat populations in caves in Brazil and the first in Minas Gerais. No specific studies have been conducted with *A. geoffroyi* so far. Therefore, the populations monitored during this study are *A. geoffroyi* most numerous populations recorded in the country until now.*

The highest estimates found here occurred after the lowest recapture rates were recorded and coincided with the period of predominance of females in both colonies. This period corresponds to the beginning of the mating season, with subsequent recording of pregnant females in the following months. On the other hand, the highest recapture rates occurred, as expected, from January to April, when popula-

com o período de predominância das fêmeas em ambas as colônias. Esse período corresponde ao início do período de acasalamentos, com posterior registro de fêmeas grávidas nos meses seguintes. Por outro lado, as maiores taxas de recaptura ocorreram, como esperado, no período de janeiro a abril, momento em que as estimativas populacionais foram menores uma vez que as fêmeas já haviam abandonado os abrigos e as colônias eram compostas majoritariamente pelos machos (Jolly, 1965; Seber, 1965; 1982). Considerando que as estimativas tiveram como base amostras homogêneas para ambas as cavernas e na mesma escala de tempo, as estimativas obtidas representam uma aproximação de valores reais e que refletem a dinâmica das populações, as quais, apesar de pequenas variações, mostraram um padrão muito semelhante em ambas as cavernas. Se considerarmos a média de todos os valores mensais obtidos, principalmente na MJ-05, esse valor é muito próximo à estimativa obtida para o mês de julho, quando havia uma maior equitabilidade entre machos e fêmeas nos abrigos.

De acordo com as estimativas populacionais, as cavernas utilizadas como abrigos por essas colônias podem ser consideradas como de extrema importância para a conservação local da espécie, uma vez que representam as maiores populações conhecidas até o momento no país. Além disso, sua presença altera significativamente a dinâmica trófica e ambiental destes ambientes, por meio do depósito contínuo de matéria orgânica (fezes e restos alimentares) em seu interior, sendo, portanto, passíveis de serem classificadas como "bat caves". Ferreira (2019) definiu estas cavernas como "aquelas que abrigam colônias de morcegos que modificam, devido à sua presença, todo o ambiente trófico e climático da caverna, independentemente do número absoluto de morcegos". Na caverna MJ-05, por exemplo, fezes e restos alimentares foram observados frequentemente sendo consumidos por invertebrados, em especial por uma espécie de *Amphipoda* do gênero *Hyaella* S. I. Smith, 1874 que vive associada à drenagem subterrânea em seu interior (Figura 7). Nestas cavernas, as fezes são o principal recurso trófico existente e certamente determinam toda a estrutura e composição das comunidades de invertebrados a elas associadas.

tion estimates were lower because females had already left the shelters and the colonies were mainly composed of males (Jolly, 1965; Seber, 1965; 1982). Considering that the estimates were based on homogeneous samples for both caves and on the same time scale, the estimates obtained represent an approximation of real values and reflect the dynamics of the populations. Despite small variations they showed a very similar pattern in both caves. If we consider the obtained monthly values average, especially in MJ-05, this value is very close to the estimate obtained for the month of July, when there was a greater equitability between males and females in the shelters.

*According to population estimates, the caves used as shelters by these colonies can be considered as extremely important for the local conservation of the species, since they represent the largest known populations in the country. In addition, their presence significantly alters the trophic and environmental dynamics of these environments, through the continuous deposit of organic matter (feces and food remains) inside them, being likely classified as "bat caves". Ferreira (2019) defined these caves as "those that harbor colonies of bats that modify, due to their presence, the entire trophic and climatic environment of the cave, regardless of the absolute number of bats". In cave MJ-05 for example, feces and food remains were frequently observed being consumed by invertebrates, in particular by a species of *Amphipoda* of the genus *Hyaella* S. I. Smith, 1874 that lives associated with underground drainage inside (Figure 7). In these caves, feces are the main trophic resource and certainly determine the entire structure and composition of the invertebrate communities associated with them.*



Figura 7 – Amphipoda do gênero *Hyalella* e planárias (*DugesIIDae*) (A), isópodes *Trichorhina* (B) e ácaros (C) associados a fezes e restos alimentares dos morcegos; D) Guano de *Anoura geoffroyi* depositado no piso da Loca dos Morcegos.

Figure 7 – Amphipoda of the genus *Hyalella* and planaria (*DugesIIDae*) (A), *Trichorhina* isopods (B) and mites (C) associated with feces and food remains of the bats; D) Guano of *Anoura geoffroyi* deposited on the floor of Loca dos Morcegos cave.

Além disso, diversos autores consideram *A. geoffroyi* como uma espécie essencial aos ecossistemas epígeos por contribuir de forma significativa para a polinização de diferentes espécies vegetais (Caballero-martinez & Manzano, 2009; Gribel & Hay, 1993; Muchhala & Jarrín, 2002; Tschapka & Dressler, 2002; Whittaker & Jones, 1994). Os serviços ecossistêmicos realizados por grandes populações de morcego geram milhões de dólares anualmente. Em populações de insetívoros, estima-se que o consumo de pragas realizadas pelos morcegos, residentes em cavernas ou não, podem chegar a milhões por ano (Medellin et al., 2017, Aguiar et al. 2021). Além disto, milhões de dólares ainda são gerados anualmente com a realização do turismo em “bat caves”, tanto no México quanto nos EUA (Medellin et al., 2017); Assim como o observado nestes estudos, populações nume-

*In addition, several authors consider *A. geoffroyi* as an essential species to epigeal ecosystems due to their significant contribution to the pollination of different plant species (Caballero-martinez & Manzano, 2009; Gribel & Hay, 1993; Muchhala & Jarrín, 2002; Tschapka & Dressler, 2002; Whittaker & Jones, 1994). The ecosystem services performed by large bat populations generate millions of dollars annually. In insectivore populations, it is estimated that pest consumption performed by cave-dwelling and non-cave-dwelling bats can reach millions per year (Medellin et al., 2017, Aguiar et al. 2021). Furthermore, millions of dollars are still generated annually from “bat caves” tourism in both Mexico and the USA (Medellin et al., 2017). As observed in these studies, large populations of *A. geoffroyi* as well as other necta-*

rosas de *A. geoffroyi* bem como de outros nectarívoros, certamente desenvolvem importante papel ecológico nas áreas em que ocorrem, sendo necessária a realização de estudos que quantifiquem os serviços ecossistêmicos destas populações para as áreas de ocorrência.

Vale destacar, ainda, que as taxas de recapturas observadas no presente estudo podem ser consideradas elevadas quando comparadas com outros estudos realizados com morcegos no Brasil (Pedro & Taddei, 1997; Arnone, 2008; Lourenço, 2011). De modo geral, as taxas de recapturas elevadas indicam áreas de forrageamento limitadas, elevada disponibilidade local de recursos e alta fidelidade ao abrigo (Fleming *et al.*, 1972), o que denota maior importância a estes abrigos.

Implicações para a conservação

O presente estudo corrobora com inferências anteriores sobre o comportamento cavernícola de *A. geoffroyi*, conforme proposto por Guimarães & Ferreira (2014). No entanto, demonstra também a complexidade da dinâmica populacional da espécie, com variações populacionais significativas ao longo do ano, segregação sexual bem definida e o uso de diferentes abrigos (cavernas ou não) para completar seu ciclo reprodutivo.

Dessa forma, a necessidade da existência de abrigos para o acasalamento, gestação e posterior maternidade, além de variações populacionais expressivas ao longo do ano, podem colocar em risco a preservação de grandes populações em decorrência da possibilidade legal de supressão de cavernas, conforme previsto pelo Decreto Federal 6.640/2008. De forma geral, consideramos que a legislação atual negligencia a importância dos morcegos em suas métricas de análise de relevância para cavidades naturais subterrâneas, desconsiderando a importância destas populações no aporte energético e, principalmente, nos serviços ecossistêmicos prestados por estas populações nos ambientes epígeos. Além disso, tendo em vista esta relação peculiar de *A. geoffroyi* com cavernas, o método de amostragem usual (duas coletas ao longo do ano) pode não ser suficiente para a identifi-

rivores certainly play an important ecological role in the areas where they occur, and studies are needed to quantify the ecosystem services of these populations to those areas.

*It is also worth noting that the recapture rates observed in this study can be considered high when compared to other studies conducted with bats in Brazil (Pedro & Taddei, 1997; Arnone, 2008; Lourenço, 2011). In general, high recapture rates indicate limited foraging areas, high local resource availability, and high shelter fidelity (Fleming *et al.*, 1972), which denotes greater importance to these shelters.*

Implications for conservation

*This study corroborates previous inferences about *A. geoffroyi* cave behavior, as proposed by Guimarães & Ferreira (2014). However, it also demonstrates the complexity of the species population dynamics, with significant population variations throughout the year, well-defined sexual segregation and the use of different shelters (caves or not) to complete its reproductive cycle.*

*The need for the existence of shelters for mating, gestation and subsequent maternity, in addition to significant population variations throughout the year, may put at risk the preservation of large populations due to the legal possibility of suppression of caves as provided by the Federal Decree 6.640/2008. In general, we consider that the current legislation neglects the importance of bats in its relevance analysis metrics for underground natural caves. It disregards the importance of these populations in the organic matter contribution and, especially, in the ecosystem services provided by these populations in the epigeal environments. Furthermore, in view of this peculiar relationship between *A. geoffroyi* and caves, the usual sampling method (two collections throughout the year) may not be sufficient for the identification of these breeding sites. As demonstrated in this study, depending on the sampling period, caves that house hundreds of bats throughout the year may have only a few individuals during a few days, resulting in erroneous inferences about the importance*

cação destes sítios de reprodução da espécie, uma vez que, conforme demonstrado neste estudo, a depender do período da amostragem, cavernas que abrigam centenas de morcegos durante todo o ano, podem apresentar apenas poucos indivíduos, durante alguns poucos dias resultando, portanto, em inferências equivocadas sobre a importância deste ambiente. A supressão de cavernas pouco expressivas em tamanho como as avaliadas no presente estudo, poderia provocar um significativo impacto sobre a espécie localmente, alterando toda a dinâmica ambiental com a qual a mesma está relacionada.

Atualmente, os únicos atributos da legislação que permitem indiretamente proteger a quiroptero-fauna correspondem a “Interações ecológicas únicas e abrigo essencial para preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes de listas oficiais” e nenhum contempla a quiroptero-fauna de forma direta, mesmo que esta apresente grandes populações, capazes de alterar completamente a dinâmica ambiental de cavernas e do ambiente epígeo. Além disso, outros atributos como riqueza de espécies de morcegos, diversidade de guildas tróficas, assim como as relações ecológicas específicas de algumas espécies, também deveriam ser consideradas neste instrumento legal (Barros *et al.*, 2020).

De acordo com as listas oficiais, poucas espécies de morcegos se enquadrariam neste atributo. O livro vermelho de fauna ameaçada de extinção (2016) cita apenas sete espécies, sendo estas; *Furipterus horrens* (F. Cuvier, 1828), *Natalus macrourus* (Gervais, 1856), *Glyphonycteris behnii* (Peters, 1865), *Lonchorhina aurita* Tomes, 1863, *Xeronycteris vieirai*, Gregorin & Ditchfield 2005, *Eptesicus taddeii* Miranda, Bernardo & Passos 2006, ambas enquadradas na categoria de vulnerável (VU) e *Lonchophylla dekeyseri* Taddei, Vizotto & Sazima 1983, na categoria Em perigo (EN).

Infelizmente, este atributo ajuda a proteger apenas uma pequena parcela das mais de 81 espécies de morcegos que sabidamente utilizam cavernas no Brasil e que não necessariamente representam um papel ecológico tão importante para ecossistemas epígeos e subterrâneos quando comparado com espécies de

of this environment. The suppression of small sized caves, such as those evaluated in this study, could have a significant impact on the species locally, changing the entire environmental dynamic to which it is related.

*Currently, the only legislation attributes that allow indirect protection of chiroptero-fauna correspond to: “Unique ecological interactions and Shelter essential for the preservation of genetically viable populations of endangered animal species, included in official lists”. None contemplates chiroptero-fauna directly, even if it presents large populations, capable of completely changing the environmental dynamics of caves and the epigeal environment. In addition, other attributes such as bats species richness, diversity of trophic guilds, as well as the specific ecological relationships of some species, should also be considered in this legal instrument (Barros *et al.*, 2020).*

*According to official lists, few bat species would fit this attribute. The red book of endangered fauna (2016) cites only seven species, these being; *Furipterus horrens* (F. Cuvier, 1828), *Natalus macrourus* (Gervais, 1856), *Glyphonycteris behnii* (Peters, 1865), *Lonchorhina aurita* Tomes, 1863, *Xeronycteris vieirai* Gregorin & Ditchfield 2005, *Eptesicus taddeii* Miranda, Bernardo & Passos, 2006 both in the vulnerable category (VU) and *Lonchophylla dekeyseri* Taddei, Vizotto & Sazima, 1983 in the endangered category (EN).*

*Unfortunately, this feature helps protect only a small portion of the more than 81 species of bats known to use caves in Brazil. These portion do not necessarily play such an important ecological role for epigeal and subterranean ecosystems when compared to relatively common bat species such as *Anoura geoffroyi*. Moreover, the attribute does not include the 13 bats species considered essentially cave-dwelling (Guimaraes & Ferreira, 2014). Therefore, due to the weaknesses found in the current Brazilian environmental legislation and the lack of knowledge about the natural history of most species, essentially cave-dwelling bats may be seriously threatened by landscape changes and misuse of natural resources. They may suffer*

morcegos relativamente comuns como *Anoura geoffroyi*. Além disto, o atributo não contempla as 13 espécies de morcegos consideradas essencialmente cavernícolas (Guimaraes & Ferreira, 2014). Sendo assim, consideramos que devido às fragilidades encontradas na atual legislação ambiental brasileira e a falta de conhecimento sobre história natural da maioria das espécies, morcegos essencialmente cavernícolas podem estar seriamente ameaçados por alterações na paisagem e utilização equivocada dos recursos naturais, podendo sofrer declínios populacionais significativos em algumas regiões pressionadas pela supressão de cavernas, em decorrência do desenvolvimento econômico.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Santuário Nossa Senhora da Piedade e a Vale S.A., representada pela Gerência de Espeleologia (DIFP), por permitirem acesso às áreas de estudo e por fornecerem apoio logístico para realização do trabalho. Agradecemos ao Comitê de Ética da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - (CEUA-PUC) e ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pelas autorizações de pesquisa concedidas. À PUC-Minas pela bolsa de estudos concedida.

significant population declines in some regions pressured by the suppression of caves due to economic development.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank the Santuário Nossa Senhora da Piedade and Vale S.A. represented by the Speleology Management (DIFP) for allowing access to the study areas and for providing logistical support for the work. We thank the Ethics Committee of the Pontifical Catholic University of Minas Gerais (CEUA-PUC) and the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio) for the research authorizations granted. We thank PUC-Minas for the scholarship granted.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- AGUIAR, L. M. S.; Rocha, I. D. B.; Oliveira, G.; FRIZZAS, M. R.; Togni, P. H. B. Going out for dinner - The consumption of agriculture pests by bats in urban areas. *PLoS One*, v. 16, p. e0258066, 2021.
- ALMEIDA, E. O.; MOREIRA, E. C.; NAVEDA, L. A. B.; HERRMANN, G. P. Combate ao *Desmodus rotundus rotundus* (E. Geoffroy, 1810) na região cárstica de Cordisburgo e Curvelo, Minas Gerais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.54, n. 2, p. 1-9, 2002.
- ALVAREZ, T.; RAMIREZ-PULIDO, J. Notas acerca de murciélagos mexicanos. *Anales de La Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. México, v.19, p.167-178, 1972.
- ANTHONY, E. L. P. Age determination in bats. In: *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. (T. H. Kunz, ed.). Washington, DC: *Smithsonian Institution Press*, p. 47-57, 1988.
- ARNOME, I. S. Estudo da comunidade de morcegos na área cárstica do Alto Ribeira – SP. Uma comparação com 1980. 2008. 121f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2008.
- BARROS, R. S. M.; BISAGGIO, E. L.; BORGES, R. C. Morcegos (Mammalia, Chiroptera) em fragmentos florestais urbanos no município de Juiz de Fora, Minas Gerais, Sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, v.6, n.1, p.1-6, 2006.
- BARROS, J. S.; GOMES, A. M.; GUIMARAES, M. M.; DIAS-SILVA, L.; ROCHA, P. A.; TAVARES, V. C.; BERNARD, E. Análise de relevância de cavernas: uma revisão da IN 02/2017 sob a perspectiva dos morcegos. *Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia*, v. III, p. 1-9, 2020.
- BAUMGARTEN, J. E.; VIEIRA, E. M. Reproductive seasonality and development of *Anoura geoffroyi* (Chiroptera: Phyllostomidae) in central Brazil. *Mammalia*, v. 58, n. 3, p.415-422, 1994.
- BERNARD, E.; FENTON, M. B. Bat mobility and roosts in a fragmented landscape in central Amazonia, Brazil. *Biotropica*, v. 35, n.2, p.262-277, 2003.
- BIANCONI, G. V.; MIKICH, S. B.; PEDRO, W. A. Movements of bats (Mammalia, Chiroptera) in Atlantic Forest remnants in southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.23, n.4, p.1199-1206, 2006.
- BREDT, A.; UIEDA, W.; MAGALHAES, E. D. Morcegos cavernícolas da região do Distrito Federal, centro-oeste do Brasil (Mammalia, Chiroptera). *Revista Brasileira de Zoologia*, v.16, n.3, p.731-770, 1999.
- BUENO, M. E. T. Geografia da Serra da Piedade. In: *Serra da Piedade* (DUARTE, R.H., org.). Belo Horizonte: CEMIG, p.136, 1992.
- CABALLERO-MARTÍNEZ, L. A.; MANZANO, I. V. R. Hábitos alimentarios de *Anoura geoffroyi* (Chiroptera: Phyllostomidae) em Ixtapan Del Oro, Estado do México. *Acta Zoologica Mexicana*, v. 25, n.1, p.161-175, 2009.
- CAMPANHÃ, R.A.C.; FOWLER, H.G. Movements patterns and roosts of the vampire bat *Desmodus rotundus* in the interior of São Paulo State. *Naturalia*, São Paulo, v.20, p.191-194, 1995.
- COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa nº147, de 30 de abril de 2010. Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da
- EISENBERG, J. F.; REDFORD, K. H. The contemporary mammalian fauna. In: *Mammals of the Neotropics – The Central Neotropics*, v.3, The University of Chicago Press, Chicago. 1999.

ESBÉRARD, C. E. L.; MOTTA, J. A.; PERIGO, C. Morcegos cavernícolas da área de proteção ambiental (APA) Nascentes do Rio Vermelho, Goiás. *Revista brasileira de Zoociências*, v.7, n. 2, p.311-325, 2005.

FARIAS, T. O.; TALAMONI, S. A.; GODINHO, H. P. Reproductive dynamics of the nectarivorous Geoffroy's tailed bat *Anoura geoffroyi* (Glossophaginae) in a highland Neotropical area of Brazil, with evidence of a mating period. *Acta Chiropterologica*, v.20, n.1, p. 251-261, 2018.

FERREIRA, R. L. Guano communities. In *Encyclopedia of Caves* (pp. 474-484). Academic Press. p. 474-484, 2019.

FLEMING, T. H.; HOOPER, E. T.; WILSON, D. E. Three Central American Bats Communities: structure, reproductive cycles, and movement patterns. *Ecology*, v.53, n.4, p.556-569, 1972.

GALINDO-GALINDO, C.; CASTRO-CAMPILLO, A.; SALAME-MÉNDEZ, A., RAMÍREZ-PULIDO, J. Reproductive events and social organization in a colony of *Anoura geoffroyi* (Chiroptera: Phyllostomidae) from a temperate Mexican cave. *Acta Zoológica Mexicana*, n.80, p.51-68, 2000.

GOODWIN, G. G.; GREENHALL, A. M. A review of the bats of Trinidad and Tobago. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, v.122, p.191-301, 1961.

GRIBEL, R.; HAY, J.D. Pollination ecology of *Caryocar brasilienses* (Caryocaraceae) in GRIBEL, R.; HAY, J. D. Pollination ecology of *Caryocar brasilienses* (Caryocaraceae) in central Brazil cerrado vegetation. *Journal of Tropical Ecology*, p.199-211, 1993.

GUIMARÃES, M. M.; FERREIRA, R. L. Morcegos cavernícolas do Brasil: Novos registros e desafios para conservação. *Revista Brasileira de Espeleologia*, v.2, n.4, p.1-33, 2014.

HEIDEMAN, P. D.; DEORAJ, P.; BRONSON, F. H. Seasonal reproduction of a tropical bat, *Anoura geoffroyi*, in relation to photoperiod. *Journal of reproduction and fertility*, v.96, n.2, p.765-773, 1992.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Ministério do Meio Ambiente. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. p.1-76, 2016

Instrução Normativa N°- 2, de 30 de agosto de 2017. Define a metodologia para a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas. Diário Oficial da União, Brasília.

IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Versão 2016.3. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 07 dez. 2021.

JOLLY, G. M. Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration—stochastic model. *Biometrika*, p.225–247. 1965.

KREBS, C. J. *Ecological Methodology*. 2nd ed. Benjamin Cummings, Menlo Park, California. p.620, 1999.

LEITE, A.P. Uso do espaço por *Artibeus lituratus* e *Sturnira lilium* (Chiroptera: Phyllostomidae) em fragmentos florestais urbanos de Curitiba, Paraná. 2008. 113f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós- Graduação em Ciências Biológicas, Zoologia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

LOURENÇO, E. C. *Marcação- recaptura de morcegos: relevância e exemplos de estudos ecológicos*. 2011. 96f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. Rio de Janeiro. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

- MAIN, M. B.; COBLENTZ, B.E. Sexual segregation in rocky mountain mule deer. *Journal of Wildlife Manage*, v.60, p.497-507, 1996.
- MANTILLA-MELUK, H.; BAKER, R.J. New species of *Anoura* (Chiroptera: Phyllostomidae) from Colombia, with systematic remarks and notes on the distribution of the *A. geoffroyi* complex. *Occasional Papers of the Museum of Texas Tech University*. Lubbock, v.292, p.1-19, 2010.
- MARKUS, M. *Avaliação das áreas de preservação permanente na microbacia do Ribeirão da Casa Branca – Brumadinho*. MG. Monografia (Especialização). Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geo Ciências, Especialização em Geoprocessamento, Belo Horizonte. 2003.
- MARTINS, M. A. *Morcegos cavernícolas em uma área de cerrado no sudeste do Brasil: composição de espécies e uso de abrigo*. 2015. 94f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2015.
- MEDELLIN, R. A.; WIEDERHOLT, R; HOFFMAN, L. L. Conservation relevance of bat caves for biodiversity and ecosystem services. *Biological Conservation*, v. 211, p.45-50, 2017.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. Portaria N° 444, de 17 de dezembro de 2014.
- MORATELLI, R. M.; PERACCHI, A. L. Morcegos (Mammalia, Chiroptera) do Parque nacional da Serra dos Órgãos. p.194 - 209, 2007. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/parnaserrado-sorgaos/images/stories/Moratelli_Peracchi_2007.pdf>. Acesso: out. 2017.
- MUCHHALA, N.; JARRÍN-V, P. Flower Visitation by Bats in Cloud Forests of Western Ecuador. *Biotropica*, v.34, n.3, p.387-395, 2002.
- OLIVEIRA, N. Y. K. *Estrutura de comunidade, reprodução e dinâmica populacional de morcegos (Mammalia, Chiroptera) na Reserva Natural do Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná*. 2010. 109f. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2010.
- PACHECO, V.; SÁNCHEZ-VENDIZÚ, P.; SOLARI, S. A new species of *Anoura* Gray, 1838 (Chiroptera: Phyllostomidae) from Peru, with taxonomic and biogeographic comments on species of the *Anoura* caudifer complex. *Acta Chiropterologica*, v.20, p. 31-50, 2018.
- PEDRO, W. A.; TADDEI, V.A. Taxonomic assemblage of bats from Panga Reserve, southeastern Brazil: abundance patterns and trophic relations in the Phyllostomidae (Chiroptera). *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, v.6, p.3-21, 1997.
- PORTELLA, A. S. *Morcegos cavernícolas e relações parasita-hospedeiro com moscas estreblideas em cinco cavernas do distrito federal*. 2010. 69f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Brasília. 2010.
- STATSOFT, INC. (2004) STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com
- REIS, A.S.; ZAMPAULO, R.A.; DORNELLES, G.D.P. ; GRACIOLLI, G.; TALAMONI, S.A. Variation of dipteran ectoparasites (Streblidae) on *Anoura geoffroyi* Gray, 1838 (Phyllostomidae) in two caves in southeastern Brazil. *Parasitology Research*. 2021.
- REIS, A.S.; ZAMPAULO, R.A.; BERNARDI, L. F.O.; TALAMONI, S.A. Monunguis streblida (Neothrombidiidae) in Brazil and its parasitic relationships with dipteran ectoparasites (*Anastrebla* and *Trichobius*) of bats. *Parasitology Research*. v.118, p. 2467-2473, 2019.
- REIS, N. R. J.; PERACCHI, A. L.; BATISTA, C. B.; LIMA, I. P.; PEREIRA, A. D. *História natural dos morcegos brasileiros; chave de identificação de espécies*. Rio de Janeiro. Technical Books, 2017. 416p.

- REIS, N. R.; FREGONEZI, M. N.; PERACCHI, D. L.; SHIBATTA, O. A. *Morcegos do Brasil: guia de campo*. Rio de Janeiro. Technical Books, 2013. 252p.
- ROCHA, A. D. *Estudo da assembleia de quirópteros (Mammalia: Chiroptera) da Gruta do Riacho Subterrâneo – município de Itu, SP*. 2015. 74f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de São Carlos. 2015.
- RUCKSTUHL, K. E. Sexual segregation in vertebrates: proximate and ultimate causes. *Oxford University Press, Canada*, v.47, n.2, p. 245-257, 2007.
- SALDAÑA-VÁZQUEZ, R. A.; ORTEGA, J.; GUERRERO, J. A.; AIZA-REYNOSO, M.; MACSWINEY, G. M. C.; AGUILAR-RODRÍGUEZ, P. A.; AYALA-BERDON, J.; ZAMORA-GUTIERREZ, V. Ambient temperature drives sex ratio and presence of pregnant females of *Anoura geoffroyi* (Phyllostomidae) bats living in temperate forests. *Journal of Mammalogy*, v.101, n.1, p. 234-240, 2020.
- SEBER, G. A. F. A note on the multiple-recapture census. *Biometrika* 52, p.249–259. 1965.
- SEBER, G. A. F. The estimation of animal abundance and related parameters. Edward Arnold, Londres, p.654, 1982.
- SOUZA, F.C.R.; CARMO FF (2015) Geossistemas ferruginosos no Brasil. p. 47- 76. IN: Carmo FF, Kamino LHY (Org.) Geossistemas Ferruginosos do Brasil: Áreas prioritárias para a conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais. v.1, p.551. 2015.
- TORQUETTI, C. G.; SILVA, M. X.; TALAMONI, S. A. Differences between caves with and without bats in a Brazilian Karst habitat. *Zoologia, An international Journal for Zoology*, v.34, p.1-7, 2017.
- TRAJANO, E. Ecologia de populações de morcegos cavernícolas em uma região cárstica do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 2, n. 5, p.255-320, 1985.
- TRAJANO, E. Movements of cave bats in South eastern Brazil, with emphasis on the population ecology of the common vampire bat, *Desmodus rotundus* (Chiroptera). *Biotropica*, v.28, n.1, p.121-129, 1996.
- TSCHAPKA, M.; DRESSLER, S. Chiropterophily: On bat-flowers and flower-bats. *Curtis's Botanical Magazine*, v.19, n.2, p.114–125, 2002.
- WHITTAKER, R. J.; JONES, S. H. The Role of Frugivorous Bats and Birds in the Rebuilding of a Tropical Forest Ecosystem, Krakatau, Indonesia. *Journal of Biogeography*, v.21, n.3, p.245-258, 1994.
- ZORTÉA, M. Reproductive patterns and feeding habits of tree nectarivorous bats (Phyllostomidae: Glossophaginae) from the Brazilian Cerrado. *Jornal da Biologia do Brasil*, v. 63, n. 1, p.159-168, 2003.