

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

**Biomonitoramento de uma grande congregação de morcegos
no Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco**

Recife – PE

2016

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

**Biomonitoramento de uma grande congregação de morcegos
no Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco**

Jaire Marinho Torres

Orientador: Prof. Dr. Enrico Bernard

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Biologia Animal como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Recife – PE

2016

Catálogo na Fonte:
Bibliotecário Bruno Márcio Gouveia, CRB-4/1788

Torres, Jaire Marinho

Biomonitoramento de uma grande congregação de morcegos no Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco / Jaire Marinho Torres. – Recife: O Autor, 2016.

145 f.: il.

Orientador: Enrico Bernard

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Bacharelado em Biologia Animal, 2016.

Inclui referências e anexos

1. Morcego 2. Catimbau (Buíque, PE) I. Bernard, Enrico (orient.) II. Título.

559.4

CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2016-165

Jaire Marinho Torres

Biomonitoramento de uma grande congregação de morcegos no Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco

Dissertação apresentada em 25/02/2016 e aprovada pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Banca examinadora

I Examinador: _____

Dr. Eduardo Martins Venticinque
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

II Examinador: _____

Dr. Luiz Augustinho Menezes da Silva
Universidade Federal de Pernambuco

III Examinador: _____

Dr. Antonio da Silva Souto
Universidade Federal de Pernambuco

I Suplente: _____

Dr. Filipe Martins Aléssio
Universidade de Pernambuco

II Suplente: _____

Dra. Bruna Martins Bezerra
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e a Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza pelo financiamento do projeto.

A Facepe pela bolsa concedida.

Ao Projeto Ecológico de Longa Duração (PELD) do Catimbau, sob coordenação do Prof. Dr. Marcelo Tabarelli, pelo apoio logístico para o desenvolvimento das atividades de campo.

Ao Prof. Dr. Enrico Bernard pela orientação.

Ao Voxar Labs pela parceria realizada e apoio no desenvolvimento do sistema de estimativa de morcegos, especialmente a Veronica, João Marcelo (Joma) e Eduardo pelo empenho e total dedicação ao projeto.

Aos integrantes do Laboratório de Ciência Aplicada à Conservação da Biodiversidade pelo auxílio no desenvolvimento das atividades de campo – Eder, Ana Cláudia (Aninha), Ítalo, Mariana, Frederico (Fred), Évelyn, Marília e Fernanda (Ito).

Aos amigos de Recife pelo apoio, presença, e carinho – Camila (da Herpeto), Celina, Eder, Eveline, Fernanda (Ito), Fred, Ingrid, Jaine, Juliana, Júlio, Ledson, Lucas (o de Maceió), Manolo (Francisco), Mariana, Marília, Neto (José), Rodolfo, Wictor e todos os outros que marcaram de alguma forma e não foram citados, sei que seus bons corações me perdoarão pelo esquecimento.

Aos amigos de longa data e seu carinho incondicional, dedicação ilimitada e paciência imensurável – Carla, Claudinha, Drielle, Guilherme (o outro Torres), Luiz Mário, Mariana, Mônica, Rayssa, Thai e Vitor Hugo. Amigos de 5 a 20 anos, sem os quais o caminho até aqui teria sido muito mais árduo.

A Elaine que, além de mestra, é uma grande amiga que me impulsiona diariamente ao longo da minha formação.

A minha família, que sozinha renderia uma página de nomeações, por sua torcida e apoio constantes – tios, tias, primos, primas, papagaios, cachorros e periquitos. Aos meus queridos irmãos, Rafael e Alessandra, dois dos meus pilares de sustentação e sem dúvida meus exemplos e motivação. A minha cunhada, Olga, por sua amizade e conselhos, sem dúvida imprescindível à família Marinho. Aos meus sobrinhos, o amado Emanuel e o já amado João Pedro, que certamente sempre garantirão os momentos mais felizes.

Aos meus pais, detentores da sabedoria e mais puro amor, que me motivam a sonhar e concretizar o inimaginável. Meus exemplos de caráter, dedicação e benevolência.

A Deus, por direcionar meus caminhos e me iluminar nos momentos de escuridão.

“Tu, Senhor, guardarás em perfeita
paz aquele cujo propósito está firme,
porque em Ti confia”

Isaías 26:3

RESUMO

Os morcegos são um dos grupos de mamíferos mais amplamente distribuído e diverso do mundo. A variação da ordem Chiroptera pode ser exemplificada por seus hábitos alimentares, quesito em que somente a saprofagia não é contemplada. Essa variedade é verificada também na utilização de abrigos, pois exploram desde abrigos naturais até artificiais. Os abrigos são particularmente importantes, pois é neles que os morcegos passam a maior parte de suas vidas, em pequenos grupos ou em grandes congregações com milhões de indivíduos. As cavernas são os abrigos mais estáveis, e comumente utilizados por grandes colônias. Entretanto, as cavernas desconhecidas quando se trata dos morcegos brasileiros, o que é preocupante devida à elevada diversidade da quiropterofauna brasileira. É necessário conhecer essas grandes congregações cavernícolas, pois grandes agrupamentos biológicos são considerados potenciais indicadores das mudanças climáticas do planeta. Mas essa não é uma tarefa fácil, pois o monitoramento dessas populações é inviável pelos métodos de estimativa tradicionais, como manual ou estimativa pela densidade de indivíduos. Considerando-se o cenário atual da pesquisa com morcegos cavernícolas, a proposta dessa dissertação é explorar questões básicas sobre sua ecologia, como aspectos de sua história natural em monitoramento de longo prazo e respostas às variações climáticas de temperatura, umidade e pluviosidade. Para isso foi necessário desenvolver um método de estimativa automatizada de morcegos, que também será apresentado. O objeto de estudo é a congregação abrigada na caverna “Meu Rei”, no Parque Nacional do Catimbau, Tupanatinga/PE. Esses animais são particularmente interessantes, pois estimativas iniciais apontaram milhares de indivíduos, abrigados em um ambiente climaticamente extremo extremas como a Caatinga. O monitoramento ocorreu entre Outubro de 2014 e Setembro de 2015, com censos mensais no abrigo e coleta de dados climáticos. A congregação apresentou grande variação ao longo do monitoramento, entre 188 e 129074 animais, estimados por um sistema automatizado com erro médio de $20,05 \pm 16,88\%$. Foram registradas oito espécies nesta comunidade, com representantes de cinco guildas alimentares. Algumas das espécies são constantes na caverna, mas outras parecem usar a caverna apenas durante períodos reprodutivos, sendo que sete das oito espécies foram encontradas com indícios reprodutivos. Essa presença pode se relacionar com a estabilidade climática do abrigo em relação ao ambiente externo, evitando-se a influência de alterações climáticas já que a temperatura e pluviosidade nas quinzenas anteriores aos censos influenciaram a abundância no abrigo. Os morcegos ainda influenciam o microclima da caverna, alterando a temperatura e umidade do interior. Esses dados contribuem ao conhecimento da quiropterofauna, demonstrando sua importância na manutenção do abrigo e sua resposta às variações no clima do ambiente. Além disso, o sistema de estimativa apresentado alavanca a introdução de censos automatizados e padronizados de morcegos, com monitoramentos mais precisos. Esse monitoramento é necessário para tomadas de decisões para a conservação dos grupos de morcegos, que são potenciais prestadores de serviços ambientais na área.

Palavras chave: Abrigo, estimativa, monitoramento, pluviosidade, temperatura.

ABSTRACT

Bats are the most widely distributed and diverse among mammals group in the world. The variation of Chiroptera order can be exemplified by their feeding habits which only saprofagy is not contemplated. Moreover, this variation can be observed by use of shelters. Bats can explore natural or artificial shelters. Shelters are particularly important, since bats spend most of their lives at shelters in small groups or in large congregations with millions of individuals. Caves are the most stable shelter, and commonly used by large colonies. However, the diversity of bats in Brazilian caves are still unknown. The knowledge about this diversity should be important since large groups of bats are considered potential biological indicators of climate change. It is a challenge monitoring these populations, and it is not feasible by traditional estimation methods such as manual or estimate the density of individuals. Considering the importance of that knowledge on cave bats, the purpose of this study is to explore basic questions about bat's ecology. This investigation has goal to discuss aspects of the natural history of bats in long-term monitoring, and their responses to climate variations, such as temperature, humidity and rainfall. For this reason, it was necessary to develop a bat's automated estimate method. The congregation sheltered in "My King" cave at Catimbau National Park, Tupanatinga / PE is the object of this study. The initial estimates showed thousands of individuals housed in a climatically extreme environment such as Caatinga. We made the monitoring between October 2014 and September 2015, with monthly censuses in the shelter and collecting weather data. The congregation showed great variation over monitoring, between 188 and 129 074 animals, estimated by an automated system with an average error of $20.05 \pm 16.88\%$. Eight species were recorded, with representatives from five feeding guilds. Some species are listed in the cave, but others seem to use the cave during breeding seasons, and seven of the eight species were found with reproductive indications. This presence can relate to climate stability of the barn compared to the external environment, avoiding the influence of climate change since the temperature and rainfall in previous fortnights to censuses influenced the abundance in the shelter. Bats also influence the microclimate inside the cave by changing the temperature and humidity. Our data contribute to the knowledge of chiropterofauna showing the importance of bats maintaining the shelter and its response to variations in the ambient climate. Moreover, the presented estimation system leverages the introduction a more precise monitoring way, by using automated and standardized bat's census. This monitoring is important for decision makers, considering conservation of bats groups, which are potential environmental service providers in the area.

Keywords: Estimation, monitoring, rainfall, shelter, temperature.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Abs – Valor absoluto

Aces – Espécies Acessórias

Acid – Espécies acidentais

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima

Aut – Automático

C – Constância

CAD – Câmara anterior direita

CAE – Câmara anterior esquerda

CMCT – Contagem manual do conjunto treinamento

CMCV – Contagem manual do conjunto validação

CO – Espécies cavernícolas oportunistas

Cons – Espécies constantes

CPD – Câmara posterior direita

CPE – Câmara posterior esquerda

CT – Conjunto de Treinamento

CV – Conjunto de Validação

DD – Deficiente em dados

EC – Espécies essencialmente cavernícolas

Frug – Frugívoro

Hema – Hemaatófago

Inse – Insetívoro

IUCN – International Union for Conservation of Nature

LC – Pouco preocupante

Man – Manual

MCM – Morcegos Contabilizados Manualmente

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NA – Não ameaçada

NC – Espécies não cavernícolas

Nect – Nectarívoro

NEMC – Número estimado de morcegos na caverna

NME – Número de morcegos entrando

NMS – Número de morcegos saindo

NSCM – Número de morcegos saindo na contagem manual

NT – Quase ameaçada

NTM – Número Total de Morcegos

NTMV – Número total de morcegos no vídeo

Oniv - Onívoro

PARNA – Parque Nacional

Pluvio - Pluviosidade

SBT – Somatório dos Blobs Totais

T1 – Intervalo de tempo de um dia antes da filmagem

T15 – Intervalo de tempo de 15 dias antes da filmagem

T3 – Intervalo de tempo de 3 dias antes da filmagem

T30 – Intervalo de tempo de 30 dias antes da filmagem

T5 – Intervalo de tempo de 5 dias antes da filmagem

T7 – Intervalo de tempo de 7 dias antes da filmagem

TB – Total de blobs

TD – Intervalo de tempo do dia de filmagem

Text – Temperatura externa

Tfundo – Temperatura no fundo da caverna

TM – Intervalo de tempo do mês de filmagem

Tmeio – Temperatura no meio da caverna

TO – Tipo de ocupação

trM – Track Média

Uext – Umidade externa

Ufundo – Umidade no fundo da caverna

Umeio – Umidade no meio da caverna

VU – Vulnerável

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS.....	4
CAPÍTULO 1. DESENVOLVIMENTO E UTILIZAÇÃO DE UM MÉTODO AUTOMATIZADO PARA ESTIMATIVA E MONITORAMENTO DE MORCEGOS	
Resumo.....	9
Introdução.....	10
Metodologia.....	12
<i>Caracterização da área.....</i>	<i>12</i>
<i>Procedimentos de desenvolvimento do sistema para estimativa de morcegos.....</i>	<i>13</i>
<i>Geração de vídeos para criação do sistema.....</i>	<i>13</i>
<i>Deteção de morcegos nos vídeos gerados.....</i>	<i>14</i>
<i>Procedimentos para estimação da quantidade de morcegos.....</i>	<i>17</i>
<i>Procedimentos de validação do método proposto.....</i>	<i>21</i>
<i>Correção da estimativa de morcegos.....</i>	<i>22</i>
Resultados.....	22
Discussão.....	24
Agradecimentos.....	27
Referências.....	27
CAPÍTULO 2. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA, UMIDADE E PLUVIOSIDADE SOBRE UMA GRANDE CONGREGAÇÃO DE MORCEGOS NO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU, CAATINGA DE PERNAMBUCO	
Resumo.....	36
Introdução.....	37

Material e Métodos.....	39
<i>Área de estudo.....</i>	39
<i>Coleta de dados.....</i>	40
<i>Análise de dados.....</i>	41
Resultados.....	43
Discussão.....	45
<i>A caverna “Meu Rei” e as hot caves.....</i>	46
<i>Efeitos das variações no número de morcegos.....</i>	48
<i>Espécies e condições microclimáticas.....</i>	49
Agradecimentos.....	51
Referências.....	52

CAPÍTULO 3. MORCEGOS DA CAVERNA “MEU REI”: ASPECTOS DA BIOLOGIA E HISTÓRIA NATURAL DE UMA COMUNIDADE DE MORCEGOS CAVERNÍCOLAS NO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU, CAATINGA DE PERNAMBUCO

Resumo.....	70
Introdução.....	71
Material e Métodos.....	73
<i>Área de estudo.....</i>	73
<i>Coleta de dados.....</i>	74
<i>Análise de dados.....</i>	75
Resultados	
<i>Pteronotus gymnonotus</i> Natterer, 1843.....	78
<i>Natalus macrourus</i> (Ruschi, 1951).....	80
<i>Diphylla ecaudata</i> Spix, 1823.....	82
<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758).....	84
<i>Lonchorhina aurita</i> Tomes 1863.....	86

<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766).....	88
<i>Anoura geoffroyi</i> Gray, 1838.....	90
<i>Tonatia bidens</i> Spix, 1823.....	92
Discussão.....	94
<i>Uso e ocupação da caverna “Meu Rei” pelas espécies de morcegos.....</i>	<i>94</i>
<i>Aspectos reprodutivos de morcegos da Caatinga.....</i>	<i>96</i>
<i>Guildas alimentares e serviços ambientais prestados por morcegos na Caatinga.....</i>	<i>98</i>
<i>Ameaças às espécies vulneráveis e importância da conservação de ambientes cavernícolas.....</i>	<i>102</i>
Agradecimentos.....	105
Referências.....	106
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	123
NORMAS DA REVISTA <i>Ecological Informatics</i> (ISSN 1574-9541).....	125
NORMAS DA REVISTA <i>Acta Chiropterologica</i> (ISSN 1508-1109).....	139

INTRODUÇÃO GERAL

Os morcegos são um dos grupos de mamíferos mais amplamente distribuído (Altringham, 1996) e mais diverso do mundo, contemplando 25% da diversidade de mamíferos conhecidos (Simmons, 2005). São conhecidas cerca de 1150 espécies de morcegos (Simmons, 2005), das quais 178 são encontradas no Brasil (Nogueira et al., 2014). A riqueza de morcegos brasileiros representa cerca de 15% das espécies do mundo (Bernard et al., 2011), colocando os morcegos como a segunda ordem de maior riqueza entre os mamíferos brasileiros, sendo superados somente por Rodentia (Reis et al. 2007).

Morcegos apresentam também uma grande diversidade biológica, em grande parte resultante de seus hábitos alimentares (Altringham, 1996). Os morcegos neotropicais possuem hábitos alimentares insetívoros, carnívoros, piscívoros, frugívoros, nectarívoros, onívoros e sanguinívoros (Kalko et al., 1996), todos encontrados nas espécies ocorrentes no Brasil (Reis et al., 2007). Essas interações alimentares implicam na participação de processos ecológicos e, conseqüentemente, na prestação de serviços ambientais, tais como polinização, dispersão de sementes e controle de populações de insetos (Bernard et al., 2012). A grande diversidade de morcegos e de hábitos alimentares na região Neotropical está relacionada com a disponibilidade de alimentos, que é um dos principais estruturadores das guildas de morcegos nessa região (Tamsitt, 1967), onde é verificada uma elevada produtividade biológica e maior quantidade de recursos que suportam mais espécies (Altringham, 1996).

A disponibilidade de abrigos é também um fator importante para morcegos neotropicais (Tamsitt, 1967), pois estes locais são refúgios onde os morcegos permanecem até o início de suas atividades no ambiente externo (Kunz e Lumsden, 2003), permanecendo neles a maior parte de suas vidas (Altringham, 1996). O hábito de se abrigar influencia na densidade e distribuição dos morcegos, além de seus hábitos de forrageio, reprodução, sua estruturação social e movimentos sazonais (Altringham, 1996; Kunz, 1982).

Há uma grande variedade de abrigos que podem ser utilizados por morcegos, sejam eles naturais, como ocos de árvores, superfícies de troncos, folhas, cupinzeiros, cavernas, fendas de rochas; ou artificiais, tais como edificações humanas, forro de casa, sótãos, porões, vãos de dilatação e pontes (Kunz, 1982). As cavernas são consideradas

os abrigos mais estáveis e permanentes, sendo os morcegos alguns dos poucos vertebrados que usam estes abrigos permanentemente (Altringham, 1996).

As cavernas geralmente apresentam uma grande variedade de formações e microclimas, capazes de atender os requisitos específicos de diferentes organismos e conseqüentemente permitindo sua ocupação por várias espécies de morcegos (Altringham 1996). O tamanho das colônias de morcegos cavernícolas também pode variar, chegando a grandes agrupamentos de milhares a milhões de indivíduos (e.g. Bateman e Vaughan, 1974; Sorensen e Halberg, 2001; Betke et al., 2008).

Por concentrarem milhões de indivíduos, grandes congregações têm sido apontadas como indicadores ecológicos, refletindo a qualidade do habitat, as tendências populacionais, alterações nas cadeias tróficas e mudanças em padrões sazonais (e.g. Butchard et al., 2010). São apontadas diversas características importantes para um indicador ecológico (Dale e Beyeler, 2001), sendo algumas delas conhecidas em morcegos, como sua sensibilidade às perturbações no ambiente (Wegiel e Wegiel, 1998) e a previsibilidade de suas respostas a tais perturbações (Jones et al., 2009).

Essas grandes congregações têm recebido uma atenção especial para se avaliar o efeito das mudanças climáticas sobre a fauna e flora (e.g. Ciaputa e Sierakowski, 1999; Croxall et al., 2002; Mittermeier et al., 2003; Butchard et al., 2010; Millar et al., 2012), pois as alterações ambientais na superfície da Terra têm sido mais intensas nas últimas décadas (Willet et al., 2007; Hansen et al., 2010; Simmons et al., 2010), e são potencialmente impactantes à biota (Pearson e Dawson, 2003; Lavergne et al., 2010; Dawson et al., 2011). No Brasil, é indicado um alto grau de vulnerabilidade para a região Nordeste, com algumas das projeções mais preocupantes para o final do século sendo feitas para a Caatinga, onde são apontadas tendências de aquecimento na temperatura do ar e diminuição das chuvas superiores aos níveis globais (PBMC, 2014). Os modelos para a Caatinga apontam aumento de 0,5° a 1°C na temperatura e decréscimo entre 10% e 20% nas chuvas durante as próximas três décadas, chegando a aumentos de 3,5°C a 4,5°C na temperatura e diminuição de praticamente metade das chuvas até o fim do século (PBMC, 2014).

Embora as grandes congregações sejam consideradas bons modelos de monitoramento das alterações climáticas, é imprescindível que esses indicadores ecológicos sejam facilmente mensuráveis (Dale e Beyeler, 2001). No caso dos morcegos a contagem de colônias é um verdadeiro desafio científico (e.g. Land et al., 2003; Betke et al., 2008; Hristov et al., 2010; Corso et al., 2012), pois espécies de

hábitos noturnos são de difícil observação em condições naturais (Duckworth, 1998). No caso dos grupos cavernícolas, isso é dificultado ainda por seu comportamento de agregação em pequenos espaços inacessíveis, o que dificulta ainda mais os procedimentos de contagem e até mesmo coleta de dados básicos sobre sua biologia e ecologia (Havens e Sharp, 2015).

Mesmo que o conhecimento da dinâmica de morcegos cavernícolas seja importante para entender suas respostas às variações climáticas, as informações sobre essas populações são limitadas na região Neotropical (Trajano, 1996). No Brasil, o conhecimento sobre esses grupos pode ser considerado defasado especialmente na Caatinga, pois este é o segundo menor bioma em quantidade de inventários em cavernas e, dentre os estados que compõe este bioma, o estado de Pernambuco tem a menor quantidade de cavernas conhecidas (Guimarães e Ferreira, 2014).

Devido ao potencial de morcegos cavernícolas como modelos para o monitoramento de mudanças no ambiente, e considerando-se as lacunas no conhecimento sobre a dinâmica dessas espécies, três pontos principais foram abordados na presente dissertação: 1) o desenvolvimento de um sistema não invasivo para estimativas padronizadas da abundância de morcegos em abrigos; 2) os efeitos da temperatura, umidade e pluviosidade sobre a concentração de morcegos em uma caverna localizada na Caatinga; e 3) descrever aspectos da biologia e ecologia da congregação de morcegos do abrigo monitorado.

Cada capítulo é apresentado em formato de artigo, sendo sua formatação e apresentação realizada conforme as normas de revistas científicas. O primeiro capítulo aborda o desenvolvimento de um sistema para a contagem automatizada de morcegos, e é apresentado nas normas da revista *Ecological Informatics* (ISSN 1574-9541 – <http://www.journals.elsevier.com/ecological-informatics/>). Sobre sua formatação, destaca-se a recomendação do periódico para inclusão de figuras e tabelas no corpo do texto. Essa recomendação foi seguida para as figuras, como forma de ilustrar a metodologia aplicada e facilitar o entendimento dos procedimentos adotados, porém optou-se pela inclusão das tabelas no final do manuscrito, como forma de facilitar a dinâmica de leitura do capítulo. O segundo e o terceiro capítulos foram formatados nas normas da *Acta Chiropterologica* (ISSN 1733-5329 – http://system.miiz.waw.pl/ac/journal/for_authors/). Todos os componentes dessa dissertação são apresentados em língua portuguesa, sendo realizadas posteriormente as

devidas traduções para submissão aos periódicos. As normas das revistas são encontradas no final dessa dissertação.

REFERÊNCIAS

- Altringham, J.D. 1996. Bats, biology and behavior. Oxford Univ. Press, Oxford, 262p.
- Bateman, G.C. e Vaughan, T.A. 1974. Nightly activities of mormoopid bats. *Journal of Mammalogy*, Provo, 55 (1): 45-65.
- Bernard, E., Aguiar, L.M.S., Brito, D., Cruz-Neto, A.P., Gregorin, R., Machado, R.B., Oprea, M., Paglia, A.P. e Tavares, V.C. 2012. Uma análise de horizontes sobre a conservação de morcegos no Brasil. Pp. 19-35, em: *Mamíferos do Brasil: genética, sistemática, ecologia e conservação* (Freitas, T.R.O. e Viera, E.M., Eds.). Sociedade Brasileira de Mastozoologia, Rio de Janeiro.
- Bernard, E., Machado, R.B. e Aguiar, L.M.S. 2011. Discovering the Brazilian bat fauna: a task for two centuries? *Mammalian Review*, 41(1):23-39.
- Betke, M., Hirsh, D.E., Makris, N.C., McCracken, G.F., Procopio, M., Hristov, N.I., Tang, S., Bagchi, A., Reichard, J.D., Horn, J.W., Crampton, S., Cleveland, C.J. e Kunz, T.H. 2008. Thermal imaging reveals significantly smaller Brazilian free-tailed bat colonies than previously estimated. *Journal of Mammalogy*, 89(1): 18-24.
- Butchart S.H.M., Walpole, M., Collen, B., Strien, A.V., Scharlemann, J.P.W., Almond, R.E.A., Baillie, J.E.M., Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J., Carpenter, K.E., Carr, G.M., Chanson, J., Chenery, A.M., Csirke, J., Davidson, N.C., Dentener, F., Foster, M., Galli, A., Galloway, J.N., Genovesi, P., Gregory, R.D., Hockings, M., Kapos, V., Lamarque, J.F., Leverington, F., Loh, J., McGeoch, M.A., McRae, L., Minasyan, A., Morcillo, M.H., Oldfield, M.E.E., Pauly, D., Quader, S., Revenga, C., Sauer, J.R., Snolnik, B., Spear, D., Stanwell-Smith, D., Stuart, S.N., Symes, A., Tierney, M., Tyrrell, T.D., ViÉ, J.C., Watson, R. 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Sci.* 328(5982):1164-1168
- Ciaputa, P. e Sierakowski, K. 1999. Long-term population changes of Adélie, chinstrap, and gentoo penguins in the regions of SSSI No. 8 and SSSI No. 34, King George Island, Antarctica. *Polar Research*, 20:55–365.

- Corso, A.E., Woolley, J.B. e Lacher Jr., T.E. 2012. Using digital photography and image analysis software to estimate the emergence of bats at Tou Santi Cave, Dominica, West Indies. *Caribbean Journal of Science*, 46(2-3):169-175.
- Croxall, J.P., Trathan, P.N. e Murphy, E.J. 2002. Environmental change and Antarctic seabird populations. *Science*, 297:1510-1514.
- Dale, V.H., Beyeler, S.C.. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecol. Indic.* 1: 3-10.
- Dawson, T.P., Jackson, S.T., House, J.I., Prentice, I.C. e Mace, G.M.. 2011. Beyond Predictions: Biodiversity conservation in a changing climate. *Science*, 332(6025): 53-58.
- Duckworth, J.W. 1998. The difficulty of estimating population densities of nocturnal forest mammals from transect counts of animals. *Journal of Zoology*, 246: 466-468.
- Guimarães, M.M. e Ferreira, R.L. 2014. Morcegos cavernícolas do Brasil: novos registros e desafios para conservação. *Revista Brasileira de Espeologia*, 2(4): 1-33.
- Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M. e Lo, K. 2010. Global surface temperature change. *Reviews of Geophysics*, 48(RG4004): 1-29.
- Havens, K.J. e Sharp, E. 2015. Thermal imaging techniques to survey and monitor animals in the wild: a methodology. London, Academic Press. 376p.
- Jones, G., Jacobs, D.S., Kunz, T.H., Willig, M.R. e Racey, P.A. 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered Species Research*, 8: 93-115.
- Kalko, E.K.V., Handley Jr, C.O. E Handley, D. 1996. Organization, diversity, and long-term dynamics of a neotropical bat community. Pp. 503-553, em: Long-term studies of vertebrate communities (Cody, M.L. e Smallwood, J.A., eds.). Academic Press, San Diego.
- Kunz, T.H. 1982. Roosting ecology of bats. Pp.1-55, em: Ecology of bats (Kunz, T.H., Ed.). New York, Plenum Press, 425p.
- Kunz, T.H. e Lumsden, L. F. 2003. Ecology of cavity and foliage roosting bats. Pp. 3-89, em: Bat ecology (Kunz, T.H. e Fenton, M.B., Eds.). University of Chicago Press, Chicago.
- Land, T.S., Lacher Jr, T.E. e Clarck Jr, D.R. 2003. Emergence patterns of cave myotis (*Myotis velifer*) on Fort Hood, in Central Texas. *Bat Research News*, 44:92-94.

- Lavergne, S., Mouquet, N., Thuiller, W. e Ronce, O. 2010. Biodiversity and climate change: Integrating evolutionary and ecological responses of species and communities. *An. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 41:321-350.
- Millar, C.D., Subramanian, S., Heupink, T.H., Swaminathan, S., Baroni, C. e Lambert, D.M.. 2012. Adelie penguins and temperature changes in Antarctica: a long-term view. *Integrative Zoology*, 7(2):113-120.
- Mittermeier, R.A., Gil, P.R., Konstant, W.K., Mittermeier, C.G., Brooks, T., Hoffman, M., Fonseca, G.A.B., Mast, R., Seligmann, P.A. e Conway, W.G. 2003. Wildlife spectacles. CEMEX-Agrupación Sierra Madre-Conservation International, Mexico. 324 p.
- Nogueira, M.R., Lima, I.P., Moratelli, R., Tavares, V.C., Gregorin, R. e Peracchi, A.L. 2014. Checklist of Brazilian bats, with comments on original records. *Check List*, 10(4): 808-821.
- Painel Brasileiro De Mudanças Climáticas – PBMC. 2014. Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas (Ambrizzi, T., Araujo, M., Eds.). COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 464 pp.
- Pearson, R.G. e Dawson, T.P. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography*, 12(5):361-371.
- Reis, N.R., Shibatta, A.O., Peracchi, A.L., Pedro, W.A. e Lima, I.P. 2007. Sobre os morcegos brasileiros. Pp. 17-24, em: *Morcegos do Brasil* (Reis, N.R., Peracchi, A.L., Pedro, W.A. e Lima, I.P., Eds). Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- Simmons, A.J., Willet, K.M., Jones, P.D., Thorne, P.W. e Dee, D.P. 2010. Low-frequency variations in surface atmospheric humidity, temperature, and precipitation: inferences from analyses and monthly gridded observational data sets. *J. of Geophys. Res.* 115: 1-21.
- Simmons, N.B. 2005. Chiroptera. Pp. 312-529, em: *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference* (Wilson, D.E. e Reeder, D.M., Eds.). Johns Hopkins University Press, Baltimore.

- Sorensen, U.G. e Halberg, K. 2001. Mammoth roost of nonbreeding straw-coloured fruit bat *Eidolon helvum* (Kerr, 1792) in Zambia. *African Journal of Ecology*, 39:213-215.
- Tamsitt, J.R. 1967. Niche and species diversity in Neotropical bats. *Nature*, 213 (5078): 784-786.
- Trajano, E. 1996. Movements of cave bats in Southeastern Brazil, with emphasis on the population ecology of the Common Vampire Bat, *Desmodus rotundus* (Chiroptera). *Biotropica*, 28 (1): 121-12.
- Wegiel, A. e J. Wegiel 1998. Bat protection in caves in Poland. *Myotis*, 36: 63-69.
- Willet, K.M., Gillett, N.P., Jones, P.D. e Thorne, P.W. 2007. Attribution of observed surface humidity changes to human influence. *Nature*, 449: 710-712.

CAPÍTULO 1

(Apresentado nas normas da revista *Ecological Informatics*, ISSN 1574-9541)

DESENVOLVIMENTO E UTILIZAÇÃO DE UM MÉTODO AUTOMATIZADO PARA ESTIMATIVA E MONITORAMENTO DE MORCEGOS

Jaire Marinho Torres^{1*}, João Marcelo Xavier Natario Teixeira², Veronica Teichrieb³,
Eduardo Henrique de Mesquita Rodrigues⁴; & Enrico Bernard⁵

¹Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE. Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife/PE, CEP: 50670-901. E-mail: jairemarinho@gmail.com.

²Docente do Departamento de Estatística e Informática, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife/PE. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife/PE, CEP: 52171-900. E-mail: jmxntg@gmail.com.

³Docente do Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE. Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife/PE, CEP: 50670-901. E-mail: vt@cin.ufpe.br.

⁴Graduando em Ciência da Computação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE. Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife/PE, CEP: 50670-901. E-mail: ehmr@cin.ufpe.br.

⁵Laboratório de Ciência Aplicada à Conservação da Biodiversidade, Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE. Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife/PE, CEP: 50670-901. E-mail: enricob2@gmail.com.

*Autor para correspondência

Resumo

Os morcegos são os animais mais gregários dentre os mamíferos, formando grupos de poucos indivíduos até milhões no mesmo abrigo. Essas congregações são consideradas indicadores ecológicos, sendo utilizadas para monitorar alterações no ambiente. Entretanto, é necessário que estes indicadores sejam mensuráveis, procedimento difícil de realizar com grupos de morcegos. Normalmente morcegos são estimados por contagem manual ou por densidade, mas ambas estão sujeitas aos erros do observador. Recentemente a utilização de imagens termais permitiu melhorias na detecção e contagem destes animais. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema automatizado para estimativas do tamanho de colônias de morcegos, realizada de forma padronizada e replicável. Foi utilizada como modelo uma grande congregação de morcegos abrigada na caverna “Meu Rei”, no Parque Nacional do Catimbau, Tupanatinga/PE. Estimativas iniciais apontaram a presença de milhares de morcegos nesse abrigo, tornando-o potencial ao monitoramento e realização de censos de morcegos. A emergência desses morcegos foi filmada mensalmente entre outubro de 2014 e setembro de 2015, sendo gerados dois vídeos mensais, totalizando 24 filmagens com duração de 45, 90, 135 ou 210 minutos. Os vídeos foram tratados para a detecção dos morcegos nas imagens, realizando-se a segmentação da imagem para exclusão de elementos de paisagem que pudessem enviesar as estimativas. O número de morcegos foi contabilizado em cada frame dos vídeos segmentados, sendo a somatória desses valores utilizada para obter o número total de morcegos filmados. Foi necessária a realização de contagens manuais de trechos do vídeo, utilizadas para determinar a média de frames utilizado por cada morcego e estimar a quantidade de morcegos, além de determinar a proporção de saídas e entradas de animais. Foi aplicada uma correção nos valores de abundância de morcegos para minimização dos erros de cada vídeo. Foi realizada ainda a validação do sistema para determinação do erro médio nas estimativas. O erro médio do método foi de $20,05 \pm 16,88\%$, apresentando uma tendência a superestimar os valores estimados automaticamente. Embora o sistema tenha apresentado uma taxa de erro elevada, ele demonstrou-se promissor, sendo possível seu aprimoramento para a diminuição do erro. Tal sistema é o primeiro em território nacional a utilizar imagens termais e automatização na estimativa de morcegos, tendo potencial para aplicação em diversas áreas e atividades.

Palavras chave: Abrigo, detecção, imagem termal, limiarização, visão computacional.

1. Introdução

Nas últimas décadas as alterações ambientais na superfície da Terra têm sido cada vez mais intensas, afetando os padrões de chuva, temperatura e umidade (Hansen et al., 2010; Simmons et al., 2010; Willet et al., 2007). Essas alterações, que incluem desde elevadas taxas de perda de habitat, até a poluição e degradação de ambientes e mudanças climáticas, são potencialmente impactantes à biota do planeta (Dawson et al., 2011; Lavergne et al., 2010; Pearson & Dawson, 2003), sendo necessário o estabelecimento de indicadores das alterações sobre fauna e flora (Adrian et al., 2009; Butchard et al., 2010; Dulvy et al., 2008). Vários estudos têm avaliado o efeito das alterações ambientais sobre grandes congregações de animais e plantas (e.g. Butchard et al., 2010; Ciaputa e Sierakowski, 1999; Croxall et al., 2002; Hoegh-Guldberg et al., 2007; Millar et al., 2012; Mittermeier et al., 2003; Sekercioglu et al., 2012). Por concentrarem milhares de indivíduos, grandes congregações animais são consideradas indicadoras da qualidade do habitat, de tendências populacionais, alterações na cadeia trófica e mudanças em padrões sazonais (e.g. Butchard et al., 2010).

Os morcegos são os animais mais gregários e sociais entre os mamíferos, podendo-se encontrar desde pequenos grupos até milhões de indivíduos no mesmo abrigo (Altringham, 1996). As cavernas, por exemplo, são comumente ocupadas por grandes populações, como as cavernas americanas Bracken e Frio e suas populações de *Tadarida brasiliensis* estimada em milhões de indivíduos (Betke et al., 2008), ou o Parque Nacional do Kansaka e sua colônia com cerca de 1,5 milhão de indivíduos de *Eidolon helvum* (Sorensen & Halberg, 2001).

Essas grandes assembleias são indicadores ecológicos por apresentar sensibilidade a estresses ambientais identificáveis e que demonstrem seu efeito sobre a biota, sendo suas respostas o reflexo das respostas de outros subconjuntos ou taxa presentes no habitat (Jones et al., 2009). Dale e Beyeler (2001) apontaram as características apresentadas por indicadores ecológicos, incluindo: sensibilidade às perturbações no sistema, responder previsivelmente aos estresses ambientais, ter as respostas bem conhecidas aos distúrbios, ter baixa variabilidade nas respostas, ter respostas antecipadas aos eventos de perturbação, ter respostas integradas com outros indicadores e serem facilmente mensuráveis. Dentre elas, sabe-se que morcegos possuem sensibilidade às perturbações no sistema (Wegiel e Wegiel, 1998), assim como respostas previsíveis a elas (Jones et al., 2009).

Uma das características essenciais aos bioindicadores é que eles devem ser facilmente mensuráveis (Dale e Beyeler, 2001), sendo esse um dos aspectos que representa grande desafio para a contagem das populações de morcegos e que, eventualmente, pode interferir diretamente na utilização de congregações de morcegos como bioindicadores. Contar morcegos não é uma atividade trivial, ao contrário, é um desafio científico (e.g. Corso et al., 2012; Betke et al., 2008; Hristov et al., 2010; Land et al., 2003).

Estimar o tamanho de populações é essencial para o manejo e conservação da fauna (Tomas e Miranda, 2006), porém as condições de campo nem sempre são propícias e algumas espécies são de difícil observação em condições naturais, como as de hábito noturno (Duckworth, 1998). No caso dos morcegos, a observação dos animais ainda é dificultada por seu comportamento de agregação em pequenos espaços inacessíveis, afetando também a coleta de dados básicos sobre sua ecologia (Havens e Sharp, 2015).

Historicamente, as técnicas empregadas para o censo de morcegos são a contagem direta dos animais nas colônias, contagem durante a atividade de emergência, contagem durante a dispersão ou contagens de perturbação (Kunz, 2003). Em ambientes de difícil acesso, a contagem durante a emergência é considerada o método mais adequado para estimar a abundância de morcegos (Kunz et al., 2009), sendo comum sua utilização para estimar colônias em edifícios, cavidades de árvores, minas, fendas de rochas e cavernas (Hristov et al., 2008; Kunz e Anthony, 1996, O'Donnell e Sedgely, 1999).

Estimar a população de morcegos em emergência pode ser um processo particularmente problemático, pois nem todos os morcegos emergirão antes que seja demasiadamente escuro para visualizá-los e, além disso, a densidade de animais no pico de emergência pode ser muito grande para se contar (Havens e Sharp, 2015). Até recentemente os desafios técnicos eram considerados uma das grandes limitações à investigação de organismos noturnos em ambiente natural (Hristov et al., 2008), pois ferramentas como óculos de visão noturna, câmeras com flash e holofotes de alta potência eram insuficientes para a estimativa de populações de morcegos e aves noturnas (Havens e Sharp, 2015). Porém, a inclusão de imagens térmicas permitiu melhorias e avanços na detecção e enumeração destas espécies (Havens e Sharp, 2015; Hristov et al., 2008).

Mesmo com as grandes possibilidades criadas pela utilização de imagens termais, o desenvolvimento de pesquisas com essa tecnologia sempre foi limitado pelas dificuldades processamento de dados, que era realizado manualmente em vários trabalhos (e.g. Ammermam et al., 2009; Gauthreaux e Livingstone, 2006; Zehnder et al., 2001). Mais recentemente, modelos para estimar a contagem de morcegos de forma automatizada têm sido propostos (e.g. Betke et al., 2008, Hristov, 2008).

A análise automatizada de um vídeo apresenta três passos básicos: 1) a detecção dos objetos a serem acompanhados; 2) o rastreamento de tais objetos; e 3) a análise do objeto rastreado para o conhecimento da sua ação (Yilmaz, 2004). No caso de morcegos em atividade de emergência, seria necessária então a detecção e o rastreamento de um número elevado de indivíduos, que em alguns casos pode chegar a centenas ou milhares de morcegos durante longos períodos. Porém, Betke et al. (2007) ressaltam que tal aplicação foi tipicamente demonstrada somente para curtas sequências de vídeo e com um número muito limitado de objetos.

Neste estudo, foi utilizada uma congregação de morcegos abrigada em uma caverna do Parque Nacional do Catimbau para o desenvolvimento de um sistema de contagem automatizada baseado em imagens termais. Estimativas iniciais apontam que dentro desta caverna há milhares de indivíduos, mostrando-se um local propício para o desenvolvimento de um método para realização de censos da quiropterofauna. O objetivo principal foi desenvolver um sistema menos invasivo, capaz de produzir estimativas mais confiáveis e acuradas do número de indivíduos quando comparadas com técnicas convencionais de contagem manual ou estimativa por densidade, além de permitir a padronização da reproducibilidade das contagens, baseado em um método que independe do observador.

2. Metodologia

2.1. Caracterização da área

O Parque Nacional (PARNA) do Catimbau (8°24'00" S - 8°36'35" S; 37°09'30" W - 37°14'40" W), com uma área de 62300 ha, está localizado no estado de Pernambuco, entre os municípios de Buíque, Ibimirim e Tupanatinga. A temperatura média da região é de 23°C e precipitação anual varia de 650 a 1100 mm, com o pico de chuvas entre abril e junho (SNE 2002). A região apresenta o clima quente e seco (BSh'w) pela classificação de Köppen (Peel, 2007).

O relevo do PARNA do Catimbau é marcado pela presença de vales, serras e vertentes, com altitude variando entre 400 e 1000 metros a.n.m. (SNE, 2002). Esta região é marcada pela presença de inúmeras cavidades, sendo potenciais à utilização como abrigos por morcegos. Dentre estas cavidades, a caverna “Meu Rei” (08°29’14.1”S e 37°16’48.8”W) é classificada como de relevância máxima à conservação, por possuir espeleotemas raros e dimensões notáveis em relação às outras cavidades conhecidas na região (Azevedo e Bernard, 2015). A caverna possui 161,5 m de projeção horizontal e desnível total de 8,5 m, situando-se a 777 metros de altitude (CECAV, 2014).

A caverna é composta por quatro câmaras, todas elas com a presença de morcegos. A comunidade de morcegos da caverna é composta por oito espécies: *Diphylla ecaudata* Spix, 1823, *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758), *Glossophaga soricina* (Pallas, 1766), *Anoura geoffroyi* Gray, 1838, *Lonchorhina aurita* Tomes, 1863, *Tonatia bidens* Gray, 1827, *Natalus macrourus* (Gervais, 1856) e *Pteronotus gymnonotus* Natterer, 1843. A espécie *P. gymnonotus* compõe a maior parte da quiropterofauna da caverna, representando quase a totalidade dos morcegos abrigados, concentrando-se na câmara mais profunda.

2.2. Procedimentos de desenvolvimento do sistema para estimativa de morcegos

2.2.1. Geração de vídeos para criação do sistema

Foram gerados dois vídeos mensais entre outubro de 2014 e setembro de 2015, realizando-se em noites de filmagem consecutivas, totalizando 24 noites de filmagem. Para a obtenção das imagens foi utilizado um termovisor FLIR modelo E60, com resolução de imagem de 320 x 240 pixels, frequência de captura de 30 Hz, sensibilidade termal menor que 0,05 °C e alcance de temperatura de -20°C a 650 °C.

Os vídeos foram gerados a partir da filmagem da atividade de saída dos morcegos, com o posicionamento da câmera perpendicularmente à entrada da caverna. A câmera foi posicionada a uma distância de 3,0 m da entrada da caverna, elevação de 1,25 m do solo e formando um ângulo de inclinação inferior de 45,70°, sendo este último calculado a partir do arco cosseno entre a distância da projeção horizontal e da direção da lente da câmera até a parede oposta (Figura 1).



Figura 1. Posicionamento da câmera perpendicularmente à entrada da caverna “Meu Rei” (A), destacando-se sua inclinação em direção à fenda da caverna em uma visão lateral da câmera (B) e o ângulo de visão abrangido nas imagens (C).

As filmagens foram iniciadas sempre às 17:30h, período ainda luminoso e anterior à atividade de saída dos morcegos. Cada vídeo gerado teve duração mínima de 45 minutos, porém esse período foi prolongado em duas situações: 1) quando o fluxo de saída não havia terminado após esse intervalo de tempo, nos dois vídeos de Agosto de 2015, que tiveram duração de 135 e 210 minutos, quando se finalizou a atividade de saída dos morcegos; ou 2) quando a atividade de saída se iniciou somente após 40 minutos de filmagem, acrescentando-se mais 45 minutos, com duração total de 90 minutos (Janeiro a Março de 2015). Em todas as noites foram realizadas incursões ao interior da caverna após o final das filmagens para a confirmação da saída dos animais.

2.2.2. Detecção de morcegos nos vídeos gerados

A geração dos vídeos com a utilização de uma câmera termal resulta na captura de imagens em escala de cinza, que apresentam as regiões de maior calor destacadas em pixels brancos. Sendo assim, os morcegos, como elementos de maior temperatura nas

imagens capturadas, destacam-se na imagem como manchas brancas que podem ser observadas e acompanhadas ao passar dos *frames* (Figura 2).

Considerando-se que os morcegos se destacam nas imagens, optou-se por realizar uma segmentação de imagem que resultasse na retirada de outros elementos do vídeo e ressaltasse os morcegos. Para isso, foi aplicado um filtro de limiarização de intensidade luminosa utilizando-se como base a biblioteca OpenCV versão C/C++ (Bradski e Kaehler 2008), mantendo-se todos os elementos visuais entre 50 e 255 na escala RGB, resultando em imagens de cores binárias onde os elementos da paisagem de entorno foram transformados em um fundo preto e os morcegos captados foram destacados como manchas brancas isoladas (Figura 2).

O modelo de câmera utilizado nas filmagens possui elementos operacionais em sua interface de cor branca que poderiam não ser eliminados durante o processo de segmentação, resultando em falsos-positivo na estimativa dos morcegos. Para evitar a contabilização destes elementos, foi aplicada uma máscara nas imagens, extraindo esses elementos de interface das imagens analisadas (Figura 3). Além disso, outros elementos de paisagem que apresentassem temperatura elevada poderiam também resultar em falsos-positivo na estimativa de morcegos. Portanto, para tornar o método mais robusto, foi realizada em toda a extensão do vídeo a subtração de quadros consecutivos de filmagem, retirando-se possíveis elementos estáticos e mantendo-se somente elementos de elevada temperatura em movimento, uma vez que os morcegos sempre são encontrados em voo na região filmada.

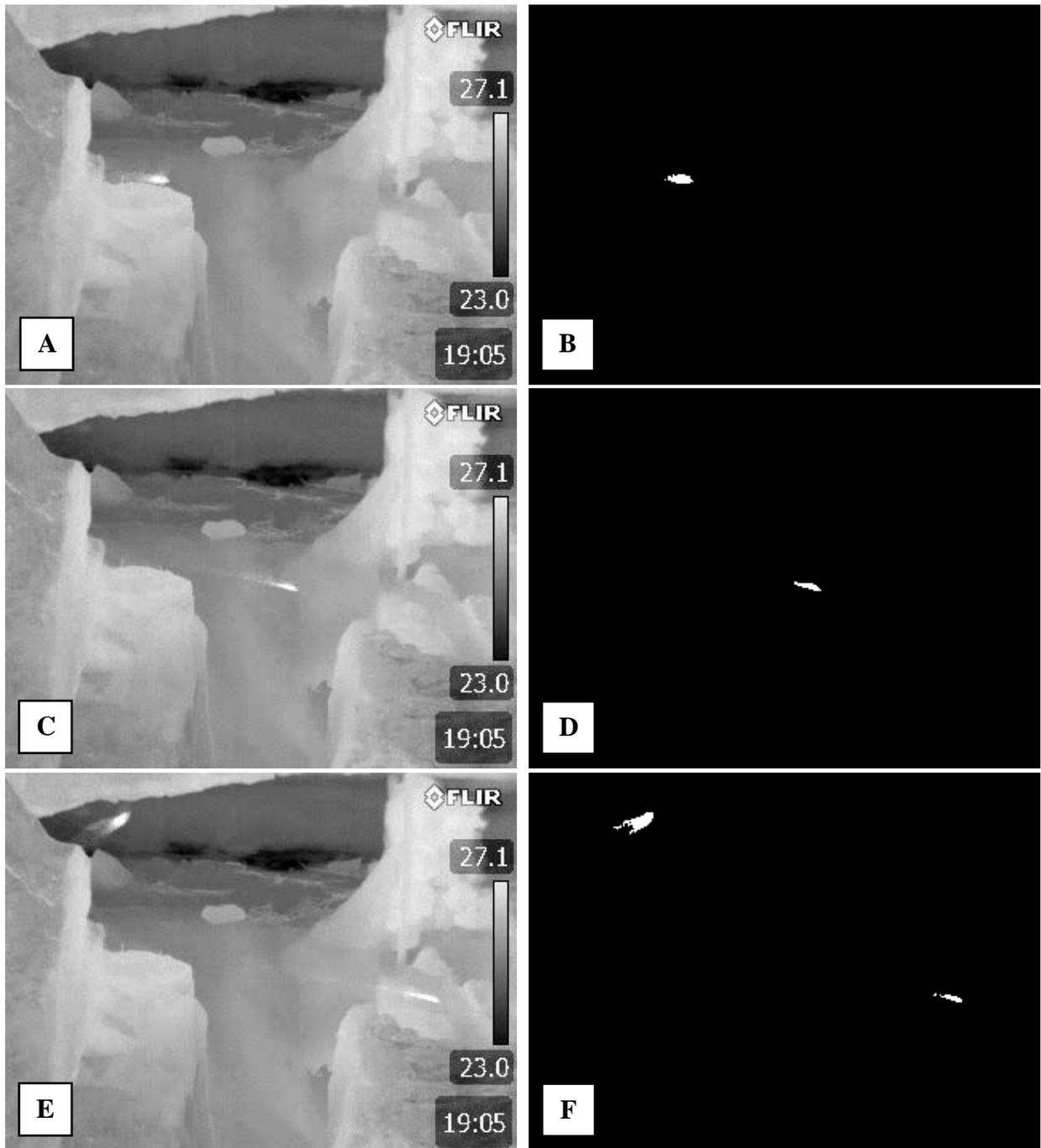


Figura 2. Sequência de três *frames* demonstrando o deslocamento de um morcego em imagens em escala de cinza (esquerda) e imagens segmentadas (direita) com o filtro de limiarização de intensidade luminosa do OpenCV versão C/C++. Na imagem nota-se a entrada de um morcego pelo lado esquerdo do ângulo de visão da câmera (A e B), sua passagem pelo centro da filmagem (C e D) e direcionamento para saída pelo lado direito (E e F)..



Figura 3. Máscara aplicada nos vídeos gerados durante a saída de morcegos para remover os componentes de controle de interface da câmera.

2.2.3. Procedimentos para estimação da quantidade de morcegos

Após a segmentação de um vídeo os *frames* que o compunham tiveram o número de ocorrências de morcegos contabilizados, realizando-se a contagem do número de *blobs* dos *frames* com a utilização do cvBlob. Cada *blob* consiste em um conjunto de pixels brancos agregados que formam um morcego, onde o número de *blobs* de um *frame* representa o número de morcegos do mesmo. A contagem de *blobs* por *frame* é exemplificada na Figura 4.

A partir da quantidade de *blobs* de cada vídeo, a solução proposta necessitou de uma contagem manual de morcegos como referência para a base do algoritmo. Para isso, em todos os vídeos gerados foi realizada uma rotina de contagem manual, obtendo-se a quantidade de morcegos em trânsito pela imagem. Foram utilizados 60 trechos de 5 segundos para a contagem do número de saídas e entradas de morcegos, totalizando 5 minutos de contagem em cada vídeo, sendo estes trechos distribuídos em intervalos equidistantes por toda a duração do vídeo. Dessa forma, todo o intervalo de duração do vídeo foi considerado, com intervalos entre as contagens de 44 segundos para os vídeos com duração de 45 minutos, intervalos de 88 segundos para vídeos de 90 minutos, intervalos de 132 segundos para o vídeo de 135 minutos e intervalos de 206 segundos para o vídeo com duração de 210 minutos. Para avaliar se essa forma de distribuição dos intervalos foi adequada, foi obtido o número acumulado de morcegos para cada minuto filmado dos vídeos de 45 e 90 minutos, verificando-se sua distribuição ao longo dos vídeos.

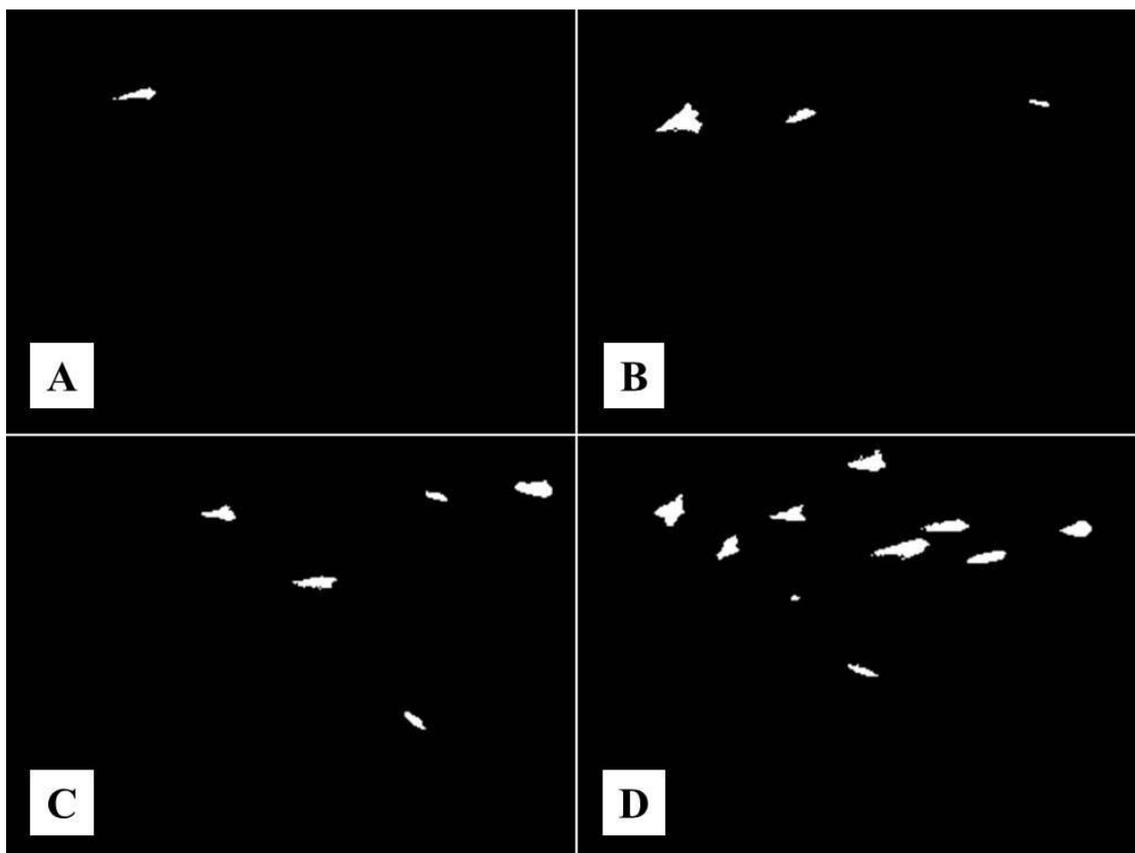


Figura 4. Sequência de quatro *frames* segmentados com diferentes quantidades de *blobs*, onde cada *blob* é contabilizado como um morcego. As imagens demonstram a sequência com um (A), três (B), cinco (C) e dez (D) morcegos detectados.

Durante a atividade de saída, foram constatados voos exploratórios na entrada da caverna por alguns morcegos, principalmente nos primeiros minutos da saída. Esses voos foram caracterizados pela saída em distâncias inferiores a um metro, seguindo-se do retorno ao interior da caverna. Portanto, adotou-se como critério de contabilização de entrada ou saída de um morcego a sua passagem por todo o espaço da fenda perpendicular à entrada da caverna (Figura 5). Nos casos em que o morcego tenha transpassado toda a fenda e retornado sem ter saído da visão da câmera, foi contabilizada sua passagem tanto no sentido de entrada quanto de saída.

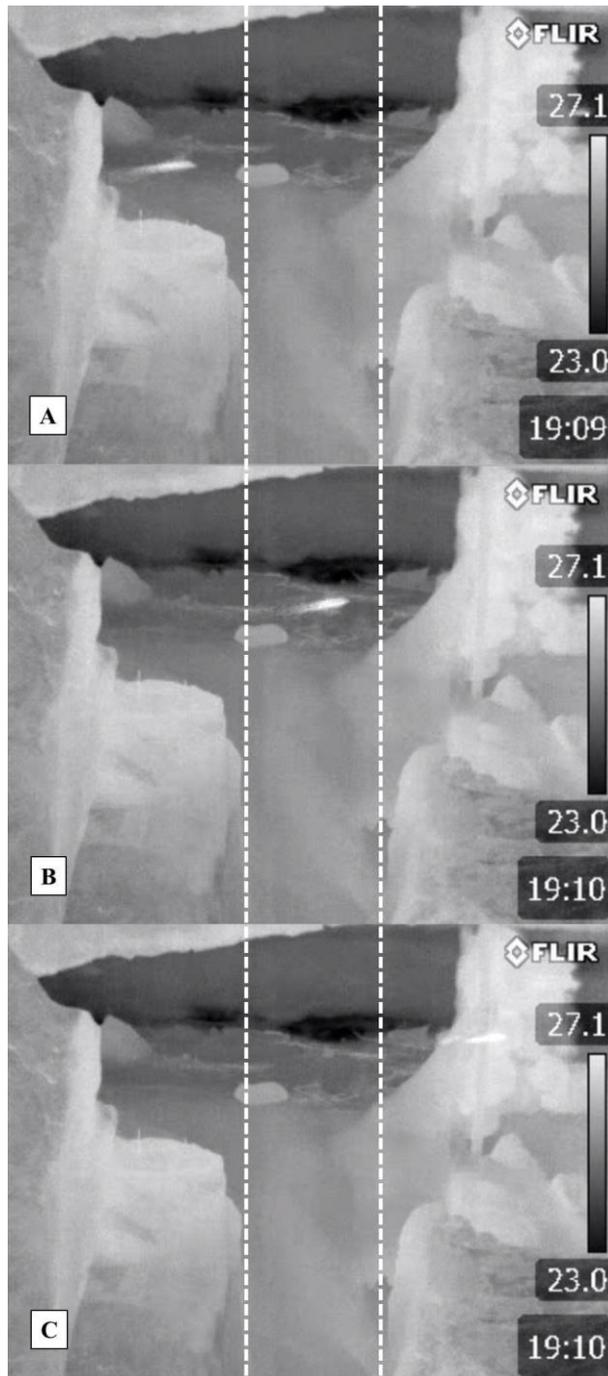


Figura 5. Visão da fenda perpendicular à entrada da caverna com marcação dos limites considerados para contagem manual (linhas tracejadas verticais). Na sequência de três *frames* é notado o deslocamento do morcego desde sua entrada pela esquerda no ângulo de visão da câmera (A), passagem pelo centro da filmagem (B) e saída do ângulo de visão pelo lado direito (C).

Os trechos de contagem manual foram utilizados para a formação de dois conjuntos de dados, um conjunto de treinamento (CT) e um conjunto de validação (CV). Para a composição de cada um destes conjuntos foram utilizados trinta dos trechos

contados manualmente, intercalando-se os trechos ao longo do vídeo entre os grupos de treinamento e de validação.

Considerando-se que durante a passagem pela zona filmada cada animal é captado em vários *frames* do vídeo e, portanto, representa vários dos *blobs* contabilizados, é necessário identificar a quantidade média de *blobs* que representam um único indivíduo. Para isso os dados extraídos do CT foram usados para determinar a *track* média dos morcegos para cada vídeo, ou seja, a quantidade média de *frames* em que um mesmo morcego permanece no campo de filmagem. A *track* média (*trM*) consiste do quociente resultante da divisão entre o somatório dos *blobs* contabilizados nos 30 trinta trechos do CT (SBT) e o número de morcegos contabilizados manualmente nestes intervalos (MCM), conforme expressado na Equação 1.

Equação 1:

$$\text{trM (Track média)} = \frac{\text{SBT (Somatório dos blobs totais do CT)}}{\text{MCM (Morcegos contabilizados manualmente no CT)}}$$

Depois de obtida a *trM*, seu valor foi extrapolado para todo o vídeo a fim de se estimar o número total de morcegos filmados a partir da quantidade total de *blobs* (TB). O número total de morcegos do vídeo (NTMV), portanto, é o quociente da divisão entre o TB de todo o vídeo e a *trM* do CT, calculado conforme demonstrado na Equação 2.

Equação 2:

$$\text{NTMV (Número total de morcegos do vídeo)} = \frac{\text{TB (Total de blobs do vídeo)}}{\text{trM (Track média do CT)}}$$

A obtenção do número de morcegos usando-se a equação 2 demonstra a quantidade de animais registrada ao longo de todo o vídeo, porém não permite inferir quantos destes animais estavam saindo ou entrando da caverna. Dessa forma, para obter-se a estimativa da quantidade de animais saindo ou entrando da caverna foi aplicada sobre o NTMV a mesma proporção de cada um destes movimentos observados para as contagens manuais. A aplicação da proporção relativa às contagens manuais é demonstrada para a determinação do número de morcegos saindo (NMS) na Equação 3, onde o número total de morcegos do vídeo (NTMV) é multiplicado pelo quociente da divisão entre o número de morcegos saindo na contagem manual (NSCM) do CT e o número total de morcegos contabilizados manualmente no CT (MCM).

Equação 3:

$$NMS = NTMV \times \left(\frac{NSCM}{MCM} \right)$$

Para finalizar, o número estimado de morcegos na caverna (NEMC) foi obtido pela diferença entre o NMS e o número de morcegos entrando (NME), conforme demonstrado na Equação 4.

Equação 4:

$$NEMC \text{ (Número estimado de morcegos na caverna)} = \\ NMS \text{ (Número de morcegos saindo)} - NME \text{ (Número de morcegos entrando)}$$

2.2.4. Procedimentos de validação do método proposto

A avaliação do erro do sistema proposto foi realizada através da comparação entre as estimativas e as contagens manuais do CV. Para isso foi necessário estimar a quantidade de morcegos em cada um dos trechos de 5 segundos do CV com a solução proposta. O procedimento adotado para isso foi o mesmo aplicado para estimar o número total de morcegos do vídeo, ou seja, somando-se o total de *blobs* detectados em cada trecho de cinco segundos do CV e dividindo esse valor pela *trM* obtida anteriormente do CT, obtendo-se assim o número de morcegos em cada trecho. Finalmente, comparou-se a soma de morcegos estimada automaticamente no CV com a soma dos contabilizados manualmente nestes mesmos trechos, obtendo-se então o quociente entre estes valores, que foi subtraído de 1 e seu valor absoluto (*abs*) multiplicado por 100 (Equação 5). Dessa forma foi possível se obter a porcentagem de erro entre os valores estimados automaticamente e os contabilizados manualmente dos trechos do CV de cada vídeo.

Equação 5:

$$Erro = \text{abs} \left(\left(\frac{\text{totalCVentradaAutomatica} + \text{totalCVsaidaAutomatica}}{\text{totalCVentradaManual} + \text{totalCVsaidaManual}} \right) - 1 \right) * 100$$

Como forma de complementar a avaliação da eficiência do método para trechos diferentes, todos os procedimentos de estimativa do número de morcegos foram repetidos com a inversão do CT e do CV, criando-se um grupo inverso com a troca dos trechos em cada conjunto. Sendo assim, realizou-se nova estimativa da quantidade para os trechos e para o vídeo todo, que novamente não devem resultar em grandes

diferenças já que ao abranger toda a extensão do vídeo o valor da trM do CV original deve ser muito próximo da trM do CT original.

Para avaliar o erro do valor estimado pelo método proposto em relação ao valor real de morcegos, verificou-se a proporção de erro nos trechos estimados pelo CT original em relação às contagens manuais destes mesmos trechos.

2.2.5. Correção da estimativa de morcegos

Considerando-se que o NEMC deva apresentar um erro em relação à um valor real, aplicou-se uma correção do valor obtido pelas estimativas do método com base no seu erro em relação ao valor real das contagens manuais. Para isso verificou-se a porcentagem de erro da estimativa do CT para o número de saídas e entradas, que foi utilizada para a correção dos totais de saída e entrada em toda a extensão do vídeo, obtendo-se valores calibrados de todo o vídeo. Finalmente, foram verificadas as diferenças entre a contagem total calibrada de saídas e entradas para a obtenção do valor total de morcegos em cada vídeo.

3. Resultados

O número de morcegos estimado para os vídeos completos, baseando-se na diferença entre o número estimado de saídas e entradas, variou de 253 a 137972 indivíduos (Tabela 1). Porém, comparando-se o valor total de morcegos contados manualmente com a soma dos estimados automaticamente nos trechos de cinco segundos, o sistema proposto apresentou uma tendência a superestimar os valores estimados automaticamente, sendo o erro médio das saídas de morcegos de $1,34 \pm 14,41\%$ e das entradas de $0,34 \pm 13,87\%$ em relação ao contabilizado manualmente (Tabela 1). Aplicando-se a correção das porcentagens de erro sobre o total estimado automaticamente para os vídeos completos, o total estimado de morcegos diminuiu, variando de 188 a 129074 indivíduos (Tabela 1). Os valores de erro obtidos no processo de validação variaram de 0,87% a 61,08%, sendo a média de erro do método de $20,05 \pm 16,88\%$ (Tabela 1).

Após a inversão dos trechos do CT e CV os valores estimados de morcegos foram menores, variando de 61 a 137832 indivíduos (Tabela 2). Assim como ocorreu com os grupos CT e CV originais, o sistema proposto manteve a tendência a superestimar os valores estimados mesmo com a inversão de CT e CV, sendo o erro

médio das saídas de morcegos de $7,62 \pm 16,89\%$ e das entradas de $6,48 \pm 16,84\%$ (Tabela 2). Após a correção das porcentagens de erro a estimativa de morcegos novamente foi menor, variando de 61 a 128855 indivíduos (Tabela 2). Os erros obtidos da validação variaram de 0,36% a 135,40%, sendo em média de $24,04 \pm 32,71\%$ (Tabela 2). As estimativas totais dos grupos originais e dos grupos inversos apresentaram diferenças que variaram entre 0 e 133,35%, sendo em média de $23,63 \pm 31,58\%$ (Tabela 3).

A projeção do número de morcegos acumulados por cada minuto de filmagem dos vídeos de 45 minutos demonstrou grande variação da atividade de emergência, não havendo um padrão definido de fluxo de saída entre os vídeos (Figura 6). Para os vídeos de 90 minutos, a emergência dos morcegos em quase todos os vídeos teve início após os primeiros 30 minutos de filmagem, havendo um pico de atividade intensa em cada filmagem que variou entre os 30 e 80 minutos de filmagem (Figura 7).

4. Discussão

A associação de imagens termais e algoritmos de detecção de movimento utilizados em visão computacional mostrou-se viável para a contagem de morcegos saindo de um abrigo. Entretanto, a combinação de um elevado número de indivíduos, voando em alta velocidade e com complexos movimentos de vôo pode, em algumas situações, comprometer o grau de exatidão de algumas contagens. Embora tenha havido situações onde o erro estimado foi inferior a 1%, o erro médio do sistema proposto foi de aproximadamente 20%, variando de 0,87% a 61,08% entre os vídeos. Tal erro que pode ser considerado alto já que, no caso do tamanho das colônias encontradas na caverna “Meu Rei”, implicaria em erros em escala de milhares de indivíduos. De qualquer forma, este sistema permitiu, de maneira inédita no Brasil, estimar o tamanho de uma colônia de morcegos de tamanho excepcional, que em determinadas épocas do ano ultrapassou 129 mil indivíduos. A adoção de um método padronizado tornou possível a observação de que a população desta caverna apresenta flutuações de grande magnitude, indicando que este sistema também se presta para fins de monitoramento de abrigos (Veja Capítulo 2).

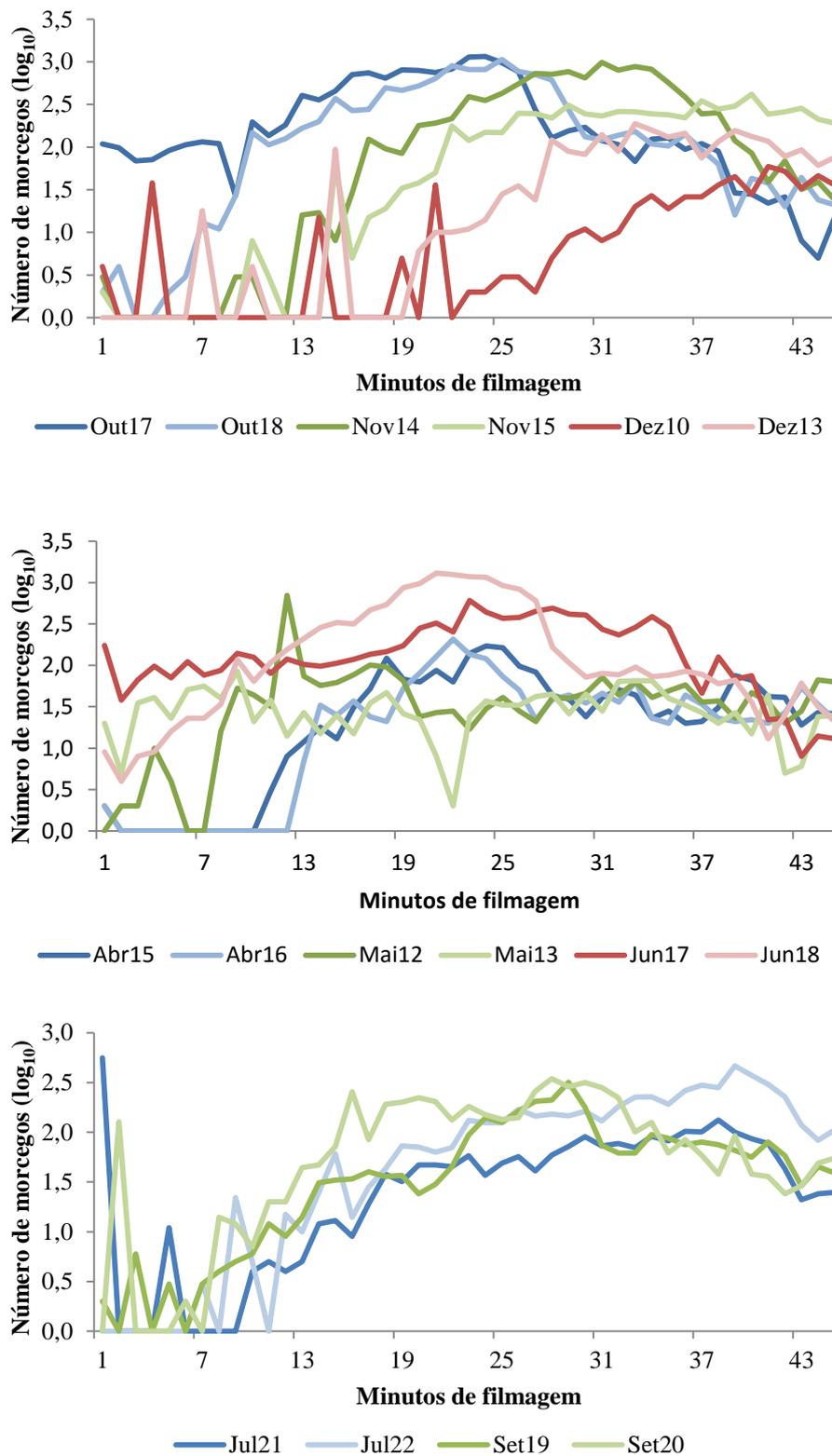


Figura 6. Número acumulado de morcegos registrado por minuto de filmagem nos vídeos da atividade de emergência dos morcegos da caverna “Meu Rei” com duração 45 minutos. Acima – Vídeos do primeiro trimestre (outubro a dezembro de 2014); Meio – Vídeos do segundo trimestre (abril a junho de 2015); Abaixo – Vídeos do quarto trimestre (julho e setembro de 2015, exceto agosto de 2015).

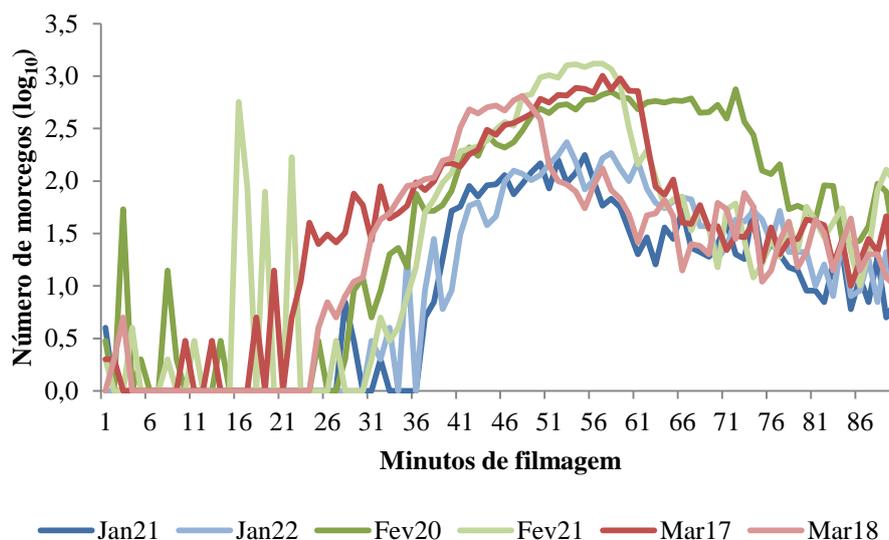


Figura 7. Número acumulado de morcegos registrados por minuto de filmagem nos vídeos da atividade de emergência dos morcegos da caverna “Meu Rei” com duração 90 minutos, durante o terceiro trimestre (janeiro a março de 2015).

Como todo sistema em desenvolvimento, o método de contagem aqui apresentado pode ser aprimorado de forma a diminuir os erros nas contagens e torna-lo mais preciso. O sistema automatizado de Betke et al. (2007), por exemplo, alcançou uma taxa de erro menor do que 6%, utilizando-se um método de contagem que consistia na detecção dos morcegos da imagem e o posterior rastreamento do seu percurso.

A utilização do rastreamento de morcegos em imagens parece ser uma boa solução para diminuir o erro em técnicas de contagem automatizada, pois considera somente os elementos da cena que estão em movimento. Entretanto, os algoritmos desenvolvidos geralmente apresentam melhor funcionamento em cenários com um pequeno número de objetos, pois estes não costumam se cruzar (Betke et al., 2007). A minimização de erros durante o cruzamento de objetos depende do quão detalhado é o acompanhamento de seus trajetos, sendo esta uma das vantagens da utilização do sistema desenvolvido por Betke et al. (2007), que realizaram filmagens utilizando equipamentos com taxa de captura de 60 *frames* por segundo e diminuíram a perda dos morcegos durante o rastreamento.

A utilização da técnica de rastreamento neste trabalho, onde foi utilizado um equipamento com taxa de captura de 30 *frames* por segundo, implicaria em maiores perdas dos trajetos de morcegos em situações de cruzamento e consequentemente

resultaria em maiores proporções de erro nas estimativas. Conhecer as limitações do equipamento é importante para decidir a forma com que uma estimativa automatizada será realizada. Características da filmagem como resolução de imagem, sobreposição de morcegos, detecções falsas de assinaturas de calor ou mesmo a capacidade do algoritmo em detectar os morcegos em diferentes índices de emergência podem afetar essas estimativas (Frank et al., 2003). Quanto maior a capacidade de minimizar esses fatores, mais precisa será a estimativa dos morcegos (Frank et al., 2003).

Uma saída utilizada para minimizar os erros envolvidos nas estimativas do presente trabalho é o tratamento prévio das imagens. A segmentação utilizando-se limiarizações de imagem resulta na separação dos pixels em grupos distintos, permitindo a classificação dos pixels como pertencentes ao plano de fundo ou como o objeto de interesse caso o agrupamento de pixels favoreça essa separação (Gonzales e Woods, 1992). No caso das imagens termais, que apresentam um alto contraste baseado nas diferenças de temperatura, a separação dos morcegos do plano de fundo é possível devido ao destaque que os animais apresentam por serem os elementos mais quentes da cena (Frank et al., 2003). Dessa forma, a segmentação dessas imagens é um importante artifício para evitar falsos positivos pela presença de outros elementos com temperatura elevada, demonstrando-se no presente trabalho como um procedimento altamente recomendado para a obtenção de resultados mais fiéis.

O posicionamento da câmera também deve ser considerado um fator potencialmente influente na qualidade da filmagem, sendo realizado de forma a minimizar erros (Frank et al., 2003). A melhor forma de realização das filmagens é posicionando a câmera perpendicularmente à direção do fluxo de emergência dos morcegos, o que tem sido adotado em outros trabalhos (e.g. Ammerman et al., 2009; Betke et al., 2008; Elliot et al., 2006; Frank et al., 2003; Hristov et al., 2008). Esse aspecto é particularmente importante, pois os morcegos tendem a seguir um fluxo direcional de emergência, sendo que deste ângulo a maior parte dos animais passaria pela imagem em um voo direto, com uma menor proporção de indivíduos em voo desordenado ou que não tenham sido detectados por estarem em uma porção mais profunda do ângulo de visão e surjam no meio de seu trajeto. Portanto, é de se esperar que vídeos gerados em posicionamento inadequado resultem em filmagens com maior erro de detecção ou rastreamento dos animais. Este não foi o caso aqui, pois as filmagens ocorreram com a câmera sempre na mesma posição, perpendicular à saída dos morcegos.

Embora o sistema apresente um erro médio de $20\% \pm 16.88\%$, sua aplicação pode ser considerada mais adequada do que a realização de contagens manuais, pois possibilita uma padronização dos procedimentos de estimativa e minimiza o efeito das diferenças de habilidade e treinamento de observadores diferentes (Corso et al., 2012). As contagens manuais em tempo real são dependentes da habilidade do observador, como demonstrado por Betke et al. (2008), que verificou as diferenças da contagem de morcegos realizada para o mesmo trecho de vídeo por 16 pessoas, onde 3 dessas superestimaram o valor determinado automaticamente e outras 13 subestimaram a abundância. Baseando-se nisso, não é possível se estabelecer uma comparação entre monitoramentos antigos realizados com contagens manuais e censos atuais com contagens automáticas, pois é impossível se determinar se flutuações na colônia são decorrentes de perturbações e respostas sazonais ou se são resultantes da utilização de técnicas distintas (Betke et al., 2008). Sendo assim, a utilização de um sistema baseado na detecção automática de objetos e estimativas por modelos matemáticos pode fornecer maior confiabilidade do que as contagens manuais.

O aprimoramento do sistema de contagem aqui descrito continuará, de forma que o erro médio seja reduzido ao máximo possível. De qualquer forma, este sistema mostrou-se promissor, e tem o mérito de ser pioneiro no uso de imagens térmicas para fins de contagens de morcegos, técnica até então não difundida em território brasileiro. Outro ponto positivo é que há a possibilidade de expansão da realização de contagens para outros sítios em outros biomas, de forma a torna-los comparáveis, algo que até então não era possível com contagens manuais feitas por diferentes observadores. Com ajustes, este sistema abre ainda a possibilidade do desenvolvimento de métodos e técnicas úteis nos processos de EIA/RIMA, necessários para estimativas mais confiáveis que envolvam a contagem de morcegos em ambientes de difícil acesso ou cuja presença de um observador possa influenciar nos padrões de atividade dos morcegos. Por fim, o desenvolvimento deste sistema mostrou-se um desafio científico multidisciplinar maior do que o esperado, envolvendo profissionais de áreas bastante distintas como zoologia e informática, mas que mostraram grande potencial de colaboração e superação de problemas. Parcerias deste tipo são positivas e devem ser estimuladas, e os resultados finais sem dúvida contribuem para o avanço das ciências e para a solução de problemas básicos em zoologia e ecologia, e com elevado potencial aplicado.

5. Agradecimentos

Ao CNPq e Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza pelo financiamento do projeto. Ao PELD Catimbau pelo apoio logístico em campo. Aos integrantes do Laboratório de Ciência Aplicada à Conservação da Biodiversidade pelo auxílio na coleta de dados. À equipe do Voxar Labs pelo apoio técnico no desenvolvimento do sistema. À Facepe pela bolsa concedida ao primeiro autor.

6. Referências

- Adrian, R., O'Reilly, C.M., Zagarese, H., Baines, S.B., Hessen, D.O., Keller, W., Livingstone, D.M., Sommaruga, R., Straile, D., Donk, E.V., Weyhenmeyer, G.A., Winder, M. 2009. Lakes as sentinels of climatic changes. *Limnol. Oceanogr.* 54(6): 2283-2297.
- Ammerman, L.K., Mcdonough, M., Hristov, N.I., Kunz, T.H. 2009. Census of the endangered Mexican long-nosed bat *Leptonycteris nivalis* in Texas, USA, using thermal imaging. *End. Sp. Res.* 8:87–92. DOI: 10.3354/esr00169
- Betke, M., Hirsh, D.E., Bagchi, A., Hristov, N.I., Makris, N.C., Kunz, T.H. 2007. Tracking large variable numbers of objects in clutter. *CVPR*, 2007:1-8. DOI: 10.1109/CVPR.2007.382994
- Betke, M., Hirsh, D.E., Makris, N.C., Mccracken, G.F., Procopio, M., Hristov, N.I., Tang, S., Bagchi, A., Reichard, J.D., Horn, J.W., Crampton, S., Cleveland, C.J., Kunz, T.H. 2008. Thermal imaging reveals significantly smaller brazilian free-tailed bat colonies than previously estimated. *J. Mammal.* 89(1): 18-24. DOI: 10.1644/07-MAMM-A-011.1
- Biesmeijer, J.C., Roberts, S.P.M., Reemer, M., Ohlemüller, H., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A.P., Potts, S.G., Kleukers, R., Thomas, C.D., Settele, J., Kunin, W.E. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Sci.* 313(5785):351-354. DOI: 10.1126/science.1127863
- Butchart S.H.M., Walpole, M., Collen, B., Strien, A.V., Scharlemann, J.P.W., Almond, R.E.A., Baillie, J.E.M., Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J., Carpenter, K.E., Carr, G.M., Chanson, J., Chenery, A.M., Csirke, J., Davidson, N.C., Dentener, F., Foster, M., Galli, A., Galloway, J.N., Genovesi, P., Gregory, R.D., Hockings, M., Kapos, V., Lamarque, J.F., Leverington, F., Loh, J., McGeoch, M.A., McRae, L.,

- Minasyan, A., Morcillo, M.H., Oldfield, M.E.E., Pauly, D., Quader, S., Revenga, C., Sauer, J.R., Snolnik, B., Spear, D., Stanwell-Smith, D., Stuart, S.N., Symes, A., Tierney, M., Tyrrell, T.D., ViÉ, J.C., Watson, R. 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Sci.* 328(5982):1164-1168. DOI: 10.1126/science.1187512
- Ciaputa, P., Sierakowski, K. 1999. Long-term population changes of Adélie, chinstrap, and gentoo penguins in the regions of SSSI No. 8 and SSSI No. 34, King George Island, Antarctica. *Polar Res* 20:55–365.
- Corso, A.E., Woolley, J.B., Lacher Jr., T.E. 2012. Using digital photography and image analysis software to estimate the emergence of bats at Tou Santi Cave, Dominica, West Indies. *Caribbean J. Sci.* 46(2-3):169-175. DOI: 10.18475/cjos.v46i2.a5
- Croxall, J.P., Trathan, P.N., Murphy, E.J. 2002. Environmental change and Antarctic seabird populations. *Sci.* 297:1510-1514. DOI: 10.1126/science.1071987
- Dale, V.H., Beyeler, S.C.. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecol. Indic.* 1: 3-10. DOI: 10.1016/S1470-160X(01)00003-6
- Davis, R.B., Herreid li, C.F., Short, H.L. 1962. Mexican freetailed bats in Texas. *Ecol. Monogr.* 32:311–346.
- Dawson, T.P., Jackson, S.T., House, J.I., Prentice, I.C., Mace, G.M.. 2011. Beyond Predictions: Biodiversity conservation in a changing climate. *Sci.* 332(6025):53-58. DOI: 10.1126/science.1200303
- DesGranges, J.L., Morneau, F. 2010. Potential sensitivity of Quebec's breeding birds to climate change. *Avian Cons. Ecol.* 5(2): 5. DOI: 10.5751/ACE-00410-050205
- Duckworth, J.W. 1998. The difficulty of estimating population densities of nocturnal forest mammals from transect counts of animals. *J. Zool.* 246: 466-468.
- Dulvy, N.K., Rogers, S.I., Jennings, S., Stelzenmüller, S., Dye, S.R., Skjoldal, H.R. 2008. *J. Applied Ecol.* 45(4): 1029-1039. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2008.01488.x
- Elliott, W.R., Samoray, S.T., Gardner, S.E., Kaufmann, J.E. 2006. The MDC method: Counting bats with infrared video. Missouri Department of Conservation. *Sci. Notes* 1(2): 147-153.
- Frank, J.D., Kunz, T.H., Horn, J., Cleveland, C., Petronio, S. 2003. Advanced infrared detection and image processing for automated bat censusing. *Infrared Technology and Applications XXIX. Proc SPIE* 5074:261–271

- Gauthreaux, A.S., Livingstone, J.W. 2006. Monitoring Bird migration with a fixed-beam radar and a thermal-imaging camera. *J. Field Ornithol.* 77(3): 319-328. DOI: 10.1111/j.1557-9263.2006.00060.x
- Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M., Lo, K. 2010. Global surface temperature change. *Rev. Geophys.* 48(RG4004): 1-29. DOI: 10.1029/2010RG000345
- Havens, K.J., Sharp, E. 2015. Thermal imaging techniques to survey and monitor animals in the wild: a methodology. London, Academic Press. 376p.
- Hristov, N.I., Betke, M., Kunz, T.H. 2008. Applications of thermal infrared imaging for research in aeroecology. *Integrat. Comp. Biol.* 48(1): 50-59. DOI: 10.1093/icb/icn053
- Jones, G., Jacobs, D.S., Kunz, T.H., Willig, M.R., Racey, P.A. 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endanger. Species Res.* 8: 93-115. DOI: 10.3354/esr00182
- Korczak-Abshire, M., Chwedorzewska, K.J., Wasowicz, P., Bednarek, P.T. 2012. Genetic structure of declining chinstrap penguin (*Pygoscelis antarcticus*) populations from South Shetland Islands (Antarctica). *Polar Biol.* 35(11): 1681-1689. DOI: 10.1007/s00300-012-1210-7
- Kunz, T. H. 2003. Censusing bats: challenges, solutions, and sampling biases, in: O'Shea, T.J., Bogan, M.A. (Eds.), *Monitoring trends in bat populations of the United States and territories: problems and prospects*. United States Geological Survey, Biological Resources Discipline, Sciences Division, Washington, pp. 9–20.
- Kunz, T.H., Anthony, E.L.P. 1996. Variation in the timing of nightly emergence behavior in the little brown bat, *Myotis lucifugus* (Chiroptera: Vespertilionidae), in: Genoways, H.H., Baker, R.J. (Eds.), *Contribution in mammalogy: a memorial volume honoring Dr. J. Knox Jones Jr. Lubbock*. Museum Texas Tech University press, pp. 225-235.
- Kunz, T.H., Betke, M., Hristov, N.I., Vonhof, M. 2009. Methods for assessing colony size, population size, and relative abundance of bats, in: Kunz, T.H., Parsons, S. (Eds.), *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. 2nd ed. Johns Hopkins University Press. Baltimore, Maryland, pp. 133–157
- Land, T.S., Lacher Jr, T.E., Clark Jr, D.R. 2003. Emergence patterns of cave myotis (*Myotis velifer*) on Fort Hood, in Central Texas. *Bat Res. News* 44:92-94.

- Lavergne, S., Mouquet, N., Thuiller, W., Ronce, O. 2010. Biodiversity and climate change: Integrating evolutionary and ecological responses of species and communities. *An. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 41:321-350. DOI: 10.1146/annurev-ecolsys-102209-144628
- Lawler, J.J., Shafer, S.L., White, D., Kareiva, P., Maurer, E.P., Blaustein, A.R., Bartlhein, P.J. 2009. Projected climate-induced faunal change in the Western Hemisphere. *Ecol.* 90(3):588-597. DOI: 10.1890/08-0823.1
- Millar, C.D., Subramanian, S., Heupink, T.H., Swaminathan, S., Baroni, C., Lambert, D.M.. 2012. Adelie penguins and temperature changes in Antarctica: a long-term view. *Integr. Zool.* 7(2):113-120. DOI: 10.1111/j.1749-4877.2012.00288.x.
- Mittermeier, R.A., Gil, P.R., Konstant, W.K., Mittermeier, C.G., Brooks, T., Hoffman, M., Fonseca, G.A.B., Mast, R., Seligmann, P.A., Conway, W.G. 2003. Wildlife spectacles. CEMEX-Agrupación Sierra Madre-Conservation International, Mexico. 324 p.
- O'Donnel, C.F.J., Sedgely, J.A. 1999. Use of roosts by the longe-tailed bat, *Chalinolobus tuberculatus* in temperate rainforest in New Zeland. *J. of Mammal.* 80(3): 913-923. DOI: 10.2307/1383260
- Pearson, R.G., Dawson, T.P. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Glob. Ecol. Biogeogr.* 12(5):361-371. DOI: 10.1046/j.1466-822X.2003.00042.x
- Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., Kunin, W.E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecol. Evol.* 25(6):345-353. DOI: 10.1016/j.tree.2010.01.007
- Sekercioglu, C.H., Schneider, S.H., Fay JP & Loarie SR. 2008. Climate change, elevational range shifts, and bird extinctions. *Cons Biol* 22(1):140-150. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2007.00852.x
- Simmons, A.J., Willet, K.M., Jones, P.D., Thorne, P.W., Dee, D.P. 2010. Low-frequency variations in surface atmospheric humidity, temperature, and precipitation: inferences from analyses and monthly gridded observational data sets. *J. of Geophys. Res.* 115: 1-21. DOI: 10.1029/2009JD012442
- Tomas, W.M., Miranda, G.H.B. 1996. Uso de armadilhas fotográficas em levantamentos populacionais, in: Cullen Jr, L., Rudran, R., Valladares-Padua, C. (Orgs.), Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. 2. ed. Editora UFPR, Curitiba, pp. 243-267

- Trenberth, K.E. 2011. Changes in precipitation with climate change. *Clim. Res.* 47(1-2):123-138. DOI: 10.3354/cr00953
- Willet, K.M., Gillett, N.P., Jones, P.D., Thorne, P.W. 2007. Attribution of observed surface humidity changes to human influence. *Nat.* 449: 710-712. DOI: 10.1038/nature06207
- Wilson, R.J., Gutierrez, D., Gutiérrez, J., Martínez, D., Agudo, R., Monserrat, V.J. 2005. Changes to the elevational limits and extent of species ranges associated with climate change. *Ecol. Lett.* 8(11):1138-1146. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2005.00824.x
- Yilmaz, A., Javed, O., Shah, M. 2004. Object Tracking: A survey. *ACM Computer Surveys* 38(4). DOI: 10.1145/1177352.1177355
- Zehnder, S., Åkesson, S., Liechti, F., Bruderer, B. 2001. Nocturnal autumn bird migration at Falsterbo, south Sweden. *J. Avian Biol.* 32: 239–248. DOI: 10.1111/j.0908-8857.2001.320306.

Tabela 1. Grupo teste para comparação entre número de morcegos contados manualmente e estimados automaticamente para trechos distribuídos uniformemente ao longo dos vídeos, estimativa automatizada para todo o vídeo e estimativa corrigida para a duração de todo o vídeo dos 24 vídeos gerados entre outubro de 2014 e setembro de 2015 na caverna “Meu Rei”, Tupanatinga/PE. Aut – Automático; Man – Manual; CV – Conjunto validação; CMCV – contagem manual do conjunto validação.

Vídeos	Saída nos 60 trechos			Entrada nos 60 trechos			Estimativa de todo o vídeo			Estimativa corrigida de todo o vídeo			Erro (CV vs CMCV)
	Aut	Man	Erro	Aut	Man	Erro	Saída	Entrada	Total	Saída	Entrada	Total	
17/10/14	1107	1055	4,93	74	71	4,23	10167	811	9356	9667	777	8890	6,15
18/10/14	1087	1020	6,57	63	60	5,00	9573	544	9029	8945	517	8428	10,54
14/11/14	1031	924	11,58	48	43	11,63	9603	457	9146	8491	404	8087	23,21
15/11/14	564	508	11,02	17	16	6,25	8121	270	7851	7226	253	6973	14,49
10/12/14	53	56	-5,36	26	28	-7,14	668	415	253	632	445	188	5,41
13/12/14	147	175	-16,00	27	33	-18,18	1819	347	1472	2110	410	1700	32,35
21/01/15	100	142	-29,58	47	61	-22,95	1770	919	851	2293	1130	1163	47,69
22/01/15	126	140	-10,00	44	49	-10,20	2436	913	1523	2680	1006	1673	20,79
20/02/15	865	789	9,63	29	27	7,41	15259	572	14687	13790	530	13260	12,97
21/02/15	838	697	20,23	36	30	20,00	14698	671	14027	11726	537	11189	37,57
17/03/15	651	717	-9,21	31	35	-11,43	12003	708	11295	13107	789	12318	18,83
18/03/15	374	362	3,31	26	26	0,00	6258	557	5701	6051	557	5494	3,57
15/04/15	132	121	9,09	81	75	8,00	1261	936	325	1146	861	285	17,05
16/04/15	110	106	3,77	51	50	2,00	2040	396	1644	1963	388	1575	9,21
12/05/15	112	118	-5,08	42	45	-6,67	1828	647	1181	1921	690	1231	12,24
13/05/15	84	91	-7,69	47	51	-7,84	973	598	375	1048	645	403	16,46
17/06/15	828	844	-1,90	37	38	-2,63	8013	322	7691	8148	330	7818	6,41
18/06/15	1171	1073	9,13	34	32	6,25	10435	390	10045	9482	366	9117	10,00
21/07/15	331	480	-31,04	27	40	-32,50	3405	367	3038	4462	486	3976	54,76
22/07/15	531	414	28,26	51	40	27,50	6403	494	5909	4594	358	4235	61,08
20/08/15	4586	4306	6,50	123	116	6,03	141754	3782	137972	132540	3554	128986	7,09
21/08/15	4114	4007	2,67	982	957	2,61	171039	38400	132639	166472	37398	129074	0,87
19/09/15	276	282	-2,13	41	42	-2,38	2961	438	2523	3024	448	2575	10,65
20/09/15	436	353	23,51	32	26	23,08	4745	373	4372	3629	287	3343	41,71
Média de erro			1,34 ± 14,41			0,34 ± 13,87							20,05 ± 16,88

Tabela 2. Grupo inverso para comparação entre número de morcegos contados manualmente e estimados automaticamente para trechos distribuídos uniformemente ao longo dos vídeos, estimativa automatizada para todo o vídeo e estimativa corrigida para a duração de todo o vídeo dos 24 vídeos gerados entre outubro de 2014 e setembro de 2015 na caverna “Meu Rei”, Tupanatinga/PE. Aut – Automático; Man – Manual; CV – Conjunto validação; CMCV – contagem manual do conjunto validação.

Vídeos	Saída nos 60 trechos			Entrada nos 60 trechos			Estimativa de todo o vídeo			Estimativa corrigida de todo o vídeo			Erro (CV vs CMCV)
	Aut	Man	Erro	Aut	Man	Erro	Saída	Entrada	Total	Saída	Entrada	Total	
17/10/14	1108	1055	5,02	74	71	4,23	10397	581	9816	9875	556	9319	3,88
18/10/14	1023	1020	0,29	60	60	0,00	8943	542	8401	8917	542	8375	3,08
14/11/14	838	924	-9,31	39	43	-9,30	7820	354	7466	8547	387	8160	18,18
15/11/14	518	508	1,97	16	16	0,00	7521	224	7297	7374	224	7150	0,81
10/12/14	62	56	10,71	31	28	10,71	874	323	551	780	288	492	17,02
13/12/14	218	175	24,57	41	33	24,24	2692	501	2191	2031	380	1651	47,17
21/01/15	199	142	40,14	93	67	38,81	3724	1655	2069	2229	1013	1216	106,33
22/01/15	168	140	20,00	58	49	18,37	3316	1091	2225	2653	891	1762	37,50
20/02/15	803	789	1,77	27	27	0,00	14261	439	13822	14009	439	13570	0,96
21/02/15	626	697	-10,19	26	30	-13,33	11083	443	10640	12211	502	11709	20,57
17/03/15	815	717	13,67	39	35	11,43	15284	606	14678	13196	537	12659	27,58
18/03/15	374	362	3,31	26	26	0,00	6491	324	6167	6276	324	5952	1,36
15/04/15	113	121	-6,61	70	75	-6,67	1303	640	663	1389	683	707	10,19
16/04/15	104	106	-1,89	49	50	-2,00	1181	1120	61	1203	1142	61	2,50
12/05/15	131	118	11,02	49	45	8,89	2147	859	1288	1911	783	1128	24,62
13/05/15	105	91	15,38	59	51	15,69	1278	663	615	1081	559	522	22,22
17/06/15	899	844	6,52	40	38	5,26	8606	424	8182	8046	402	7644	11,11
18/06/15	1075	1073	0,19	32	32	0,00	9707	216	9491	9690	216	9474	0,36
21/07/15	777	480	61,88	64	40	60,00	8264	538	7726	3151	215	2936	135,40
22/07/15	346	414	-16,43	33	40	-17,50	3997	485	3512	4653	570	4083	32,67
20/08/15	4586	4306	6,50	123	116	6,03	141684	3852	137832	132475	3620	128855	6,02
21/08/15	4114	4007	2,67	982	957	2,61	167154	42285	124869	162691	41181	121510	4,55
19/09/15	313	282	10,99	46	42	9,52	3380	505	2875	3009	457	2552	20,00
20/09/15	320	353	-9,35	23	26	-11,54	3529	242	3287	3936	270	3666	22,92
Média de erro			7,62 ± 16,89			6,48 ± 16,84							24,04 ± 32,71

Tabela 3. Diferença entre a estimativa final corrigida obtida para os grupos teste e inverso dos 24 vídeos gerados entre outubro de 2014 e setembro de 2015 na caverna “Meu Rei”, Tupanatinga/PE.

Vídeos	Grupo Teste	Grupo Inverso	Erro
17/10/14	10978	10978	0
18/10/14	10117	9485	6,25
14/11/14	10060	8174	18,75
15/11/14	8391	7745	7,7
10/12/14	1083	1197	10,53
13/12/14	2166	3193	47,41
21/01/15	2689	5379	100,04
22/01/15	3349	4407	31,59
20/02/15	15831	14700	7,14
21/02/15	15369	11526	25
17/03/15	12711	15890	25,01
18/03/15	6815	6815	0
15/04/15	2197	1943	11,56
16/04/15	2436	2301	5,54
12/05/15	2475	3006	21,45
13/05/15	1571	1941	23,55
17/06/15	8335	9030	8,34
18/06/15	10825	9923	8,33
21/07/15	3772	8802	133,35
22/07/15	6897	4482	35,02
20/08/15	145536	145536	0
21/08/15	209439	209439	0
19/09/15	3399	3885	14,3
20/09/15	5118	3771	26,32
Média de erro			23,63 ± 31,58

CAPÍTULO 2

(Apresentado nas normas da revista *Acta Chiropterologica*, ISSN 1733-5329)

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA, UMIDADE E PLUVIOSIDADE SOBRE UMA GRANDE CONGREGAÇÃO DE MORCEGOS NO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU, CAATINGA DE PERNAMBUCO

Jaire Marinho Torres^{1*} & Enrico Bernard²

¹Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE. Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife/PE, CEP: 50670-901. E-mail: jairemarinho@gmail.com.

²Laboratório de Ciência Aplicada à Conservação da Biodiversidade, Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE. Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife/PE, CEP: 50670-901. E-mail: enricob2@gmail.com.

*Autor para correspondência

Resumo

Os grandes agrupamentos de morcegos formados dentro de cavernas são considerados indicadores ecológicos do efeito das mudanças climáticas sobre a fauna, principalmente em condições extremas como na Caatinga. Porém, o conhecimento sobre a dinâmica das comunidades de morcegos é limitado para esse bioma. Portanto, este estudo teve como objetivos: 1) avaliar o efeito da temperatura, umidade e pluviosidade sobre a concentração de morcegos em uma caverna da Caatinga; e 2) avaliar a influência dos morcegos no microclima deste abrigo. O estudo foi desenvolvido na caverna “Meu Rei”, no Parque Nacional do Catimbau, Tupanatinga/PE. O abrigo foi monitorado entre outubro de 2014 e setembro de 2015, com censos mensais dos morcegos e medições de temperatura e umidade internas e externas, obtendo-se também dados secundários de pluviosidade para o período. O ambiente interno e externo foi caracterizado pelas médias e amplitudes de variação de temperatura e umidade. A relação entre morcegos e variáveis climáticas internas e externas foi testada em diferentes intervalos de tempo, utilizando-se médias de temperatura e umidade e a precipitação acumulada no período de cada intervalo proposto. O interior da caverna apresentou temperatura média mais elevada ($25.27 \pm 0.18^{\circ}\text{C}$ a $28.42 \pm 0.94^{\circ}\text{C}$) e menor amplitude de variação (2.07°C a 6.30°C) do que a externa (média de $23.78 \pm 5.56^{\circ}\text{C}$ e amplitude de 27.80°C), além de umidade mais elevada ($82.09 \pm 4.14\%$ a $87.73 \pm 2.20\%$) e com menor variação (19.18% a 23.39%) do que a externa (média de $68.67 \pm 22.81\%$ e amplitude de 85.48%). A abundância de morcegos se relacionou negativamente com temperatura e pluviosidade dos quinze dias anteriores à estimativa. As condições no fundo da caverna se relacionaram positivamente à abundância de morcegos em sete dias antes da estimativa dos animais, tanto para temperatura quanto para umidade. Os morcegos influenciaram o microclima interno, ocorrendo resfriamento de 0.35°C e queda de 0.50% na umidade no fundo da caverna com o abandono pelos morcegos. É possível se afirmar que a caverna “Meu Rei” é um importante abrigo com condições mais estáveis do que o ambiente externo, abrigando uma congregação de morcegos que influi diretamente no seu microclima.

Palavras chave: Abrigo, caverna, imagem térmica, microclima, monitoramento.

Introdução

A ordem Chiroptera representa a segunda maior ordem de mamíferos brasileiros (Reis et al., 2007), com cerca de 178 espécies distribuídas em 9 famílias (Nogueira et al., 2014). Os morcegos apresentam a mais ampla distribuição geográfica entre os mamíferos silvestres, ocorrendo em todo o mundo, sendo a única exceção sua ausência nos pólos (Simmons, 2005). As regiões neotropicais apresentam a maior diversidade destes animais, onde se concentra também a maior variedade de hábitos alimentares (Gardner, 1977).

A elevada diversidade apresentada por morcegos é expressa também na utilização de abrigos. Os morcegos podem abrigar-se em uma grande variedade de locais, tanto naturais quanto artificiais, sendo encontrados em folhagens, ocos de troncos ou superfícies de árvores, fendas de rochas, cavernas, cupinzeiros, dentro de colmos de bambu, forros de casa, porão, vãos de dilatação e pontes (Kunz, 1982). Em alguns casos, o nível de especialização é tão elevado que algumas espécies constroem seus próprios abrigos, como os construtores de tenda da espécie *Ectophylla alba* (Altringham, 1996).

Como animais noturnos, a maioria das espécies inicia sua atividade ao pôr-do-sol, e podendo estender-se durante toda a noite (Esbérard e Bergallo, 2004). Durante o dia, os abrigos se tornam refúgios onde os morcegos permanecem até o início de suas atividades no ambiente externo (Kunz e Lumsden, 2003), sendo estes os locais onde passam a maior parte de suas vidas (Altringham, 1996). A utilização de abrigos é vital para a sobrevivência de morcegos e seu sucesso reprodutivo (Kunz, 1982), pois fornecem locais para acasalamento, criação de filhotes, interação social, digestão alimentar, diminuem os custos da termorregulação, além de proteção contra variações climáticas e predadores (Kunz, 1982; Altringham, 1996).

A escolha do abrigo pode ser influenciada por uma série de fatores, como a proximidade a fontes de alimento ou as condições de temperatura e umidade em seu interior (Entwistle et al., 1997). A permanência dos morcegos no abrigo também é influenciada por tais fatores (Entwistle et al., 1997), de modo que os morcegos realizam mudanças de abrigos para garantir a disponibilidade contínua de recursos alimentares (Maddock, 1979) ou como resposta à perturbações ou alterações climáticas (Kunz, 1982), utilizando mais de um abrigo dentro de uma mesma área, alternando-se entre eles regularmente (Lewis, 1995).

As cavernas são os abrigos mais estáveis e permanentes, sendo os morcegos alguns dos poucos vertebrados que as utilizam constantemente (Altringham, 1996), fornecendo a estes animais um papel único para a dinâmica de ambientes cavernícolas. Esses ambientes não possuem produtores primários, devido à ausência de luz, de modo que as comunidades que habitam em cavernas são essencialmente decompositoras (Ferreira e Martins 1998). O aporte de matéria orgânica em ambientes cavernícolas ocorre principalmente pela carreação realizada por agentes físicos ou biológicos (Culver, 1982), sendo as fezes dos morcegos uma das importantes fontes de recursos para o interior de cavernas (Ferreira e Martins, 1998).

Segundo Altringham (1996), os morcegos são os animais mais gregários e sociais entre os mamíferos, e seus hábitos de se abrigar influenciam na densidade e estrutura social das colônias, podendo-se encontrar em cavernas desde pequenos grupos até milhares de indivíduos, ou mesmo animais isolados. Os grandes agrupamentos de morcegos são capazes de gerar condições climáticas únicas em cavernas (De La Cruz, 1992), como a elevação da temperatura resultante da radiação de calor corpóreo de uma elevada densidade de animais (Peck et al., 1998).

A composição da quiropterofauna cavernícola é variável, com várias espécies podendo ocorrer nestes ambientes. A possibilidade de uma comunidade de morcegos diversa se dá pela variedade de formações e microclimas existentes em uma mesma caverna, que podem atender as necessidades de diferentes espécies (Altringham 1996). Mesmo com as inúmeras vantagens desses ambientes, as colônias podem realizar abandonos do abrigo, geralmente para evitar grandes populações de ectoparasitas ou em resposta às mudanças do microclima interno (Fleming, 1988).

As variações climáticas externas também podem influenciar na abundância de morcegos, uma vez que afetam sua atividade reprodutiva (Taddei, 1980) e a disponibilidade de alimentos para diferentes grupos tróficos, como insetívoros (Fogden, 1972) e frugívoros (Barbosa et al., 2003). Enquanto ambientes de maior estabilidade climática apresentam pequenas variações, como no caso de florestas tropicais (Happold e Happold 1990), regiões com características meteorológicas extremas devem apresentar elevada influência de variações climáticas, como no caso das Caatingas semi-áridas.

Esses ambientes apresentam alta radiação solar, alta temperatura média anual, baixa umidade relativa e precipitações mais baixas, sendo estas últimas irregulares e geralmente limitadas a um período curto do ano (Reis, 1976). A tendência é que as condições climáticas neste ambiente se tornem ainda mais extremas, sendo apontado

pelo Painel Brasileiro das Mudanças Climáticas a vulnerabilidade do nordeste Brasileiro aos efeitos do aquecimento global, havendo o aumento da temperatura e diminuição das chuvas em níveis mais elevados do que a variação média global (PBMC, 2014).

As grandes congregações de animais e plantas têm sido apontadas como ideais para o monitoramento do efeito das mudanças climáticas sobre a biota, sendo apontadas como bioindicadoras da qualidade do habitat (Butchard et al., 2010). Os morcegos, como um dos grupos de mamíferos que formam os maiores agrupamentos, são potencialmente importantes para o monitoramento dessas variações climáticas.

Considerando que morcegos podem ser utilizados como indicadores ambientais (Jones et al., 2009), que grandes congregações animais representam oportunidades para o monitoramento ambiental (e.g. Ciaputa e Sierakowski, 1999; Croxall et al. 2002; Butchard et al. 2010; Millar et al. 2012), e que existe uma lacuna no conhecimento de como variáveis ambientais podem afetar e determinar comunidades de morcegos cavernícolas, este estudo teve como objetivos: 1) avaliar os possíveis efeitos da temperatura, umidade e pluviosidade sobre a concentração de morcegos em uma caverna da Caatinga; e 2) avaliar se e como alterações na concentração destes morcegos afetam variáveis microclimáticas no interior deste abrigo.

Material e Métodos

Área de Estudo

O Parque Nacional do Catimbau (8°24'00" - 8°36'35" S; 37°09'30" - 37°14'40" W), com uma área de 62.300 ha, está localizado no estado de Pernambuco, entre os municípios de Buíque, Ibimirim e Tupanatinga. A temperatura média da região é de 23°C e precipitação anual varia de 650 a 1100 mm, com o pico de chuvas entre abril e junho (SNE, 2002). A região apresenta o clima quente e seco (BSh'w) pela classificação de Köppen (Peel, 2007).

O relevo do PARNA do Catimbau é marcado pela presença de vales, serras e vertentes, com altitude variando entre 400 e 1000 metros a.n.m. (SNE, 2002). Esta região é marcada pela presença de inúmeras cavidades, sendo potenciais à utilização como abrigos por morcegos. Dentre estas cavidades, a caverna "Meu Rei" (08°29'14.1"S e 37°16'48.8"W) é classificada como de relevância máxima à conservação, por possuir espeleotemas raros e dimensões notáveis em relação às outras cavidades conhecidas na região (Azevedo e Bernard, 2015).

A região onde se encontra a caverna “Meu Rei” está localizada na porção geomomorfológica da Formação Tacaratu (CPRM, 2006), que é formada por arenitos grosseiros, arenitos conglomeráticos e níveis de conglomerados (Silva Junior, 2013). A composição e forte diagênese conferem a esse terreno um caráter bastante acidentado, com encostas abruptas, ocasionando a formação de grandes paredões de arenito (SNE, 2002). A fitofisionomia dessa região do PARNA foi definida por Farias (2009) como vegetação típica de caatinga de areia, com predominância de vegetação arbustiva caducifólia, apresentando elementos espinhosos como cactáceas e bromeliáceas.

A caverna possui 161,5 m de projeção horizontal e desnível total de 8,5 metros, situando-se a 777 metros de altitude (CECAV, 2014). Essa cavidade é composta por quatro câmaras separadas por estreitas regiões com aproximadamente 1,20 metros de altura, distribuídas por dois trajetos resultantes de uma bifurcação à cerca de dez metros de sua entrada (Figura 1). São encontradas duas câmaras em cada um dos sentidos da caverna, sendo uma câmara anterior (CAE) e uma posterior esquerda (CAE e CPE, respectivamente) e uma câmara anterior e uma posterior direita (CAD e CPD, respectivamente) (Figura 1), todas elas com a presença de morcegos.

Oito espécies de morcegos já foram registradas neste abrigo: *Diphylla ecaudata* Spix, 1823, *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758), *Glossophaga soricina* (Pallas, 1766), *Anoura geoffroyi* Gray, 1838, *Lonchorhina aurita* Tomes, 1863, *Tonatia bidens* Gray, 1827, *Natalus macrourus* (Gervais, 1856) e *Pteronotus gymnonotus* Natterer, 1843. A espécie *P. gymnonotus* compõe a maior parte da quiropterofauna da caverna, representando quase a totalidade dos morcegos abrigados, concentrando-se na CPD.

Coleta de Dados

Foram instalados três *data loggers* modelo HOBO U23-001 Pro V2, sendo dois no interior da caverna (um na CAD, localizada no meio da caverna, e outro na CPD, localizada no fundo da caverna – Figura 1) e um no exterior da caverna, a aproximadamente 1200 metros de distância de sua entrada. Todos os *data loggers* foram acondicionados em caixas metálicas com aberturas na tampa, permitindo a circulação de ar em seu interior. As caixas com os *data loggers* foram fixadas na CAD e CPD diretamente nas paredes da caverna à entre 1,70 a 1,80 metros, enquanto o *data logger* externo foi fixado em um suporte de madeira em uma área aberta à uma altura de 1,70 metros.

Os registros de temperatura e umidade interna e externa foram realizados por doze meses, entre os dias 01 de outubro de 2014 e 30 de setembro de 2015, com medições em intervalos de uma hora. A leitura destes dados foi realizada mensalmente com o auxílio de uma base de leitura óptica de dados por infravermelho HOBO modelo U-4, utilizando-se o software HOBOWare para leitura dos dados e posterior exportação como arquivos em formato xls.

A determinação dos locais de instalação dos *data loggers* internos foi baseada na ocupação da caverna pelos morcegos, que se concentram nas câmaras do meio e do fundo. Para o *data logger* externo optou-se por estabelecer o ponto de monitoramento em uma vila próxima à caverna, devido ao fluxo de visitação da área de estudo e elevado risco de furto do equipamento e perda dos dados, uma vez que o *data logger* externo instalado na proximidade da entrada da caverna foi furtado durante o desenvolvimento do projeto piloto.

Dados pluviométricos foram obtidos do Sistema de Geoinformação Hidrometeorológico de Pernambuco (<http://www.apac.pe.gov.br/sighpe>), que consiste de uma base de dados de monitoramento em tempo real de acesso livre e disponibilizada pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC – <http://www.apac.pe.gov.br/>). Foram utilizados os dados da estação 141 – Tupanatinga, que se localiza na mesorregião do Agreste Pernambucano e microrregião do Vale do Ipanema, distante cerca de 30 km da caverna monitorada.

As estimativas mensais da abundância de morcegos foram realizadas através da análise de vídeos da atividade de emergência gerados entre outubro de 2014 e setembro de 2015, realizando-se duas noites de filmagem consecutivas em cada mês (Veja Capítulo 1). Para a geração dos vídeos foi utilizado um termovisor FLIR modelo E60 posicionado perpendicularmente à entrada da caverna, a uma distância de 3,70 m da entrada e elevação de 1,25 m do solo e formando um ângulo de inclinação inferior de 45,70° (Preparar Figura).

As filmagens foram iniciadas às 17:30 h, período em que ainda há luminosidade e não se iniciou a atividade de saída dos morcegos. Os vídeos tiveram duração de 45 minutos, período geralmente suficiente para captar toda a atividade de emergência. Porém, houve a necessidade de prolongamento da duração das filmagens em duas situações: 1) em Agosto de 2015, quando o fluxo de saída durou mais do que os 45 minutos estipulados, e as filmagens duraram 135 e 210 minutos; e 2) entre Janeiro e Março de 2015, quando a emergência dos morcegos teve início após 40 minutos de

filmagem, e foram acrescentados mais 45 minutos, totalizando 90 minutos de filmagem. Em todas as noites foram realizadas incursões ao interior da caverna após o final das filmagens, onde se confirmando a saída dos animais e foram contadas poucas dezenas de indivíduos que permaneceram no abrigo.

Análise de Dados

A caracterização da temperatura e umidade no interior e exterior da caverna foi realizada obtendo-se o valor médio e seu respectivo desvio para os dados de todo o período de monitoramento. Foi verificada ainda a amplitude de variação da temperatura e umidade em cada um dos pontos monitorados, determinada pela diferença entre o valor máximo e mínimo registrado. Para caracterizar a variação mensal de temperatura e umidade no interior e exterior da caverna foi verificada a média mensal de cada variável, utilizando-se todas as leituras de cada mês. Para pluviosidade, foram utilizados os dados acumulados do mês.

Os dados de variáveis climáticas referentes ao dia 6 de dezembro de 2014 foram excluídos de todas as análises, pois foi constatada uma perturbação antrópica no interior da caverna que os comprometeu. Durante o monitoramento de dezembro de 2014, encontrou-se resquícios de uma fogueira ao lado do *data logger* localizado no meio da caverna, sendo possível determinar o dia exato da perturbação através do registro de valores de temperatura e umidade anormais. Sendo assim, com a finalidade de evitar contaminação nos dados do interior da caverna e como forma de igualar os esforços de monitoramento climático, os dados de todas as leituras de temperatura e umidade deste dia, tanto internos quanto externos, foram desconsiderados, assim como os dados de pluviosidade.

Os valores estimados mensalmente do número de morcegos, obtidos pela análise dos vídeos, foram utilizados para caracterização da comunidade ao longo do ano monitorado e avaliação de sua relação com as variáveis climáticas. Devida à possibilidade de grandes flutuações no tamanho da congregação ao longo do ano, foi realizada a transformação dos valores mensais estimados para seu logaritmo à base 10 (\log_{10}).

Para avaliar a relação entre o número de morcegos com as variáveis climáticas internas (temperatura e umidade) e externas (temperatura, umidade e pluviosidade) da caverna foram testados diferentes intervalos de tempo. Em cada um dos intervalos, foram considerados os valores médios de temperatura e umidade de cada ponto

monitorado e a precipitação acumulada. Os intervalos adotados foram: a) Mês – do primeiro ao último dia de cada mês (doravante TM); b) 30 dias anteriores – intervalo de 30 dias anteriores ao dia de filmagem (doravante T30); c) 15 dias anteriores – intervalo de 15 dias anteriores ao dia de filmagem (doravante T15); d) 7 dias anteriores – intervalo de 7 dias anteriores ao dia de filmagem (doravante T7); e) 5 dias anteriores – intervalo de 5 dias anteriores ao dia de filmagem (doravante T5); f) 3 dias anteriores – intervalo de 3 dias anteriores ao dia de filmagem (doravante T3); g) 1 dia anterior – dia anterior ao dia de filmagem (doravante T1); h) Dia de filmagem – valores obtidos para o dia de filmagem (doravante TD).

O efeito da variação externa sobre a comunidade de morcegos da caverna foi avaliado por regressões múltiplas entre as variáveis (temperatura, umidade e precipitação) externas e a estimativa de morcegos, analisando-se individualmente cada intervalo de tempo. Para avaliar como a temperatura e umidade internas respondem à concentração de morcegos abrigados na caverna foram realizados testes de regressão linear simples entre a abundância de morcegos estimada e cada variável interna (temperatura e umidade no meio e fundo), sendo realizada par a par, uma vez que havia uma única variável independente (número de morcegos) para um conjunto de quatro variáveis dependentes (temperatura do meio, temperatura do fundo, umidade do meio e umidade do fundo). Em ambos os casos foram considerados todos os intervalos de tempo propostos.

Para todas as análises envolvendo a estimativa de morcegos, optou-se por excluir os dados relativos ao segundo dia de filmagem, utilizando-se somente um vídeo mensal. A exclusão foi baseada na constatação de uma tendência à diminuição no número de morcegos estimados nos segundos vídeos gerados no mês, atribuída à possível perturbação causada pela incursão dos pesquisadores no interior da caverna. Houve somente uma exceção à utilização do primeiro vídeo do mês, em dezembro de 2014, motivado pela perturbação da fogueira poucos dias antes da filmagem que resultou no abandono do abrigo pelos morcegos. Neste mês a segunda filmagem foi realizada quatro dias após a primeira, quando se constatou o retorno dos animais ao abrigo, sendo esta segunda filmagem utilizada para os testes de regressão.

Foi usado um teste t para amostras independentes para avaliar o efeito da saída dos morcegos sobre a temperatura e umidade internas da caverna. Foi comparado o conjunto de dados de temperatura e umidade do fundo e do meio da caverna dos sete dias anteriores à perturbação com os sete dias posteriores, totalizando 168 leituras.

Todos os testes de regressão múltipla, regressão simples e teste t foram realizados no software STATISTICA 8.0 (2007).

Resultados

O monitoramento climático demonstrou um ambiente mais estável no interior da caverna, com menor variação de temperatura e umidade (Figura 2). No exterior da caverna a temperatura média foi de $23,78 \pm 5,56^{\circ}\text{C}$, com $27,80^{\circ}\text{C}$ de amplitude de variação, sendo a mínima de $13,91^{\circ}\text{C}$ e máxima de $41,71^{\circ}\text{C}$. A temperatura média e amplitude de variação no meio da caverna foram de $25,27 \pm 0,18^{\circ}\text{C}$ e $2,07^{\circ}\text{C}$, com mínimas de $24,77^{\circ}\text{C}$ e máximas de $26,84^{\circ}\text{C}$. No fundo da caverna, a temperatura média foi $28,42 \pm 0,94^{\circ}\text{C}$, a amplitude foi de $6,30^{\circ}\text{C}$, e temperaturas mínimas e máximas de $27,46^{\circ}\text{C}$ e $33,76^{\circ}\text{C}$, respectivamente (Figura 2). A umidade média no exterior da caverna foi de $68,67 \pm 22,81\%$ e amplitude de variação de $85,48\%$, com mínima de $14,52\%$ e máxima de $100,00\%$. O meio da caverna apresentou umidade média de $87,75 \pm 2,20\%$ e amplitude de variação de $19,18\%$, com mínima de $78,93\%$ e máxima de $98,11\%$. Já no fundo da caverna a umidade média foi de $82,09 \pm 4,14\%$ e amplitude de variação de $23,39\%$, com mínima de $74,15\%$ e máxima de $97,54\%$ (Figura 2).

As variações ao longo do ano demonstram que o interior da caverna é um ambiente bem mais constante, com pequenas amplitudes de variação de temperatura (Figura 3) e umidade (Figura 4) quando comparadas ao exterior da caverna. No interior da caverna a temperatura média do meio variou entre $25,06^{\circ}\text{C}$ a $25,55^{\circ}\text{C}$, com o menor valor em outubro de 2015 e maior em maio de 2015, enquanto o fundo da caverna apresentou menor temperatura em julho de 2015 e maior em agosto de 2015, variando entre $27,63^{\circ}\text{C}$ e $30,43^{\circ}\text{C}$. Quanto à umidade, no meio da caverna foram registradas as maiores médias, variando de $85,44\%$ em dezembro de 2014 a $91,24\%$ em setembro de 2015, enquanto no fundo da caverna foi registrada uma variação de $77,15\%$ em outubro de 2014 a $89,77\%$ em setembro de 2015. O exterior da caverna, por outro lado, apresentou elevada variação ao longo do ano, com temperaturas médias mensais variando de $20,75^{\circ}\text{C}$ em julho de 2015 a $25,52^{\circ}\text{C}$ em abril de 2014, enquanto a umidade variou de $60,57\%$ a $82,73\%$, com o período mais seco em janeiro de 2015 e mais úmido em julho de 2015. A precipitação anual também apresentou grande variação ao longo do ano, sendo Setembro de 2015 o mês mais seco, com $4,6\text{ mm}$, e Junho de 2015 o mais chuvoso, com $173,0\text{ mm}$ de precipitação (Figura 5).

A abundância de morcegos na caverna apresentou grande variação ao longo do ano, sendo registrado um mínimo de 285 indivíduos em abril de 2015 e o máximo de 128986 indivíduos em agosto de 2015 (Tabela 1). Essa variação representa um crescimento de 45258% de abril para agosto, com essa comunidade variando de centenas de animais a dezenas de milhares de indivíduos. Quando observados os valores transformados em \log_{10} , são verificados três períodos de intensa ocupação: o primeiro entre outubro e novembro de 2014, um segundo pico entre fevereiro e março de 2015 e um último período, com ocupação máxima (Figura 6).

A variação de morcegos abrigados na caverna não foi influenciada pela variação climática no intervalo em nenhum dos intervalos analisados (TM: $R^2 = 0,2843$ e $p = 0,4186$; T30: $R^2 = 0,4578$ e $p = 0,1596$; T15: $R^2 = 0,4912$ e $p = 0,1267$; T7: $R^2 = 0,3185$ e $p = 0,3554$; T5: $R^2 = 0,2633$ e $p = 0,4599$; T3: $R^2 = 0,3177$ e $p = 0,3570$; T1: $R^2 = 0,4104$ e $p = 0,2154$; TD: $R^2 = 0,2211$ e $p = 0,5489$). Entretanto, quando observados os valores parciais de cada variável externa, a abundância de morcegos apresentou relação negativa com a temperatura no intervalo T15 (Coef. Padronizado = $-0,7716$ e $p = 0,0267$) (Tabela 2).

Os morcegos apresentaram influência sobre a temperatura interna da caverna, podendo alterá-la em diferentes porções das regiões da caverna e em intervalos de tempo específicos (Tabela 3). A temperatura do fundo da caverna apresentou resposta positiva ao tamanho da congregação nos intervalos TD ($R^2 = 0,4884$; Coef. Padronizado = $0,6988$; $p = 0,0114$), T1 ($R^2 = 0,4447$; Coef. Padronizado = $0,6669$; $p = 0,0178$) e T3 ($R^2 = 0,3822$; Coef. Padronizado = $0,6182$; $p = 0,0321$). No meio da caverna a temperatura apresentou relação negativa com a abundância de morcegos no intervalo T15 ($R^2 = 0,4091$; Coef. Padronizado = $-0,6397$; $p = 0,0251$).

A saída dos morcegos da caverna, provocada pela intervenção antrópica, provocou alteração nas condições microclimáticas do abrigo, com alteração na temperatura e umidade. Quando presentes, a temperatura média no fundo da caverna na semana anterior à perturbação foi de $28,17^\circ\text{C}$, caindo para $27,78^\circ\text{C}$ após o abandono, o que representa um resfriamento médio de $0,35^\circ\text{C}$ ($p < 0,0001$) (Figura 7). No meio da caverna foi verificado um aquecimento de $0,06^\circ\text{C}$ ($p < 0,0001$), subindo de $25,14^\circ\text{C}$ para $25,20^\circ\text{C}$ (Figura 7). Ambas as porções da caverna apresentaram diminuição na umidade relativa do ar após o abandono dos morcegos, chegando a 0,83% de diferença no meio da caverna ($p < 0,0001$) e 0,50% de diferença no fundo ($p < 0,0001$) (Figura 8).

Discussão

A caverna “Meu Rei” constitui de um importante abrigo para morcegos do PARNA do Catimbau, propiciando um ambiente mais estável do que o externo. Os morcegos encontram nas cavernas os abrigos naturais mais vantajosos quanto à estabilidade ambiental, pois estas proporcionam um topoclima estável (Trajano, 1984). Os outros tipos de abrigos utilizados, embora sejam mais abundantes, podem apresentar desvantagens. As fendas em rochas ou em cascas de árvores são abrigos muito comuns e abundantes, mas não apresentam a mesma estabilidade termal que as cavernas, enquanto folhas apresentam uma curta durabilidade, mesmo aquelas modificadas em tendas (Altringham, 1996).

A estabilidade é necessária para um abrigo em potencial, pois suas características microclimáticas são muitas vezes importantes para sua seleção (Kunz, 1982). Neste sentido, a caverna estudada demonstra condições favoráveis para sua ocupação devido às baixas variações internas ao longo do ano, com uma amplitude de variação de 6,30 °C em sua temperatura e de 23,39% na umidade, enquanto no ambiente externo essa variação chega a 27,80°C e 85,48% de umidade.

A estabilidade de um ambiente subterrâneo está ligada ao seu isolamento do ambiente externo (Simões et al., 2015), o que é influenciado pela quantidade, estrutura e distribuição de suas entradas (Ferreira, 2004). Os ambientes de maior estabilidade conciliam uma grande projeção horizontal e um número reduzido de entradas, propiciando ao espaço subterrâneo um isolamento extremo em relação ao sistema externo (Ferreira 2004). Considerando-se tais aspectos, a caverna “Meu Rei” pode ser considerada como a cavidade de maior estabilidade dentre as conhecidas no PARNA do Catimbau, pois foi apontada por Azevedo & Bernard (2014) como a cavidade de maior projeção horizontal dentre as 84 conhecidas no PARNA, além de possuir uma única entrada de aproximadamente 11,5 m².

As cavernas com uma única entrada costumam apresentar sistemas fechados com ventilação menos eficiente do que as de sistemas abertos (Smithson, 1991). Os sistemas abertos, característicos de cavernas com múltiplas entradas, são mais ventilados, com temperaturas que diminuem no verão e aumentam no inverno a partir da área de entrada (Wigley e Brown, 1976). A caverna “Meu Rei”, como uma caverna com uma única entrada, se enquadra como um sistema fechado com mínima circulação de ar, o que propicia as condições ambientais constantes de seu interior.

A caverna “Meu Rei” e as hot caves

Na região Neotropical, as *hot caves* têm sido apontadas como abrigos climaticamente estáveis (De La Cruz, 1992), se distinguindo de outros tipos de cavidades pela presença de uma população de animais que modificam radicalmente as condições ecológicas (De La Cruz, 1992). Essas cavernas são relatadas no México (Dalquest e Hall, 1949), Cuba (Tejedor et al., 2005), Venezuela (De La Cruz, 1992) e na região do Caribe (Rivera-Marchand e Rodríguez-Durán, 2001; Tejedor et al., 2005). Recentemente sua existência foi sugerida para o Brasil por Ladle et al. (2012), baseando-se em evidências fósseis (Czaplewski e Cartelle, 1998) e estudos em cavernas do nordeste do país (Estrada-Penã et al., 2004).

As *hot caves* apresentam características físicas distintas, como baixa circulação de ar, temperatura constante entre 28 – 40 °C durante todo o ano, umidade superior a 90% e entradas pequenas (Silva Taboada, 1979; De La Cruz, 1992), tendo geralmente uma entrada única (Ladle et al., 2012). Algumas dessas características são verificadas na caverna “Meu Rei”, que possui uma única entrada de pequena dimensão e consequentemente baixa circulação de ar, mas suas características climáticas não são fiéis ao conhecido para este tipo de caverna. A temperatura média na câmara mais profunda da caverna ultrapassa os 28 °C mínimos descritos para *hot caves* e, mesmo com as variações registradas durante o monitoramento, a menor temperatura registrada esteve próxima do valor mínimo. Embora a umidade dessa mesma câmara tenha ultrapassado os 97%, o valor médio foi inferior a 90%, não sendo constantemente elevada. Já na câmara do meio as médias tanto de temperatura quanto de umidade não refletem as características climáticas de *hot caves*, embora tenha sido registrado o valor máximo de 98,11% de umidade.

Embora a caverna “Meu Rei” não apresente todas as características apontadas por De La Cruz (1992) para ser enquadrada como um *hot cave*, é notável que a dinâmica climática verificada neste abrigo seja similar a tais cavernas. As características estruturais e biológicas são compatíveis com o conhecido para *hot caves*, apresentando uma única entrada de tamanho reduzido e abrigando uma grande comunidade de morcegos, porém as condições climáticas diferem, uma vez que as temperaturas podem ficar abaixo dos 28 °C e a umidade média é inferior a 90%. Porém, é necessário se considerar que os estudos desenvolvidos em *hot caves*, quando incluem alguma caracterização climática, sejam pontuais ou de curto prazo (Rodríguez-Durán e Soto-Centeno, 2004; Tejedor et al., 2005; Dittmar e Mayberry, 2012; Nuñez-novas, 2014),

sendo possível que a longo prazo as variações de temperatura e umidade destas cavernas sejam mais amplas. É possível ainda que os valores de temperatura e umidade aceitados para *hot caves* sejam alcançados somente com a presença de uma grande quantidade de morcegos e, nesse caso, a caverna “Meu Rei” apresentaria condições climáticas idênticas a *hot caves* nos períodos em que sua ocupação é mais intensa.

As condições climáticas de *hot caves* são geradas pelas grandes comunidades de morcegos que se abrigam nestes ambientes, que podem ser compostas por dezenas a centenas de milhares de indivíduos (De La Cruz, 1992). Da mesma forma, os morcegos são capazes de alterar as condições climáticas da caverna “Meu Rei”, o que é demonstrado pela relação positiva entre abundância de morcegos com a temperatura da câmara mais profunda. Essa relação em todos os intervalos de tempo menores que três dias de medições (T3) ressalta a influência das colônias nas condições internas, pois muitas vezes as populações são capazes de migrar em conjunto e desaparecer espontaneamente em um curto espaço de tempo, resultando na retomada das condições climáticas aos padrões normais (De La Cruz, 1992). Sendo assim, os intervalos de tempo mais curtos podem ser considerados expressões mais reais das condições climáticas geradas pela comunidade presente no momento da amostragem.

A elevada temperatura dessas cavernas é causada pela radiação de calor corpóreo de uma alta densidade de morcegos, além da decomposição do guano depositado no substrato do abrigo (Peck et al., 1998). Dessa forma, a concentração de milhares de morcegos na câmara mais profunda da caverna implica em valores mais elevados de temperatura em relação à câmara do meio, uma vez que uma quantidade reduzida de morcegos se abriga nesta porção mediana.

Embora a abundância de morcegos não tenha demonstrado influência sobre a umidade de nenhuma das câmaras da caverna “Meu Rei”, os morcegos podem ser importantes na manutenção da umidade interna. Esse processo geralmente é atribuído a excreção de urina por multidões de morcegos dentro do abrigo (Herreid, 1963), além da perda de água corpórea sofrida por esses animais por evaporação causada pelas altas temperaturas destes ambientes (Baunidette et al. 2000). Entretanto, mesmo com a concentração de morcegos no fundo da caverna e seu potencial de umidificação dessa porção do abrigo, os maiores valores de umidade foram verificados no meio da caverna, o que se explica pela diminuição da umidade relativa do ar em resposta às temperaturas mais elevadas na porção mais profunda (Gillieson, 1996). Embora a concentração de morcegos no meio da caverna seja pequena, sua umidade elevada é possível pela

defecação e secreção de urina durante a passagem dos animais durante os movimentos de saída e retorno do abrigo, mas sem uma concentração de indivíduos que elevem a temperatura tanto quanto no fundo da caverna e resulte na perda dessa umidade.

Além da fisiologia, o comportamento dos morcegos também pode ser uma fonte de modificação das condições climáticas de uma caverna. A movimentação dos morcegos pode atuar como fonte de circulação de ar, como sugerido por Dittmar e Mayberry (2010) para a dissipação da temperatura em uma caverna de Porto Rico, onde é relatada a possibilidade de voos exploratórios em câmaras mais superficiais durante os minutos que antecedem a atividade de emergência. No presente estudo, a circulação dos morcegos na câmara do meio (CAD) durante a emergência parece resultar na alteração de sua temperatura, o que pode explicar a relação positiva entre número de morcegos e temperatura dessa câmara no intervalo T15, uma vez que estes animais realizam saídas e entradas em massa no abrigo nesse intervalo de tempo em resposta às variações climáticas externas.

Efeitos das variações no número de morcegos

Considerando-se que os morcegos influenciam as variáveis microclimáticas de seu abrigo, mesmo que cavernas apresentem grande estabilidade em relação ao ambiente externo, é possível se assumir a existência de variações internas em função das flutuações na abundância de quirópteros. As variações microclimáticas tendem então a ser maiores na região da caverna que abriga a maior quantidade de morcegos, caso essa comunidade apresente flutuações. Os dados obtidos na caverna “Meu Rei” fortalecem essa hipótese, demonstrando uma maior variação mensal da temperatura e umidade do fundo da caverna, além de maior amplitude de variação em relação ao meio. Portanto, a grande flutuação na quantidade de morcegos abrigados na caverna ao longo do ano pode ser apontada como o principal motivo para as variações do clima interno.

O número estimado de morcegos abrigados na caverna “Meu Rei” variou de 285 a 128986 indivíduos, tendo um aumento de mais de 450 vezes entre a menor e maior estimativa. Essa elevada flutuação na comunidade abrigada na caverna está relacionada negativamente com as mudanças no ambiente externo, especificamente com as variações de temperatura no intervalo de 15 dias (T15), influenciando a abundância estimada de morcegos.

Os morcegos cavernícolas são frequentemente considerados fiéis aos seus abrigos, mas uma colônia pode se alternar na utilização de um pequeno número de sítios

(Altringham 1996). Esses eventos são geralmente relacionados com migrações em resposta a mudanças climáticas (Root, 2003), pois essas alterações têm impactos consideráveis sobre os limites de distribuição de espécies endotérmicas (Humphries et al., 2002). Por apresentarem um potencial de deslocamento exclusivo entre os mamíferos, através do voo, a realocação de morcegos em resposta à mudança climática é facilitada (Scheel et al., 1996), potencializando deslocamentos em respostas às alterações em curtos prazos.

A variação climática externa é importante para o deslocamento desses morcegos, mas não pode ser considerado o único fator que influencia neste processo. A mudança de abrigo pode resultar custos potenciais de tempo e energia para encontrar um novo local adequado (Alcock, 1989), mas é um movimento importante para morcegos por diversos fatores, como garantir a disponibilidade contínua de recursos alimentares (Maddock, 1979) ou responder às mudanças microclimáticas (Kunz, 1982). A determinação do uso de um abrigo depende do microclima da caverna, da disponibilidade de alimento e dos requisitos fisiológicos dos morcegos (Altringham, 1996).

Espécies e condições microclimáticas

As cavernas podem apresentar uma variedade de microclimas que fornecem condições para a colonização por várias espécies, pois cada espécie possui seus próprios requisitos para permanência no abrigo (Altringham, 1996). A família Mormoopidae é o principal táxon associado as *hot caves* na região neotropical, as quais são frequentemente compartilhadas com morcegos da família Natalidae (Ladle, 2012), sendo bons exemplos da existência de preferências espécie-específicas. Torres-Flores e López-Wilchis (2010) relatam as preferências de *Natalus stramineus* nas cavernas do México, que está mais frequentemente associada ao mormopídeo *Pteronotus parnellii*. As espécies demonstraram preferência pela parte mais profunda das cavernas e possibilidade de sobreposição de microclima, embora *P. parnellii* seja mais restritiva, se abrigando em temperaturas superiores a 27°C e umidade próxima a 100%, enquanto *N. stramineus* se abriga em condições de temperatura entre 25 a 30°C e umidade superior a 70%. Porém, há divergência quanto ao local preferencial de permanência na câmara, com *P. parnellii* se abrigando na grande câmara principal, enquanto *N. stramineus* permanece nas partes inferiores das paredes e em tetos inclinados, evitando o contato ventral com o substrato. Considerando-se as preferências restritivas do microclima por

mormopídeos apresentadas por Torres-Flores e López-Wilchis (2010), as movimentações de abandono da caverna “Meu Rei” podem ser reflexo das mudanças do microclima causadas pela população abundante de *P. gymnonotus*, que representa quase a totalidade dos morcegos da caverna, seja com o aumento exacerbado da temperatura ou diminuição da umidade pela temperatura elevada.

Os abrigos diurnos utilizados por morcegos apresentam grandes variações no número de indivíduos, encontrando-se desde animais solitários até grandes agregações (Kunz, 1982), mas algumas espécies podem formar associações temporárias (Wilkinson, 1985). A intensificação no uso de cavernas durante períodos reprodutivos também pode ser um dos motivos para as grandes variações do tamanho da comunidade da caverna “Meu Rei”. As fêmeas reprodutoras podem formar agregações conhecidas como colônias de maternidade (Kunz, 1982), que são capazes impactar o microclima da caverna e elevar a temperatura da cavidade em até 10°C (Altringham, 1996). Como as demandas energéticas de fêmeas são elevadas durante a gestação e lactação (Kurta et al. 1990), a escolha de abrigos que permitam o agrupamento dos morcegos e consequente economia energética de termorregulação (Trune e Slobodchikoff, 1976) pode ser um dos mecanismos mais eficientes para minimizar os custos do investimento em reprodução (Zahn, 1999).

A maioria das espécies de morcegos apresenta uma reprodução estacional, com o nascimento dos filhotes ocorrendo em um período mais favorável para sua sobrevivência (Taddei, 1980). Nas regiões tropicais é comum que este período de nascimentos corresponda ao período de maior pluviosidade, mesmo que o clima e disponibilidade de alimentos nestas regiões sejam menos restritivos que em regiões temperadas, demonstrando algum nível de sazonalidade (Hutson et al., 2001). Além da sincronia com a pluviosidade, a temperatura também pode influenciar o período reprodutivo de morcegos, podendo ser até mesmo mais importante do que a disponibilidade de alimentos, como descrito por Mello et al. (2009) para a espécie frugívora *Sturnira lilium*.

A atividade reprodutiva de morcegos insetívoros depende da disponibilidade de insetos, não sendo restrita a um determinado período caso a disponibilidade seja constante, mesmo em períodos de baixas temperaturas ou elevados níveis de precipitação (Syme et al., 2001). Contudo, em áreas que apresentam uma estação seca pronunciada a abundância de insetos é relativamente baixa nesses períodos (Fogden, 1972), sendo este um padrão verificado também na Caatinga, onde a maior abundância

de quase todas as ordens de insetos é verificada durante a estação chuvosa (Vasconcellos et al., 2010).

A disponibilidade de alimentos para morcegos fitófagos também é regulada por padrões climáticos, sendo que ambientes extremos apresentam maior concentração na disponibilidade de flores e frutos durante a estação chuvosa (Barbosa et al., 2003). Embora os padrões fenológicos de frutificação da Caatinga sejam pouco conhecidos, a maior parte das espécies parece frutificar na estação úmida (Griz e Machado, 2001), enquanto a oferta de recursos florais permanece durante todo o ano (Quirino e Machado, 2014).

Embora a abundância de morcegos responda às variações de temperatura e pluviosidade externa, é possível que estes não sejam os únicos responsáveis pelas mudanças na intensidade de utilização do abrigo. Os resultados aqui apresentados ressaltam a necessidade de incluir aspectos biológicos no monitoramento, que também podem influenciar na ocupação da caverna, como a disponibilidade de alimentos e atividade reprodutiva anual. Dessa forma, é possível se determinar se as variáveis climáticas externas influem direta ou indiretamente na comunidade de morcegos.

Agradecimentos

Ao CNPq e Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza pelo financiamento do projeto. Ao PELD Catimbau pelo apoio logístico em campo. Aos integrantes do Laboratório de Ciência Aplicada à Conservação da Biodiversidade pelo auxílio na coleta de dados. À equipe do Voxar Labs pelo apoio técnico no desenvolvimento do sistema. À Facepe pela bolsa concedida ao primeiro autor.

Referências

- ALCOCK, J. 1989. *Animal behavior*. 4 ed. Sinauer, Sunderland.
- ALTRINGHAM, J.D. 1996. *Bats, biology and behavior*. Oxford Univ. Press, Oxford, 262p.
- AZEVEDO, I.S. E BERNARD, E. 2015. Avaliação do nível de relevância e estado de conservação da caverna “Meu Rei” no PARNA Catimbau, Pernambuco. *Revista Brasileira de Espeleologia*, 1(5): 1-23.
- BARBOSA, D.C.A., BARBOSA, M.C.A. E LIMA, L.C.M. 2003. Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga. Pp. 657-694, em: *Ecologia e Conservação da Caatinga* (LEAL I.R, TABARELLI M. E SILVA J.M.C., Eds). Editora Universitária da UFPE, Recife, 822p.

- BAUNIDETTE, R.V., CHURCHILL, S.K., CHRISTIAN, K.A., NELSON, J.E. E HUDSON, P.J. 2000. Energy, water balance and the roost microenvironment in three Australian cave-dwelling bats (Microchiroptera). *Journal of Comparative Physiology B*, 170(5): 439-446.
- BUTCHART S.H.M., WALPOLE, M., COLLEN, B., STRIEN, A.V., SCHARLEMANN, J.P.W., ALMOND, R.E.A., BAILLIE, J.E.M., BOMHARD, B., BROWN, C., BRUNO, J., CARPENTER, K.E., CARR, G.M., CHANSON, J., CHENERY, A.M., CSIRKE, J., DAVIDSON, N.C., DENTENER, F., FOSTER, M., GALLI, A., GALLOWAY, J.N., GENOVESI, P., GREGORY, R.D., HOCKINGS, M., KAPOS, V., LAMARQUE, J.F., LEVERINGTON, F., LOH, J., MCGEOCH, M.A., MCRAE, L., MINASYAN, A., MORCILLO, M.H., OLDFIELD, M.E.E., PAULY, D., QUADER, S., REVENGA, C., SAUER, J.R., SNOLNIK, B., SPEAR, D., STANWELL-SMITH, D., STUART, S.N., SYMES, A., TIERNEY, M., TYRRELL, T.D., VIÉ, J.C. E WATSON, R. 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science*, 328(5982):1164-1168.
- CIAPUTA, P. E SIERAKOWSKI, K. 1999. Long-term population changes of Adélie, chinstrap, and gentoo penguins in the regions of SSSI No. 8 and SSSI No. 34, King George Island, Antarctica. *Polar Research*, 20:55–365.
- CROXALL, J.P., TRATHAN, P.N. E MURPHY, E.J. 2002. Environmental change and Antarctic seabird populations. *Sci.* 297:1510-1514. DOI: 10.1126/science.1071987
- CULVER, D.C. 1986. Cave faunas. Pp. 427-443, em: *Conservation biology, the science of scarcity and diversity* (SOULÉ, M.E., Ed.). Sinauer, Sunderland.
- CZAPLEWSKI, N.J. E CARTELLE, C. 1998. Pleistocene bats from cave deposits in Bahia, Brazil. *Journal of Mammalogy*, 79:784–803.
- DALQUEST, W.W. E HALL, E.R. 1949. Five bats new to the known fauna of Mexico. *Journal of Mammalogy*, 30:424–427.
- DE LA CRUZ, J. 1992. Bioecologia de las grutas de calor. *Mundos Subterráneos*, 3:7–22.
- DITTMAR, K. E MAYBERRY, J.R. 2010. Bat activity in large roosts drives diurnal cave microclimate variation. *Speleobiology Notes*, 2: 12-14.
- ENTWISTLE, A. C., RACEY, P. A. E SPEAKMAN, J. R. 1997. Roost selection by the brown long-eared bat (*Plecotus auritus*). *Journal of Applied Ecology*, 34: 399-408.
- ESBÉRARD, C.E.L. E BERGALLO, H.G. 2004. Aspectos sobre a biologia de *Tonatia bidens* (Spix) no estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(2): 253-259.

- ESTRADA-PENÃ, A., VENZAL, J.M., BARROS-BATTESTI, D.M., ONOFRIO, V.C., TRAJANO, E. E FIRMINO, J.V.L. 2004. Three new species of Antricola (Acari: Argasidae) from Brazil, with a key to the known species in the genus. *Journal of Parasitology* 90:490–498.
- FARIAS, G.B. 2009. Aves do Parque Nacional do Catimbau, Buíque, Pernambuco, Brasil. *Atualidades Ornitológicas* 147: 36-39.
- FERREIRA, R.L. 2004. A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da vida silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG.
- FERREIRA, R. L. E MARTINS, R. P. 1998. Diversity and distribution of spiders associated with bat guano piles in Morrinho cave (Bahia State, Brazil). *Biodiversity Research [S.l.]*, 4: 235-241.
- FLEMING, T. H. 1988. The short-tailed fruit bat: a study in plant-animal interactions. The University of Chicago Press, Chicago.
- FOGDEN, M.P.L. 1972. The seasonality and population dynamics of equatorial forest birds in Sarawak. *Ibis*, 114: 307-43.
- GARDNER, A. L. 1977. Feeding habits. Pp. 293-350, em: *Biology of bats of the New World family Phyllostomatidae* (BAKER, R. J. JONES JR., J. K. E CARTER, D. C., Eds.). Special Publication of the Museum, Texas Tech University, Texas.
- GILLIESON, D. 1996. *Caves: processes, development, management*. Blackell. 324p.
- GRIZ, L.M.S. E MACHADO, I.C.S. 2001. Fruit phenology and seed dispersal syndromes in Caatinga, a tropical dry forest in the Northeastern of Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 17:303-321.
- HAPPOLD, D.C.D. E HAPPOLD, M. 1990. The domiciles, reproduction, social organisation and sex ratios of the banana bat *Pipistrellus nanus* (Chiroptera, Vespertilionidae) in Malawi, Central Africa. *Zeitschrift fur Säugetierkunde*, 55: 145-160.
- HERREID, C.F. 1963. Temperature regulation of Mexican Free-tailed bats in cave habitats. *Journal of Mammalogy*, 44(4): 560-573.
- HUMPHRIES, M.M., THOMAS, D.W. E SPEAKMAN, J.R. 2002. Climate-mediated energetic constraints on the distribution of hibernating mammals. *Nature*, 418: 313–316.

- HUTSON, A.M., MICKLEBURGH, S.P. E RACEY, P.A. 2001. Microchiropteran bats: global status survey and conservation action plan. IUCN/ SSC Chiroptera Specialist Group. Gland, Suíça and Cambridge, Reino Unido. X + 258 p.
- JONES, G., JACOBS, D.S., KUNZ, T.H., WILLIG, M.R. E RACEY, P.A. 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endanger. Species Research*, 8: 93-115.
- KUNZ, T.H. 1982. Roosting ecology of bats. Pp.1-55, em: *Ecology of bats* (KUNZ, T.H., Ed.). New York, Plenum Press, 425p.
- KUNZ, T.H. E LUMSDEN, L. F. 2003. Ecology of cavity and foliage roosting bats. Pp. 3-89, em: *Bat ecology* (KUNZ, T.H. E FENTON, M.B., Eds.). University of Chicago Press, Chicago.
- KURTA, A., BELL, G.R., NAGY, K.A. E KUNZ, T.H. 1989. Energetics of pregnancy and lactation in freeranging little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Physiological Zoology*, 62,804-818.
- LADLE, R.J., FIRMINO, J.V.L., MALHADO, A.C.M. E RODRÍGUEZ-DURÁN, A. 2012. Unexplored diversity and conservation potencial of Neotropical Hot Caves. *Conservation Biology*, 26(6): 978-982.
- LEWIS, S. E. 1996. Low roost-site fidelity in pallid bats: associated factors and effect on group stability. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 39: 335-344.
- MADDOCK, L. The 'migration' and grazing succession. Pp. 104-129, em: *Serengeti: dynamics of an ecosystem* (SINCLAIR, A. R. E. E NORTON-GRIFFITHS, M., Eds.). University of Chicago Press, Chicago..
- MELLO, M.A.R., KALKO, E.K.V. E SILVA, W.R. 2009. Ambient temperature is more important than food availability in explaining reproductive timing of the bat *Sturnira lilium* (Mammalia: Chiroptera) in a montane Atlantic Forest. *Canadian Journal of Zoology*, 87: 239–245.
- MILLAR, C.D., SUBRAMANIAN, S., HEUPINK, T.H., SWAMINATHAN, S., BARONI, C. E LAMBERT, D.M. 2012. Adelie penguins and temperature changes in Antarctica: a long-term view. *Integr. Zool.* 7(2):113-120.
- NOGUEIRA, M.R., LIMA, I.P., MORATELLI, R., TAVARES, V.C., GREGORIN, R. E PERACCHI, A.L. 2014. Checklist of Brazilian bats, with comments on original records. *Check List*, 10(4): 808-821.
- NUÑEZ-NOVAS, M.S., LEÓN, Y.M., MATEO, J. E DÁVALOS, L.M. 2014. Horas de éxodo y estacionalidad de los murciélagos em cuatro cuevas de República Dominicana. *Novitates Caribaea*, 7: 83-94.

- PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – PBMC. 2014. Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas (Ambrizzi, T., Araujo, M., Eds.). COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 464 pp.
- PECK, S., BALIU, A.R. E GONZALEZ, G.G. 1998. The caveinhabiting beetles of Cuba (Insecta: Coleoptera): diversity, distribution and ecology. *Journal of Caves and Karst Studies*, 60: 156-165.
- QUIRINO, Z.G.M. E MACHADO, I.C. 2014. Pollination syndromes in a Caatinga plant community in northeaster Brazil: seasonal availability of floral resources in diferente plant growth habits. *Brazilian Journal of Biology*, 74(1): 62-71.
- REIS, A.C. 1976. Clima da Caatinga. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 48: 325-335.
- REIS, N.R., SHIBATTA, A.O., PERACCHI, A.L., PEDRO, W.A. E LIMA, I.P. 2007. Sobre os morcegos brasileiros. Pp. 17-24, em: *Morcegos do Brasil* (REIS, N.R., PERACCHI, A.L., PEDRO, W.A. E LIMA, I.P., Eds). Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- RIVERA-MARCHAND, B. E RODRÍGUEZ-DURÁN, A. 2001. Preliminary observations on the renal adaptations of bats roosting in hot caves in Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science*, 37:272–274.
- RODRÍGUEZ-DURÁN, A. E SOTO-CENTENO, J.A. 2003. Temperature selection by tropical bats roosting in caves. *Journal of Thermal Biology*, 28: 465-468.
- ROOT, T.L., PRICE, J.T., HALL, R.K., SCHNEIDER, S.H., ROSENZWEIG, C. E POUNDS, J.A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421: 57–60.
- SCHEEL, D., VINCENT, T.L.S. E CAMERON, G.N. 1996. Global warming and the species richness of bats in Texas. *Conservation Biology*, 10: 452–464.
- SILVA JUNIOR, E.D. 2013. Levantamento do potencial geoturístico do Parque Nacional do Catimbau-PE como subsídio para criação de um futuro geoparque. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE.
- SILVA TABOADA, G. 1979. *Los murciélagos de Cuba*. Editorial Academia, Havana.
- SMITHSON, P.A. 1991. Inter-relationships between cave and outside air temperatures. *Theoretical and Applied Climatology*, 44(1): 65-73.

- SIMMONS, N.B. 2005. Chiroptera. Pp. 312-529, em: Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference (WILSON, D.E. E REEDER, D.M., Eds.). Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- SIMÕES, M.H., SOUZA-SILVA, M. E FERREIRA, R.L. 2015. Cave physical attributes influencing the structure of terrestrial invertebrate communities in Neotropics. *Subterranean Biology*, 16: 103-121.
- SNE – SOCIEDADE NORDESTINA DE ECOLOGIA. 2002. Projeto técnico para a criação do Parque Nacional do Catimbau/PE. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco – SECTMA, Recife.
- SYME, D.M., FENTON, M.B. E ZIGOURIS, J. 2001. Roosts and food supplies ameliorate the impact of a bad summer on reproduction by the bat *Myotis lucifugus* LeConte (Chiroptera: Vespertilionidae). *Ecoscience*, 8: 18–25.
- TADDEI, V. A. 1980. Biologia reprodutiva de Chiroptera: Perspectivas e problemas. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas/Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, *Bol. Inter-Facies II*, 6: 1-18.
- TEJEDOR, A., TAVARES, V. E RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, D. 2005. New records of hot-cave bats from Cuba and the Dominican Republic. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, 39:10–15.
- TORRES-FLORES, J.W. E LÓPEZ-WILCHIS, R. 2010. Condiciones microclimáticas, hábitos de percha y especies asociadas a los refugios de *Natalus stramineus* em México. *Acta Zoológica Mexicana*, 26(1): 191-213.
- TRAJANO, E. 1984. Ecologia de populações de morcegos cavernícolas em uma região cárstica do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 2(5): 255-320.
- TRUNE, D. R. E SLOBODCHIKOFF, C. N. 1976. Social effects of roosting on the metabolism of the pallid bat (*Antrozous pallidus*). *Journal of Mammalogy*, 57: 656-663.
- VASCONCELLOS, A., ANDREAZZE, R., ALMEIDA, A.M., ARAUJO, H.F.P., OLIVEIRA, E.S. E OLIVEIRA, U. 2010. *Revista Brasileira de Entomologia*, 54(3): 471-476.
- WIGLEY, T.M.L., BROWN, M.C. 1976. The physics of caves. Pp. 329-358, em: The science of speleology (CULLINGFORD, C.H.D. E FORD, T.D., Eds.). Academic Press, London.
- WILKINSON, G. S. 1985. The social organization of the common vampire bat. I. Pattern and cause of association. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 17: 111-121.

ZAHN, A. 1999. Reproductive success, colony size and roost temperature in attic-dwelling bat *Myotis myotis*. *Journal of Zoology*, 247: 275–280.

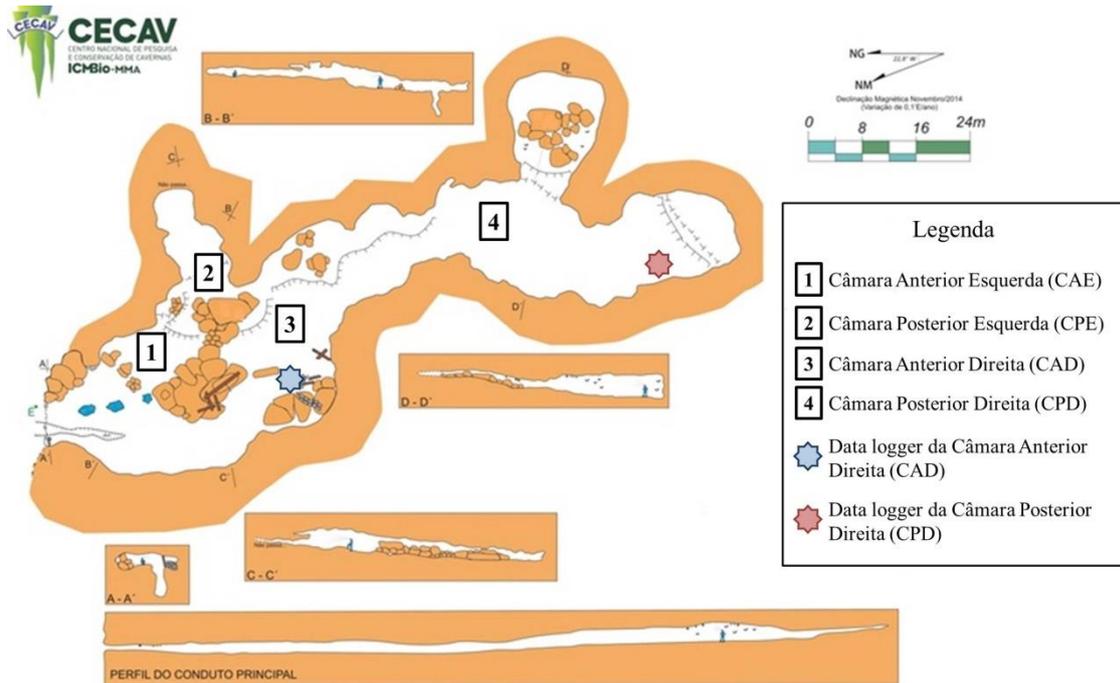


Figura 1. Esquema da caverna “Meu Rei” com a distribuição das câmaras e localização dos *data loggers*. Adaptado do Croqui elaborado pelo CECAV (2015).

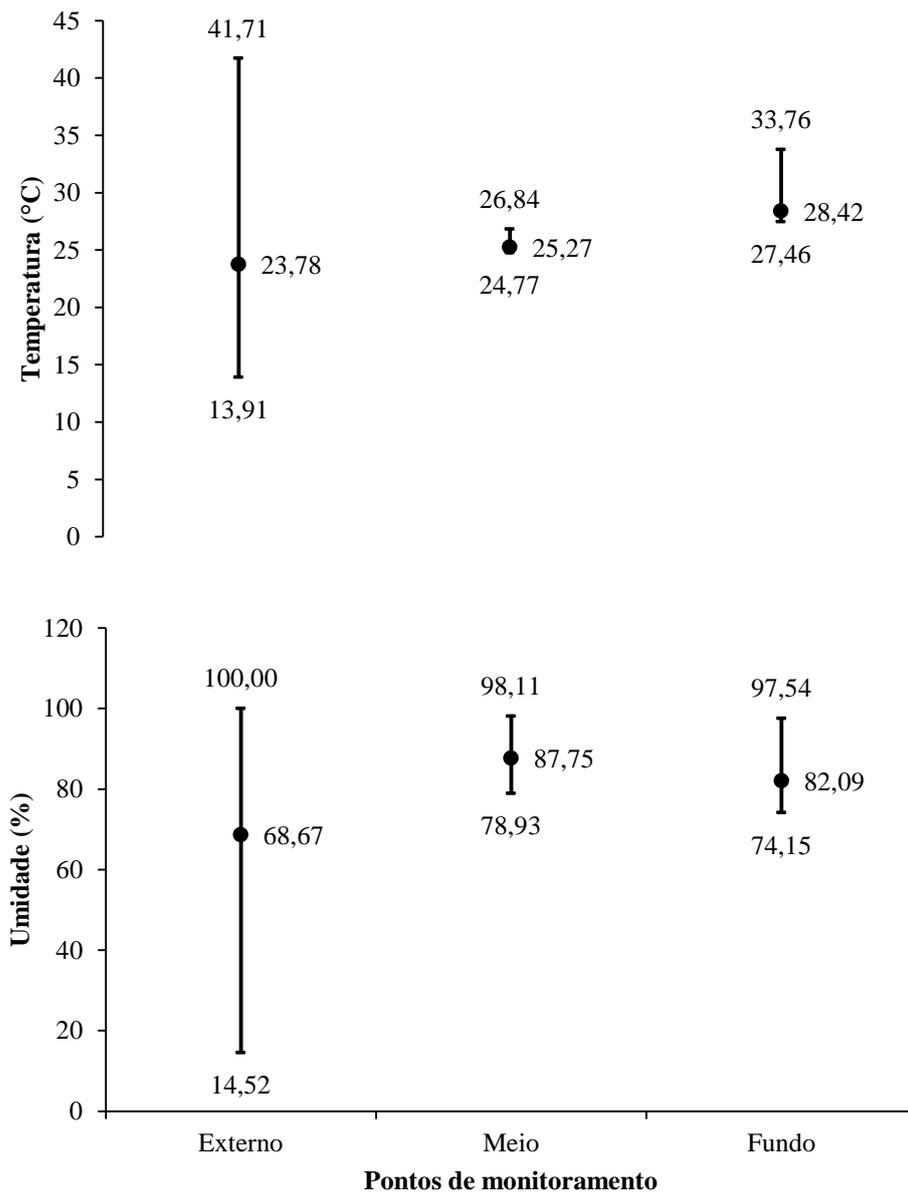


Figura 2. Amplitude de variação de temperatura (acima) e umidade (abaixo) interna e externa na caverna “Meu Rei”, no PARNA do Catimbau, Pernambuco, medidas entre 01 de Outubro de 2014 e 30 de Setembro de 2015. Os círculos preenchidos representam o valor médio.

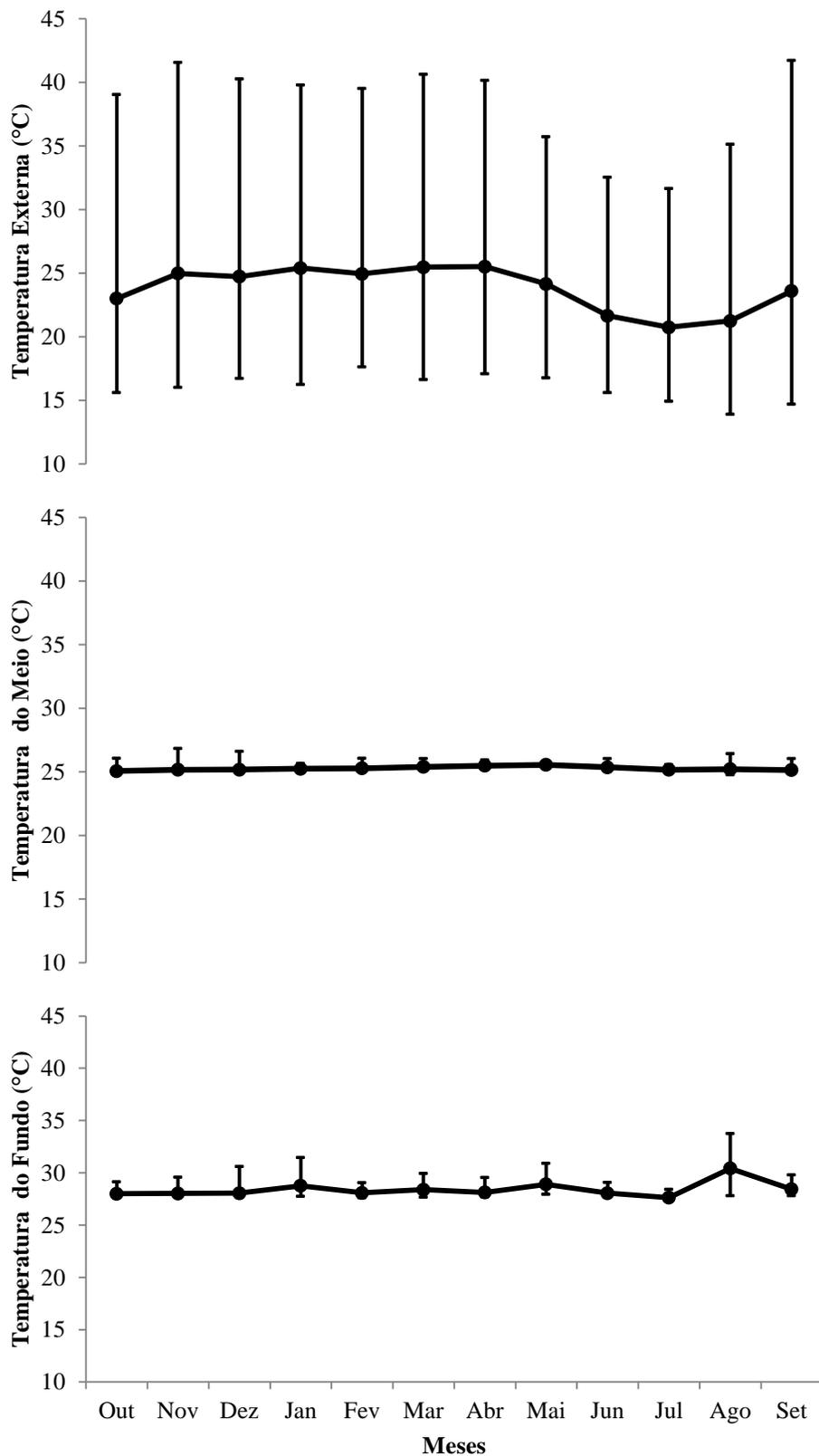


Figura 3. Variação anual da temperatura média externa (acima) e interna das câmaras do meio (centro) e do fundo (abaixo) na caverna “Meu Rei” no PARNA do Catimbau, Pernambuco, medidas entre 01 de Outubro de 2014 e 30 de Setembro de 2015. Os círculos preenchidos representam o valor médio.

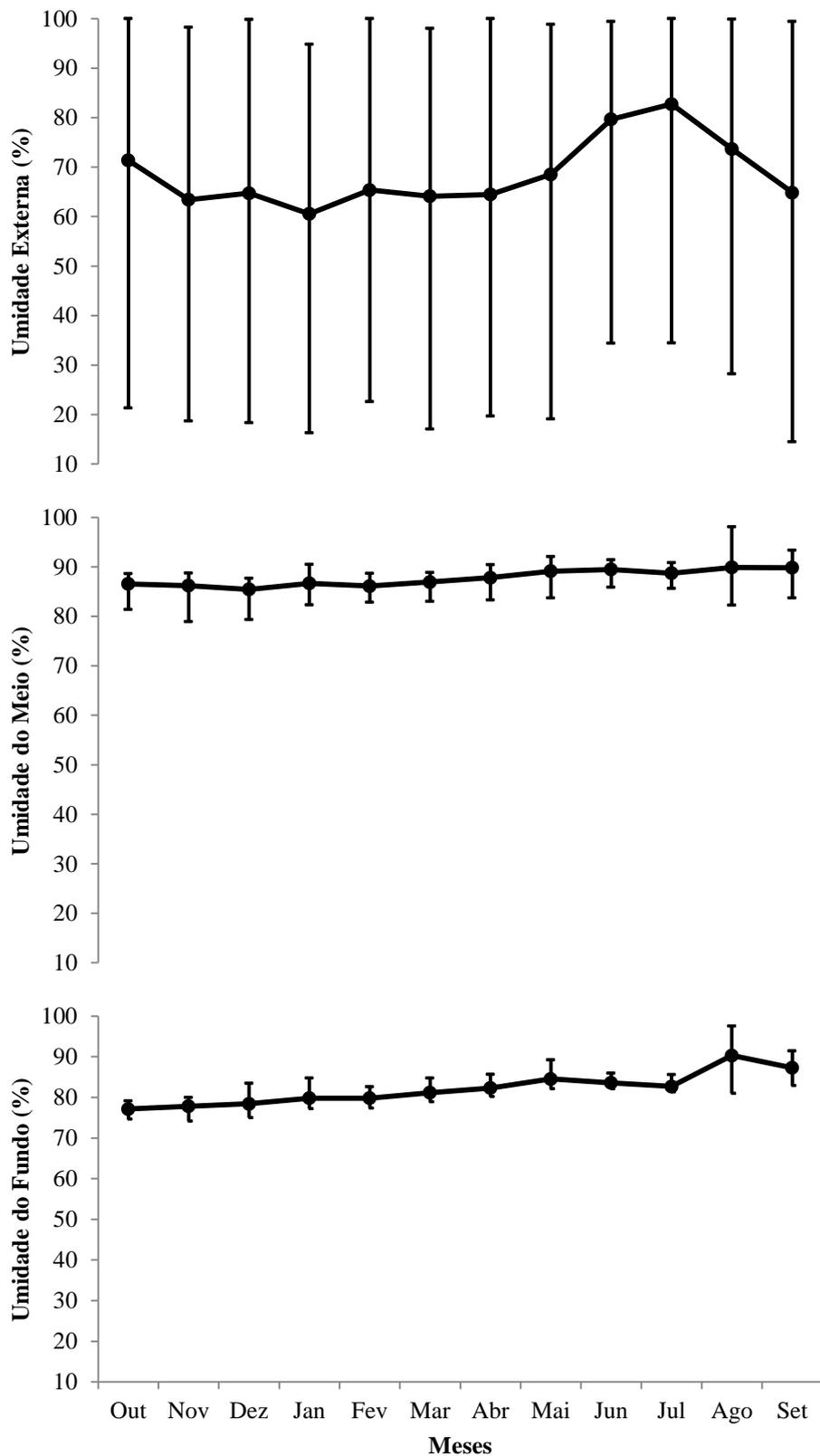


Figura 4. Variação anual da umidade média externa (acima) e interna das câmaras do meio (centro) e do fundo (abaixo) na caverna “Meu Rei” no PARNA do Catimbau, Pernambuco, medidas entre 01 de Outubro de 2014 e 30 de Setembro de 2015. Os círculos preenchidos representam o valor médio.

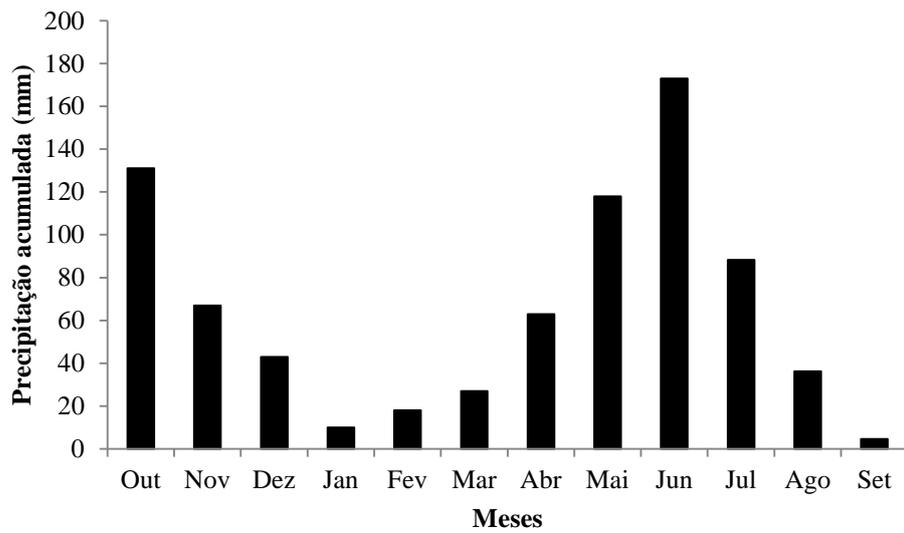


Figura 5. Precipitação mensal acumulada entre outubro de 2014 e setembro de 2015 para o município de Ibimirim, Pernambuco, medidas entre 01 de Outubro de 2014 e 30 de Setembro de 2015.

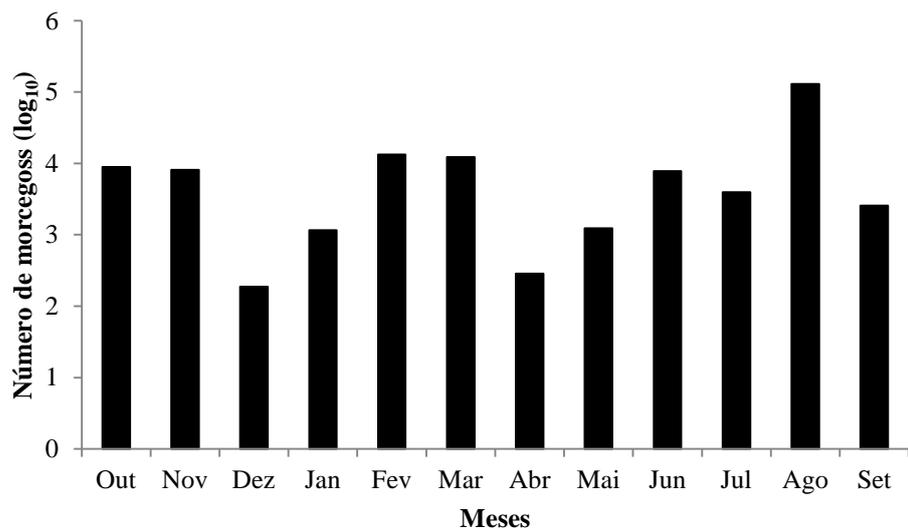


Figura 6. Variação mensal do número estimado de morcegos na caverna “Meu Rei” no PARNA do Catimbau, Pernambuco, com estimativas realizadas entre 01 de Outubro de 2014 e 30 de Setembro de 2015.

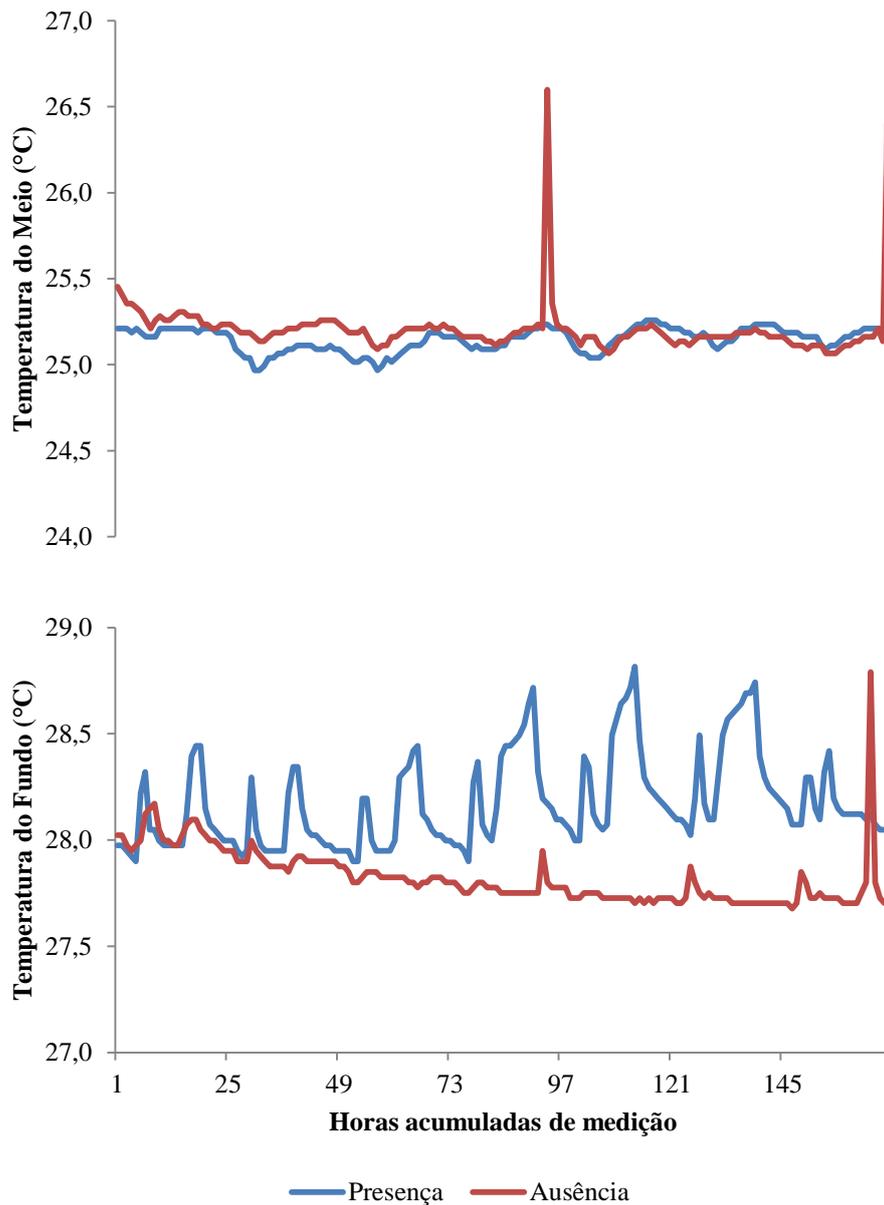


Figura 7 Variação de temperatura no meio (acima) e fundo (abaixo) da caverna em períodos com presença (29 de novembro a 5 de dezembro de 2014) e ausência (7 a 13 de dezembro de 2014) de morcegos na caverna “Meu Rei” no PARNA do Catimbau, Pernambuco.

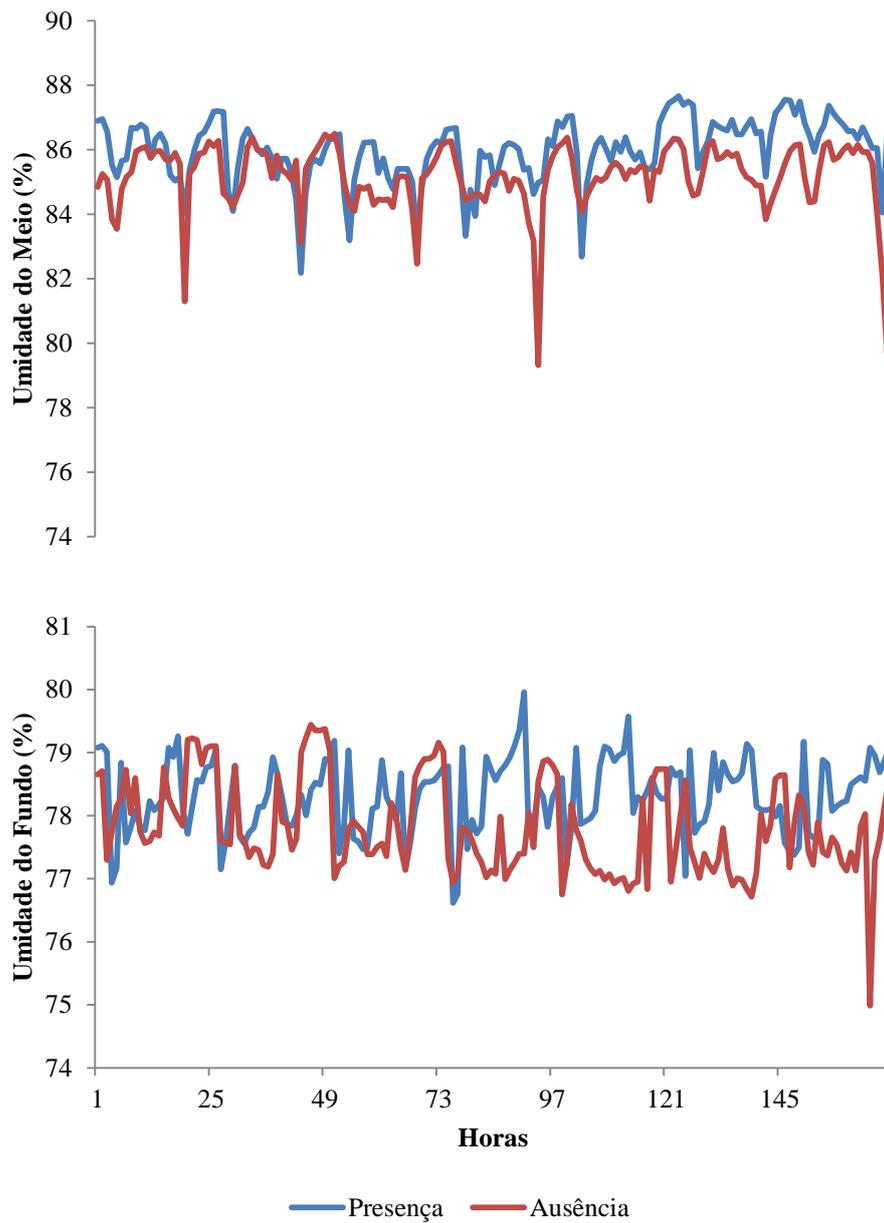


Figura 8. Variação de umidade no meio (acima) e fundo (abaixo) da caverna em períodos com presença (29 de novembro a 5 de dezembro de 2014) e ausência (7 a 13 de dezembro de 2014) de morcegos na caverna “Meu Rei” no PARNA do Catimbau, Pernambuco.

Tabela 1. Transformação em valores logarítmicos na base 10 (\log_{10}) do número de morcegos estimado mensalmente entre Outubro de 2014 e Setembro de 2015 na caverna “Meu Rei”, Parque Nacional do Catimbau, Tupanatinga, Pernambuco.

Mês	Número estimado de morcegos (x)	$\log_{10}(x)$
Outubro de 2015	8890	3,95
Novembro de 2015	8087	3,91
Dezembro de 2015	188	2,27
Janeiro de 2016	1163	3,07
Fevereiro de 2016	13260	4,12
Março de 2016	12318	4,09
Abril de 2016	285	2,45
Mai de 2016	1231	3,09
Junho de 2016	7818	3,89
Julho de 2016	3976	3,60
Agosto de 2016	128986	5,11
Setembro de 2016	2575	3,41

Tabela 2. Regressões múltiplas em diferentes intervalos de tempo entre variáveis climáticas externas (temperatura, umidade e pluviosidade) e abundância estimada de morcegos presentes na caverna “Meu Rei”, no Parque Nacional do Catimbau, Tupanatinga, Pernambuco medidas entre 01 de Outubro de 2014 e 30 de Setembro de 2015. Text – Temperatura externa; Uext – Umidade externa; Pluvio – Pluviosidade; TM – Intervalo de tempo do Mês de filmagem; T30 – Intervalo de tempo de 30 dias antes da filmagem; T15 – Intervalo de tempo de 15 dias antes da filmagem; T7 – Intervalo de tempo de sete dias antes da filmagem; T5 – Intervalo de tempo de cinco dias antes da filmagem; T3 – Intervalo de tempo de três dias antes da filmagem; T1 – Intervalo de tempo de um dia antes da filmagem; TD – Intervalo de tempo do dia da filmagem; Coef.– Coeficiente padronizado.

Intervalo	R ²	p	Text	Uext	Pluvio
TM	0,2843	0,4186	Coef. = -0,6625 p = 0,3302	Coef. = -0,0630 p = 0,9151	Coef. = -0,2719 p = 0,4863
T30	0,4578	0,1596	Coef. = -0,3946 p = 0,6596	Coef. = 0,5109 p = 0,6388	Coef. = -0,5060 p = 0,2883
T15	0,4912	0,1267	Coef. = -0,7716 p = 0,0267	Coef. = 0,0820 p = 0,7972	Coef. = -0,2469 p = 0,4883
T7	0,3185	0,3554	Coef. = -0,2337 p = 0,8470	Coef. = 0,3100 p = 0,8219	Coef. = -0,4877 p = 0,3850
T5	0,2633	0,4599	Coef. = -0,3712 p = 0,7454	Coef. = 0,1814 p = 0,8869	Coef. = -0,3366 p = 0,4773
T3	0,3177	0,3570	Coef. = -0,6396 p = 0,4127	Coef. = -0,2563 p = 0,7374	Coef. = -0,4356 p = 0,1771
T1	0,4104	0,2154	Coef. = 0,0062 p = 0,9943	Coef. = 0,3555 p = 0,6827	Coef. = -0,5058 p = 0,1032
TD	0,2211	0,5489	Coef. = -0,3020 p = 0,5551	Coef. = -0,0148 p = 0,9792	Coef. = 0,2953 p = 0,4516

Tabela 3. Regressões simples em diferentes intervalos de tempo entre variáveis climáticas internas da caverna (temperatura do meio, temperatura do fundo, umidade do meio e umidade do fundo) e abundância estimada de morcegos presentes na caverna “Meu Rei”, no Parque Nacional do Catimbau, Tupanatinga, Pernambuco medidas entre 01 de Outubro de 2014 e 30 de Setembro de 2015. Tmeio – Temperatura do meio; Tfundo – Temperatura do fundo; Umeio – Umidade do meio; Ufundo – Umidade do fundo; TM – Intervalo de tempo do Mês de filmagem; T30 – Intervalo de tempo de 30 dias antes da filmagem; T15 – Intervalo de tempo de 15 dias antes da filmagem; T7 – Intervalo de tempo de sete dias antes da filmagem; T5 – Intervalo de tempo de cinco dias antes da filmagem; T3 – Intervalo de tempo de três dias antes da filmagem; T1 – Intervalo de tempo de um dia antes da filmagem; TD – Intervalo de tempo do dia da filmagem; Coef.– Coeficiente padronizado.

Intervalo	Tmeio	Tfundo	Umeio	Ufundo
	R ² = 0,0642	R ² = 0,2078	R ² = 0,0071	R ² = 0,0332
TM	Coef. = -0,2534 p = 0,4267	Coef. = 0,4559 p = 0,1364	Coef. = 0,0841 p = 0,7949	Coef. = 0,1823 p = 0,5706
	R ² = 0,1803	R ² = 0,0226	R ² = 0,0022	R ² = 0,0249
T30	Coef. = -0,4246 p = 0,1689	Coef. = 0,1505 p = 0,6406	Coef. = 0,0473 p = 0,8840	Coef. = 0,1579 p = 0,6241
	R ² = 0,4091	R ² = 0,2027	R ² = 0,1839	R ² = 0,1441
T15	Coef. = -0,6397 p = 0,0251	Coef. = 0,4502 p = 0,1419	Coef. = 0,4289 p = 0,1642	Coef. = 0,3796 p = 0,2236
	R ² = 0,1273	R ² = 0,2253	R ² = 0,0110	R ² = 0,1273
T7	Coef. = -0,3568 p = 0,2549	Coef. = 0,4747 p = 0,1189	Coef. = 0,1049 p = 0,7455	Coef. = 0,3568 p = 0,2549
	R ² = 0,1195	R ² = 0,3058	R ² = 0,0375	R ² = 0,1654
T5	Coef. = -0,3457 p = 0,2710	Coef. = 0,5530 p = 0,0622	Coef. = 0,1936 p = 0,5467	Coef. = 0,4067 p = 0,1895
	R ² = 0,0414	R ² = 0,3822	R ² = 0,0565	R ² = 0,2003
T3	Coef. = -0,2035 p = 0,5259	Coef. = 0,6182 p = 0,0321	Coef. = 0,238 p = 0,4567	Coef. = 0,4476 p = 0,1445
	R ² = 0,0084	R ² = 0,4447	R ² = 0,0703	R ² = 0,2502
T1	Coef. = -0,0916 p = 0,7770	Coef. = 0,6669 p = 0,0178	Coef. = 0,2652 p = 0,4048	Coef. = 0,5002 p = 0,0977
	R ² = 0,0005	R ² = 0,4884	R ² = 0,1346	R ² = 0,2401
TD	Coef. = -0,0215 p = 0,9471	Coef. = 0,6988 p = 0,0114	Coef. = 0,3669 p = 0,2408	Coef. = 0,4850 p = 0,1059

CAPÍTULO 3

(Apresentado nas normas da revista *Acta Chiropterologica* (ISSN 1733-5329))

MORCEGOS DA CAVERNA “MEU REI”: BIOLOGIA E HISTÓRIA NATURAL DE UMA COMUNIDADE DE MORCEGOS CAVERNÍCOLAS NO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU, PERNAMBUCO

Jaire Marinho Torres^{1*} & Enrico Bernard²

¹Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE. Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife/PE, CEP: 50670-901. E-mail: jairemarinho@gmail.com.

²Laboratório de Ciência Aplicada à Conservação da Biodiversidade, Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE. Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife/PE, CEP: 50670-901. E-mail: enricob2@gmail.com.

*Autor para correspondência

Resumo

Os morcegos formam um dos grupos de mamíferos mais amplamente distribuídos do mundo e o segundo grupo de maior riqueza no Brasil. Eles utilizam uma grande variedade de abrigos, porém as cavernas são os mais estáveis e permanentes, podendo abrigar desde pequenos grupos até milhares de morcegos. Menos de 5% das cavernas do Brasil são conhecidas, e dentre as já registradas somente 2% apresentam inventários de morcegos. O conhecimento sobre os morcegos cavernícolas brasileiros é uma grande lacuna a ser preenchida. Este trabalho teve como objetivo caracterizar aspectos da biologia e história natural de morcegos cavernícolas de uma porção do semiárido do Nordeste, abordando-se a composição da comunidade, atividade reprodutiva, guildas e itens alimentares presentes na área de estudo e respostas à perturbações antrópicas. Foram realizadas visitas mensais entre Outubro de 2014 e Setembro de 2015 a uma caverna com uma grande congregação de morcegos no Parque Nacional do Catimbau, em dois dias consecutivos, onde a atividade de emergência dos morcegos foi filmada para a estimativa do número de animais no abrigo. Indivíduos foram capturados com puçá, identificados e sua atividade reprodutiva avaliada. As espécies tiveram sua dieta definida com base no conhecido na literatura e seus potenciais itens alimentares determinados com base em inventários biológicos realizados no PARNA. Foram registradas oito espécies na caverna, sendo quatro delas constantes no abrigo (*Diphylla ecaudata*, *Carollia perspicillata*, *Pteronotus gymnotus* e *Natalus macrourus*). As espécies *N. macrourus* e *Lonchorhina aurita* constam na lista nacional de espécies ameaçadas, categorizadas como vulneráveis. A presença de machos sexualmente ativos foi verificada para sete espécies e fêmeas de cinco espécies foram encontradas com evidências reprodutivas. Cinco guildas alimentares foram representadas na comunidade da caverna estudada: insetívoros, nectarívoros, frugívoros, sanguinívoros e onívoros. Já foram registrados no PARNA ao menos dez recursos em potencial para os morcegos da caverna, sendo quatro espécies vegetais, quatro espécies de aves e uma espécie de morcego. A caverna estudada pode ser considerada um importante abrigo para os morcegos do PARNA, uma vez que apresenta elevada riqueza e abundância de morcegos, incluindo-se sua utilização por morcegos em atividade reprodutiva. As espécies encontradas na caverna são potenciais prestadores de serviços ecossistêmicos e, associando-se ao fato da ocorrência de espécies vulneráveis, sua conservação deve ser priorizada.

Palavras-chave: Abrigos, Chiroptera, guildas, reprodução, serviços ambientais.

Introdução

Os morcegos são um dos grupos de mamíferos mais amplamente distribuídos do mundo, sendo superado somente por humanos e outros mamíferos estritamente associados ao homem (Altringham, 1996). Além da ampla distribuição, a ordem Chiroptera contempla 25% da diversidade de mamíferos conhecidos, formando o segundo maior grupo do mundo (Simmons 2005).

São conhecidas cerca de 1150 espécies de morcegos (Simmons, 2005), sendo as áreas de maior riqueza as regiões mais próximas dos trópicos (Altringham, 1996; Stevens, 2004; Pereira e Palmerin, 2013), com ao menos 249 espécies registradas na América do Sul (Gardner, 2007). No Brasil são registradas 178 espécies, distribuídas em 68 gêneros de nove famílias (Nogueira et al., 2014). Essa riqueza representa cerca de 15% das espécies do mundo (Bernard et al., 2011), colocando os morcegos como a segunda ordem de maior riqueza entre os mamíferos brasileiros, sendo superados somente por Rodentia (Reis et al., 2007).

Embora o Brasil apresente elevada riqueza de morcegos, com considerada representatividade da quiropterofauna mundial, o conhecimento sobre essas espécies ainda apresenta grandes lacunas. Partindo do ponto mais simples, a própria distribuição das espécies não é bem conhecida no território nacional, em grande parte pela grande extensão territorial do país, sendo que somente 10% do território é considerado minimamente amostrado e quase 60% não possuiu um único registro de morcegos (Bernard et al., 2010). Se nem ao menos a distribuição das espécies é conhecida, é de se esperar, portanto, que os conhecimentos sobre a biologia e ecologia das espécies sejam ainda menos representativos.

O conhecimento sobre a história natural de uma espécie possibilita o reconhecimento de seus padrões e mecanismos causais (Ricklefs, 1990), tais como padrões de riqueza, distribuição, abundância relativa, uso de recursos e os processos e mecanismos que geram esses padrões (Pough et al., 2004). Sendo assim, o conhecimento mais aprofundado da história natural das espécies de morcegos pode ser uma das chaves para o entendimento dos padrões de ocorrência no Brasil.

Morcegos apresentam uma elevada diversidade morfológica, fisiológica e biológica, resultante em grande parte de seus hábitos alimentares, que são tão variáveis quanto dos mamíferos como um todo (Altringham, 1996). A variação alimentar de morcegos neotropicais inclui hábitos insetívoros, carnívoros, piscívoros, frugívoros, nectarívoros, onívoros, sanguinívoros (Kalko et al., 1996) e folívoros (Zortéa e Mendes,

1993; Kunz e Ingalls, 1994), todos representados nas espécies ocorrentes no Brasil (Reis et al., 2007). Suas interações alimentares implicam na participação de processos ecológicos com um amplo número de outras espécies e, conseqüentemente, na prestação de serviços ambientais, tais como polinização, dispersão de sementes e controle de populações de insetos (Bernard et al., 2012).

A disponibilidade de alimentos é um dos principais fatores relacionados com a estruturação e organização das guildas de morcegos na região neotropical (Tamsitt, 1967). As regiões mais próximas da linha do Equador apresentam um acréscimo na sua produtividade biológica primária, por conta da alta intensidade luminosa e temperatura, resultando no aumento da quantidade de recursos e no suporte de mais espécies (Altringham, 1996). Mas a disponibilidade de recursos não deve ser considerada como o único fator estruturador dessas comunidades e, segundo Tamsitt (1967), a disponibilidade de abrigos é também um fator importante para morcegos neotropicais.

O hábito de se abrigar influencia na densidade e distribuição local e global de morcegos, além de aspectos de sua ecologia como forrageamento, reprodução, estrutura social e movimentos sazonais (Altringham, 1996). Os morcegos podem utilizar uma grande variedade de abrigos, como ocos de árvores ou superfícies de seus troncos, folhagem, cupinzeiros, cavernas, fendas de rochas e edificações humanas, como forro de casa, sótãos, porões, vãos de dilatação e pontes (Kunz, 1982). Dentre esses, as cavernas são os abrigos mais estáveis e permanentes (Altringham, 1996).

Os morcegos são alguns dos poucos vertebrados que usam cavernas como abrigo permanente (Kunz, 1982), podendo variar de pequenos grupos a milhares de indivíduos (Altringham, 1996). Esses ambientes podem ser ocupados por várias espécies, uma vez que geralmente apresentam uma variedade de formações e microclimas que suprem os requisitos particulares de diferentes espécies (Altringham, 1996), de modo que a estrutura dessas assembleias e sua coexistência são direcionadas por essas preferências espécie-específicas (Rodríguez-Durán e Soto-Centeno, 2003). Embora o conhecimento da dinâmica de morcegos cavernícolas seja essencial para entender a história natural desses grupos, informações sobre os hábitos nesses abrigos parecem ser limitados para populações cavernícolas neotropicais, lacuna há muito tempo já apontada por Trajano (1996).

A necessidade de estudos com comunidades de morcegos cavernícolas apontadas há quase duas décadas por Trajano (1996) foi recentemente demonstrada por Guimarães e Ferreira (2014) para o Brasil, que apontaram que somente 2.17% das

cavernas brasileiras conhecidas possuem inventários sobre morcegos. A baixa proporção das cavernas com quiropterofauna conhecida é ainda mais alarmante quando considerado a quantidade potencial de cavidades do país, pois segundo Piló e Auler (2011) menos de 5% das cavernas existentes já foram identificadas. A Caatinga é o segundo bioma com menor quantidade de inventários de morcegos cavernícolas, sendo que em Pernambuco, o estado com menor quantidade de cavernas conhecidas, somente 7.89% delas possuem informações sobre a quiropterofauna (Guimarães e Ferreira, 2014).

Considerando-se a necessidade de maiores esforços para o conhecimento da dinâmica de populações de morcegos cavernícolas, este trabalho teve como objetivo apresentar aspectos da biologia e história natural dos morcegos em uma caverna da Caatinga, localizada no Parque Nacional (PARNA) do Catimbau. São apresentados dados de (I) composição da comunidade, (II) atividade reprodutiva, (III) guildas alimentares dos táxons presentes e (IV) itens alimentares conhecidos já registrados no PARNA.

Metodologia

Área de estudo

O Parque Nacional do Catimbau (8°24'00"S - 8°36'35" S; 37°09'30"W - 37°14'40" W) é uma das maiores unidades de conservação da Caatinga, com 62300 ha, e está localizado no estado de Pernambuco, entre os municípios de Buíque, Ibirimir e Tupanatinga. A região apresenta uma temperatura média de 23°C e precipitação anual variando de 650 a 1100 mm ao ano, com pico de chuvas entre abril e junho (SNE, 2002). O clima é quente e seco, sendo classificado como tipo BSh'w pela classificação de Köppen (Peel 2007).

O relevo do PARNA do Catimbau é marcado pela presença de vales, serras e vertentes, com altitude variando entre 400 e 1000 metros a.n.m. (SNE, 2002). Esta região é marcada pela presença de inúmeras cavidades, potenciais à utilização como abrigos por morcegos. Dentre estas cavidades, a caverna "Meu Rei" (08°29'14.1"S e 37°16'48.8"W) é classificada como de relevância máxima à conservação, por possuir espeleotemas raros e dimensões notáveis em relação às outras cavidades conhecidas na região (Azevedo & Bernard, 2015).

A região da caverna "Meu Rei" está na porção geomorfológica da Formação Tacaratu (CPRM, 2006), que é formada por arenitos grosseiros, arenitos

conglomeráticos e níveis de conglomerados (Silva Junior, 2013). O terreno dessa região apresenta um caráter bastante acidentado, com encostas abruptas que formam grandes paredões de arenito (SNE, 2002). Essa região do PARNA é caracterizada por uma vegetação típica de caatinga de areia, onde predomina a vegetação arbustiva caducifólia, com elementos espinhosos como cactáceas e bromeliáceas.

A caverna “Meu Rei” está a 777 metros de altitude, possui 161,5 m de projeção horizontal e desnível total de 8,5 m (CECAV, 2014). A caverna é formada por quatro câmaras bem definidas com estreitas regiões de baixa altura separando-as: 1) Câmara Anterior Esquerda (CAE); 2) Câmara Posterior Esquerda (CPE); 3) Câmara Anterior Direita (CAD); e 4) Câmara Posterior Direita (CPD) (Figura 1). As duas maiores câmaras reúnem quase que a totalidade dos morcegos encontrados na caverna e possuem características climáticas únicas que as diferem do ambiente externo, com temperatura média de $25,24^{\circ}\text{C} \pm 0,18^{\circ}\text{C}$ e umidade de $87,30\% \pm 1,81\%$ na câmara central, e temperatura de $28,34^{\circ}\text{C} \pm 0,84^{\circ}\text{C}$ e umidade de $80,42\% \pm 3,77\%$ na câmara mais profunda (Veja Capítulo 2).

Coleta de dados

A caverna foi visitada mensalmente entre Outubro de 2014 e Setembro de 2015, sendo realizadas duas visitas mensais, totalizando 24 visitas. Em cada visita, todas as câmaras foram vistoriadas e as espécies visualizadas foram capturadas com o auxílio de puçá, com batidas no teto da caverna para captura de animais empoleirados ou batidas no ar em locais de grande aglomeração para captura de animais em voo. As espécies capturadas tiveram sua ocorrência registrada e sua identificação realizada em campo, com posterior soltura no mesmo local. Espécimes não identificados em campo e exemplares testemunho foram coletados e depositados na coleção zoológica da Universidade Federal de Pernambuco, conforme preconizado na licença Sisbio n° 44032-2.

Para estimar a abundância da comunidade a atividade de emergência dos morcegos foi filmada mensalmente em duas noites consecutivas, com início às 17:30 h, utilizando-se um termovisor FLIR modelo E60 com frequência de captura de 30 Hz. A contabilização do número de morcegos em cada vídeo foi realizada através de algoritmo específico para detecção e contabilização dos animais, baseado em técnicas de visão computacional, fornecendo estimativas aproximadas do número de animais abrigados na

caverna (Veja Capítulo 1). A abundância de morcegos de cada espécie foi estimada sempre que possível por meio de contagens manuais das colônias.

As espécies identificadas foram classificadas quanto à ocupação da caverna, utilizando-se as categorias propostas por Guimarães & Ferreira (2014): I) Essencialmente Cavernícola – espécies que se abrigam majoritariamente em cavernas; II) Cavernícola Oportunista – espécies que utilizam cavernas de forma oportuna, mas também podem utilizar outros abrigos; III) Não Cavernícolas – espécies não ocorrentes em cavernas ou aquelas que apresentam preferência por outros abrigos e raramente são visualizadas em ambientes cavernícolas. As espécies foram também classificadas de acordo com sua constância pelo Índice de Constância (Dajoz, 1983), que demonstra a ocorrência das espécies amostradas na área de estudo, baseando-se na frequência de ocorrência dentre o número total de amostragens. Utilizando-se este índice as espécies foram consideradas constantes ($c \geq 50\%$), acessórias ($50\% > c \geq 25\%$) ou acidentais ($c < 25\%$) no sítio de monitoramento. O status de conservação das espécies da caverna foi determinado, tanto a nível global (IUCN, 2015) quanto nacional (MMA, 2014).

Os morcegos capturados tiveram seu estágio de desenvolvimento avaliado pelo grau de fusão das epífises, sendo classificados em jovens e adultos (Brunet-Rossini e Wilkinson, 2009), e os adultos foram categorizados de acordo com sua condição reprodutiva (Racey, 2009). Os machos foram considerados ativos ou inativos de acordo com a evidência do escroto. As fêmeas foram consideradas prenhes (detecção de fetos pela apalpação do abdômen), lactantes (quando detectada a secreção de leite pelas mamas ou quando carregando um filhote agarrado a uma das mamas), pós-lactantes (com mamas entumecidas sem secreção de leite), prenhes e lactantes (fetos notáveis por apalpação e simultânea secreção de leite pelas mamas) ou ainda inativas (sem indícios de lactação ou prenhez).

Foram determinadas ainda as guildas alimentares dos morcegos presentes na caverna, realizando-se levantamento bibliográfico dos itens alimentares com consumo já registrado para cada espécie. Para determinação dos potenciais serviços ambientais prestados por morcegos na área, os itens de consumo conhecido foram inventariados por levantamento bibliográfico de estudos desenvolvidos no PARNA do Catimbau, além de informações de projetos em andamento fornecidas por Kátia Fernanda Rito Pereira (Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco).

Os dados reunidos sobre a biologia e história natural das espécies de morcegos da caverna “Meu Rei” foram apresentados como fichas individuais de cada espécie.

Análise de dados

Os dados morfológicos apresentados na ficha de cada espécie incluem tamanho de antebraço e peso somente de indivíduos adultos. São apresentados os valores médios e respectivos desvios padrão do antebraço e peso de cada espécie, além dos dados de machos e fêmeas separadamente.

Para determinação da constância das espécies foi aplicado o Índice de Constância (C); calculado por: $C = \text{número de coletas com ocorrência da espécie} \times 100 / \text{número total de coletas}$ (Dajoz, 1983).

Resultados

Foram registradas oito espécies, com representantes de três famílias: *Diphylla ecaudata* Spix, 1823, *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758), *Glossophaga soricina* (Pallas, 1766), *Anoura geoffroyi* Gray, 1838, *Lonchorhina aurita* Tomes, 1863 e *Tonatia bidens* Spix, 1823, da família Phyllostomidae; *Natalus macrourus* (Gervais, 1856), da família Natalidae; e um representante de Mormoopidae, *Pteronotus gymnotus* Natterer, 1843. Além destas, em expedições anteriores foram visualizados indivíduos de *Phyllostomus* sp. e *Lophostoma* sp., ambos filostomídeos, embora estas espécies não tenham sido avistadas durante o período de monitoramento. Houve grande variação na abundância de morcegos na caverna, sendo estimados 188 indivíduos em dezembro de 2015 até 128986 em agosto de 2015 (Figura 2).

Dentre as espécies registradas na caverna, quatro estiveram presentes em todos os meses de amostragem (*D. ecaudata*, *C. perspicillata*, *P. gymnotus* e *N. macrourus*), estando constantemente na caverna (Figura 3, Tabela 1). Destas quatro espécies, somente *C. perspicillata* é cavernícola oportunista, e as demais essencialmente cavernícolas. Dentre as outras espécies registradas, *G. soricina* e *T. bidens* também são cavernícolas oportunistas, e *A. geoffroyi* e *L. aurita* são consideradas essencialmente cavernícola (Tabela 1).

Com exceção de *T. bidens*, todas as espécies da caverna apresentaram indivíduos reprodutivos. A espécie *C. perspicillata* apresentou machos escrotados de janeiro a abril de 2015, e nos meses de junho e agosto de 2015 e outubro de 2014. As fêmeas dessa espécie não apresentaram um período constante de atividade reprodutiva, com fêmeas

prenhas em janeiro e junho de 2015, além de fêmeas lactantes em janeiro, fevereiro e abril de 2015. Machos reprodutivos de *D. ecaudata* foram encontrados de outubro de 2014 a fevereiro de 2015, além de abril, junho e setembro de 2015. Para fêmeas de *D. ecaudata*, grávidas foram encontradas em novembro de 2014 e junho de 2015, além de fêmeas lactantes em junho e setembro de 2015. A espécie *P. gymnonotus* apresentou machos reprodutivos de outubro de 2014 a março de 2015 e de junho a setembro de 2015, e fêmeas grávidas em dezembro de 2014. A outra espécie constante, *N. macrourus*, apresentou um único indício reprodutivo com o registro de um macho escrotado em dezembro de 2015 (Figuras 4 e 5).

Foram encontrados morcegos de cinco guildas alimentares nessa caverna, sendo maior a riqueza de espécies insetívoras (*P. gymnonotus*, *N. macrourus* e *L. aurita*). Foram registradas ainda três espécies fitófagas, com as nectarívoras *G. soricina* e *A. geoffroyi* e a frugívora *C. perspicillata*. Além dessas, constatou-se a presença de hematófagos (*D. ecaudata*) e onívoros (*T. bidens*) (Tabela 1).

Dentre os itens já registrados como componentes da dieta das espécies encontradas na caverna “Meu Rei”, já foram encontradas no PARNA do Catimbau quatro espécies vegetais, quatro espécies de aves, e uma espécie de morcego. Plantas das espécies *Encholirium spectabile*, *Lafoensia glyptocarpa* e *Pilosocereus tuberculatus* já tiveram registro de seu pólen ou néctar sendo utilizados por *G. soricina* (Rocha et al. 2007, Fabián et al. 2008, Queiroz et al. 2016), sendo todas de ocorrência confirmada no parque (Andrade et al. 2004, Rocha et al. 2007, Ferreira et al. 2015). Outra espécie vegetal encontrada no parque, *Solanum paniculatum* (Andrade et al. 2004), é reconhecidamente utilizada por morcegos, com registros de *C. perspicillata* e *G. soricina* se alimentando de seus frutos (Fabián et al. 2008). Dentre os itens conhecidos para a dieta de *T. bidens* (Esbérard & Bergallo 2004, Félix et al. 2013, Martuscelli 1995, Reis & Peracchi 1987) já foram registradas no PARNA do Catimbau aves das espécies *Coereba flaveola*, *Setophaga pitiayumi*, *Dacnis cayana*, *Thraupis sayaca*, *Vireo olivaceus* e *Forpus xanthopterygius* (Farias 2009, Sousa et al. 2012), além do morcego *Myotis nigricans*, capturado na área durante o desenvolvimento de outras atividades de pesquisa. Para a espécie *D. ecaudata*, a dieta das espécies da caverna “Meu Rei” já foi avaliada, encontrando-se indícios da utilização de sangue de galinhas e humanos (Ito et al. com. pess.).

Nenhuma das espécies registradas é indicada em algum nível de ameaça pela lista da IUCN (2015). Em contrapartida, a Lista Nacional de Espécies Ameaçadas,

publicada pelo Ministério do Meio Ambiente (2014), aponta sete espécies de morcegos ameaçadas para o Brasil, com duas delas presentes na caverna “Meu Rei”, *L. aurita* e *N. macrourus*, ambas classificadas como Vulneráveis.

A seguir, seguem informações sobre os principais aspectos da biologia e história natural de cada espécie registrada na caverna “Meu Rei”.

Pteronotus gymnonotus Natterer, 1843

Família: Mormoopidae

Status de conservação: Não ameaçada
(MMA, 2014; IUCN, 2015).

Espécimes capturados: 106 (59 Machos – 8 jovens e 51 adultos; 47 Fêmeas – 10 jovens e 37 adultos).

Peso: $12,52 \pm 2,27$ g ($12,37 \pm 2,31$ g em machos e $12,73 \pm 2,23$ g em fêmeas).

Antebraço: $49,90 \pm 1,46$ mm ($49,61 \pm 1,60$ mm em machos e $50,33 \pm 1,11$ mm em fêmeas).



Período de ocorrência e classificação quanto à utilização de ambientes cavernícolas: Registrada em todos os meses de amostragem e classificada como essencialmente cavernícola.

Localização na caverna: ocorre na porção mais profunda da caverna (CPD), na maior câmara, região mais quente e úmida. Essa espécie aparentemente domina a região mais profunda, podendo ocupar praticamente toda a extensão da última câmara, não se registrando outras espécies ocupando esta porção em períodos com baixa densidade de *P. gymnonotus*.

Características da colônia: a colônia dessa espécie apresenta elevada variação em sua abundância ao longo do ano, responsável por quase toda a densidade de morcegos presentes na caverna, que variou entre 188 indivíduos estimados em Dezembro a 129074 indivíduos em Agosto de 2015.

Abrigos conhecidos: embora morcegos do gênero *Pteronotus* possam ser encontrados em casas, eles habitam principalmente cavernas e túneis (Nowak, 1994), não sendo descritos para *P. gymnonotus* a ocupação de outros abrigos além de cavernas, onde podem se refugiar em colônias com geralmente mais de mil indivíduos, frequentemente dividindo-as com outros mormopídeos (Vizotto et al., 1980).

Reprodução: apresentou machos reprodutivos de outubro de 2014 a março de 2015 e de junho a setembro de 2015 (Figura 4), porém as fêmeas apresentaram somente um evento reprodutivo, com fêmeas grávidas em dezembro de 2014 (Figura 5).

Alimentação: há grande escassez de dados para a dieta dessa espécie, não havendo relatos para as populações do Brasil. Porém poucos registros para a Costa Rica e Panamá indicam uma dieta insetívora. Foi relatado para a espécie o consumo de insetos das ordens Lepidoptera (Howel e Burch, 1974; Whitaker e Findley, 1980), Coleoptera e hemípteros da família Pentatomidae, além de outros insetos não identificados (Whitaker e Findley, 1980).

Natalus macrourus (Ruschi, 1951)

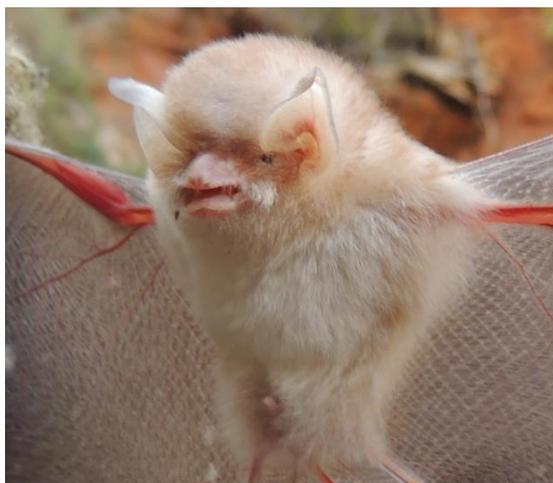
Família: Natalidae

Status de conservação: Em risco próximo (IUCN, 2015); Vulnerável (MMA, 2014).

Espécimes capturados: 7 (3 Machos adultos e 4 Fêmeas adultas).

Peso: $9,14 \pm 7,29$ g ($6,67 \pm 3,51$ g em machos e $11,00 \pm 9,34$ g em fêmeas).

Antebraço: $37,24 \pm 0,41$ mm ($37,07 \pm 0,11$ mm em machos e $37,37 \pm 0,52$ mm em fêmeas).



Período de ocorrência e classificação quanto à utilização de ambientes cavernícolas: Registrada em todos os meses de amostragem e classificada como essencialmente cavernícola.

Localização na caverna: a espécie demonstrou fidelidade à porção ocupada da caverna, ocorrendo sempre no início da câmara mais profunda (CPD), sendo essa a porção mais quente e úmida.

Características da colônia: dentre as espécies encontradas constantemente na caverna, *N. macrourus* apresenta a menor abundância, contabilizando-se entre cinco e dez indivíduos ao longo do ano monitorado. Não foi constatado o agrupamento de indivíduos dessa espécie, que se distribuíram sempre de forma isolada na entrada da última câmara.

Abrigos conhecidos: os abrigos relatados para *Natalus* contemplam cavernas minas e túneis, podendo estar associados a várias espécies (Taddei e Uieda, 2001), não sendo conhecida a ocupação de outros tipos de abrigos.

Reprodução: apresentou um único evento de início reprodutivo, com o registro de um macho escrotado em Agosto de 2015 (Figura 4).

Alimentação: não há informações aprofundadas sobre a dieta das espécies desse gênero, sendo essa uma grande lacuna do conhecimento para a determinação da ecologia do grupo. Contudo, alguns relatos sugerem uma dieta insetívora, com a captura de insetos muito pequenos, um hábito que talvez esteja relacionado com a alta

frequência de pulsos emitidos (Yalden e Morris, 1975), mas havendo ainda relato da ingestão de pequenas lagartixas da espécie *Phyllodactylus lanei*, em uma comunicação pessoal de Aurelio Ramírez mencionada por Sánchez-Hernández e Romero-Almaraz (1995).

Diphylla ecaudata Spix, 1823

Família: Phyllostomidae.

Status de conservação: Não ameaçada (MMA, 2014; IUCN, 2015).

Espécimes capturados: 29 (18 Machos – 5 jovens e 13 adultos; 11 Fêmeas – 4 jovens e 7 adultos).

Peso: $28,30 \pm 5,30$ g ($25,85 \pm 3,74$ g em machos e $32,86 \pm 4,88$ g em fêmeas).

Antebraço: $51,84 \pm 1,73$ mm ($51,02 \pm 1,38$ mm em machos e $53,24 \pm 1,34$ mm em fêmeas).



Período de ocorrência e classificação quanto à utilização de ambientes cavernícolas: Registrada em todos os meses de amostragem e classificada como essencialmente cavernícola.

Localização na caverna: indivíduos dessa espécie foram encontrados na porção inicial de ambos os corredores da caverna, ou seja, na primeira câmara de cada um dos caminhos (CAE e CAD).

Características da colônia: a colônia não aparentou sofrer grandes alterações ao longo do ano, sendo estimados entre 30 e 40 indivíduos. No geral, os indivíduos dessa espécie apresentaram-se sempre agrupados, sendo poucos os casos de indivíduos isolados, ocupando grandes buracos no teto da caverna.

Abrigos conhecidos: vivem em cavernas e em minas abandonadas, porém, em raras exceções, podem ser encontrados em ocos de árvores (Greenhall et al., 1984).

Reprodução: machos de *Diphylla ecaudata* apresentaram-se ativos por um longo período entre outubro de 2014 e fevereiro de 2015, além de eventos de atividade intercalando-se por outros três meses (Figura 4). As fêmeas não demonstraram continuidade na atividade, com fêmeas grávidas em novembro de 2014 e junho de 2015, além de fêmeas lactantes em setembro de 2015 (Figura 5).

Alimentação: é considerada como hematófago consumidor de sangue fresco, com preferência por sangue de aves, assim como *Diaemus yougi*, outra espécie de

hematófago encontrada no Brasil (Uieda, 1993). Entretanto, um conhecimento aprofundado para as espécies utilizadas por este hematófago como fonte de alimento parece ser limitado, sendo inexistentes em ambientes naturais. Recentemente a dieta dos indivíduos de *D. ecaudata* presentes a caverna “Meu Rei” foi determinada com a utilização de técnicas de biologia molecular, encontrando-se DNA de galinhas e humanos em suas fezes (Ito et al., com. pess.).

Carollia perspicillata (Linnaeus, 1758)

Família: Phyllostomidae.

Status de conservação: Não ameaçada
(MMA, 2014; IUCN, 2015).

Espécimes capturados: 37 (23 Machos – 1 jovem e 22 adultos; 14 Fêmeas – 4 jovens e 10 adultos).

Peso: $17,53 \pm 2,54$ g ($16,52 \pm 1,33$ g em machos e $19,89 \pm 3,18$ g em fêmeas).

Antebraço: $41,92 \pm 1,21$ mm ($41,62 \pm 0,96$ mm em machos e $46,63 \pm 1,47$ mm em fêmeas).



Período de ocorrência e classificação quanto à utilização de ambientes cavernícolas: Registrada em todos os meses de amostragem e classificada como cavernícola oportunista.

Localização na caverna: essa espécie se distribui por todas as regiões da porção inicial da caverna (CAE, CPE e CAD), estando ausente somente na última câmara.

Características da colônia: a abundância de *C. perspicillata* não aparenta ser constante, embora sua ocorrência seja sempre constatada, estimando-se de 30 a 60 indivíduos. Não costumam formar agrupamentos definidos, distribuindo-se em diversos pequenos buracos encontrados no teto da caverna.

Abrigos conhecidos: as colônias desta espécie podem ocupar variados tipos de abrigos, como cavernas (Trajano, 1987; Bredt, 1996), bueiros (Marques, 1985; Bredt, 1996), caixas de águas pluviais (Esbérard et al., 1999) e edificações abandonadas (Bredt, 1996; Esbérard et al., 2012) ou mesmo em uso (Esbérard et al., 1999; Torres e Anjos, 2012).

Reprodução: foi verificado o mais longo período de atividade para machos entre janeiro e abril de 2015, além de registros descontínuos em outros três meses (Figura 4). As fêmeas apresentaram atividade reprodutiva entre janeiro e fevereiro de 2015, com fêmeas grávidas ou com filhotes, além de fêmeas grávidas também em junho de 2015 e fêmeas lactantes em abril de 2015 (Figura 5).

Alimentação: essa espécie é considerada basicamente frugívora, consumindo principalmente frutos de plantas do gênero *Piper*, conforme apontado em diversos estudos realizados no Brasil (Marinho-Filho, 1985; Muller e Reis, 1992; Mello, 2002; Munin, 2008; Brito et al., 2010; Martins et al., 2014). Entretanto, além da preferência por plantas da família Piperaceae, sua interação com espécies vegetais contempla ainda o consumo de outros itens, tais como pólen, flores e folhas, chegando a consumir mais de 81 espécies de 14 famílias de plantas brasileiras (Fabián et al., 2008). Embora sua dieta seja relativamente bem conhecida dentre os filostomídeos brasileiros, a possibilidade de inferências dos itens potencialmente consumidos por essa espécie em uma determinada área se limita ao conhecimento disponível de inventários florísticos locais, sendo que para o PARNA Catimbau essas informações são limitadas. Dessa forma, a única ocorrência confirmada de recursos conhecidos para *C. perspicillata* é de *Solanum paniculatum* (Solanaceae) (Andrade et al., 2004), que se reforça através da presença de sementes de *Solanum* no interior da caverna, frequentemente encontradas abaixo das colônias de *C. perspicillata*. Quanto ao consumo de insetos, poucos trabalhos relatam os táxons consumidos por essa espécie, já tendo sido registrados consumos de Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, Hymenoptera e Hemiptera (Munin et al., 2012).

Lonchorhina aurita Tomes 1863

Família: Phyllostomidae.

Status de conservação: Não Ameaçada (IUCN, 2015); Vulnerável (MMA, 2014).

Espécimes capturados: 14 (5 Machos – 2 jovens e 3 adultos; 9 Fêmeas – 3 jovens e 6 adultos).

Peso: $17,53 \pm 2,54$ g ($16,52 \pm 1,33$ g em machos e $19,89 \pm 3,18$ g em fêmeas).

Antebraço: $41,92 \pm 1,21$ mm ($41,62 \pm 0,96$ mm em machos e $46,63 \pm 1,47$ mm em fêmeas).



Período de ocorrência e classificação quanto à utilização de ambientes cavernícolas: sua presença não foi registrada em períodos longos, ocorrendo em outubro, dezembro, janeiro e junho. É classificada como essencialmente cavernícola.

Localização na caverna: sempre presente nas regiões mais profundas da caverna (CPD), geralmente na entrada da última câmara, mas podendo ser encontrados na parte mais profunda em meses com maior quantidade de morcegos na caverna. Portanto, embora não apresente local de ocupação definido dentro da caverna, limita-se sempre à última câmara, região esta com temperatura e umidade mais elevadas.

Características da colônia: as colônias de *L. aurita* demonstraram variação ao longo do ano, estimando-se entre 25 e 100 indivíduos. Aparentemente são mais abundantes em meses com maior quantidade de *P. gymnotus*, acompanhando a abundância dessa espécie e só presente em meses em que sua densidade era maior.

Abrigos conhecidos: essa espécie tem sido prioritariamente relatada em cavernas (Esbérard et al., 1997), mas já foi registrada utilizando refúgios artificiais, ocorrendo em tubulações de água (Mendes et al., 2011).

Reprodução: machos dessa espécie demonstraram atividade sexual somente em Julho de 2015, com a presença de dois machos escrotados (Figura 4), enquanto duas fêmeas em lactação foram registradas com filhotes em Fevereiro de 2015 (Figura 5).

Alimentação: espécie primariamente insetívora (Fleming et al., 1972), com um único trabalho de descrição para sua dieta no Brasil, onde é relatado o consumo das ordens Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, Orthoptera, Acari e da família Araneae, além de polpa, indicando o consumo ocasional de frutos (Esbérard et al., 1997).

Glossophaga soricina (Pallas, 1766)

Família: Phyllostomidae.

Status de conservação: Não ameaçada
(MMA, 2014; IUCN, 2015).

Espécimes capturados: 5 (3 Machos
adultos e 2 Fêmeas adultas).

Peso: $10,20 \pm 0,45$ g ($10,00 \pm 0,00$ g em
machos e $10,50 \pm 0,70$ g em fêmeas).



Antebraço: $34,8 \pm 0,73$ mm ($35,13 \pm 0,75$ mm em machos e $34,3 \pm 0,42$ mm em
fêmeas).

Período de ocorrência e classificação quanto à utilização de ambientes cavernícolas: essa espécie é considerada Cavernícola Oportunista, não sendo obrigatória a utilização destes ambientes como abrigo. Na caverna “Meu Rei”, sua presença foi constatada em Novembro de 2014 e nos meses de Janeiro, Março, e entre Maio e Julho de 2015.

Localização na caverna: a espécie não apresentou local definido para a ocupação da caverna e, com exceção da última câmara, foi visualizada por toda a extensão da caverna (CAE, CPE e CAD).

Características da colônia: a presença de *G. soricina* na caverna “Meu Rei” é caracterizada por uma baixa abundância de indivíduos, estimando-se sempre em menos de dez indivíduos, estando esses dispersos e sem a formação de agrupamentos.

Abrigos conhecidos: é considerada uma espécie com elevada versatilidade na ocupação de abrigos (Nogueira et al., 2007), ocupando desde cavidades naturais como cavernas (Bredt et al., 1998) e fendas de rochas, à antrópicas como túneis e minas, além de outros abrigos naturais como oco de árvores e uma série de edificações como casas abandonadas (Webster, 1983), galpões (Esbérard et al., 1999; Torres e Anjos, 2012), sótãos e porões vazios (Bredt et al., 1998; Esbérard et al., 1999; Perini et al., 2003), telhas e forros, vãos de dilatação entre edifícios (Perini et al., 2003), interior de cisternas, ductos de ventilação, poços de elevadores (Esbérard et al., 1999), e até mesmo abrigando-se sob pontes ou bueiros (Bredt et al., 1998).

Reprodução: somente duas fêmeas adultas foram capturadas durante o período de monitoramento, sendo uma em maio e outra em junho de 2015, não verificando-se atividade reprodutiva para ambas, enquanto machos com testículos escrotados foram registrado em janeiro e junho de 2015 (Figura 4).

Alimentação: espécie conhecidamente nectarívora, também incluído em sua dieta frutos e insetos. *Solanum paniculatum* é um potencial item alimentar encontrado na área, assim como para *C. perspicillata*, mas já foi relatado dentro dos limites do parque o consumo de pólen de *Pilosocereus tuberculatus* (Rocha et al., 2007). No Brasil, são indicadas mais de 31 espécies vegetais utilizadas por essa espécie de morcego, com representantes de 12 famílias (Fabián et al., 2008). Quanto à ingestão de outros tipos de alimento, Munin et al. (2012) cita a presença de invertebrados em suas fezes (Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera e Hemiptera), além de fragmentos de folhas.

Anoura geoffroyi Gray, 1838

Família: Phyllostomidae.

Status de conservação: Não ameaçada
(MMA, 2014; IUCN, 2015).

Espécimes capturados: 5 (1 Macho adulto
e 4 Fêmeas adultas).

Peso: $10,20 \pm 0,45$ g ($10,00 \pm 0,00$ g em
machos e $10,50 \pm 0,70$ g em fêmeas).



Antebraço: $34,80 \pm 0,73$ mm ($35,13 \pm 0,75$ mm em machos e $34,30 \pm 0,42$ mm em
fêmeas).

Período de ocorrência e classificação quanto à utilização de ambientes cavernícolas: embora *A. geoffroyi* seja considerada Essencialmente Cavernícola, sua ocorrência na caverna estudada foi confirmada somente nos meses de dezembro de 2014 e janeiro e março de 2015.

Localização na caverna: essa espécie também foi encontrada na região mais profunda da caverna, situando-se sempre na porção direta da última câmara (CPD).

Características da colônia: nos meses de registro de ocorrência dessa espécie, foi verificado um grupo de *A. geoffroyi* na entrada da última câmara, com abundância variando entre os meses, estimando-se de 15 a 30 indivíduos.

Abrigos conhecidos: essa espécie é apontada como fortemente associada a cavidades naturais (Arita, 1993), mas pode utilizar outros tipos de abrigo, já tendo sido visualizado em bueiros sob ferrovias percorridos temporariamente por cursos de águas pluviais (Bredt et al., 1999), túneis (Tuttle, 1970) e ocos de árvores.

Reprodução: fêmeas lactantes foram registradas em dezembro de 2014 e janeiro de 2015 (Figura 5). Um único macho capturado que apresentou seus testículos escrotados em março de 2015 (Figura 4).

Alimentação: espécie considerada nectarívora, podendo incluir em sua dieta frutos e insetos. Entretanto, quando comparada com outros nectarívoros mais comuns, sua dieta pode ser considerada pouco conhecida, com o registro de somente 12 espécies de quatro famílias para o Brasil (Fabián et al., 2008). Quanto à possibilidade do

consumo de insetos, há registro no Brasil da utilização como recurso das ordens Coleoptera (Carabidae, Scarabaeidae, Histeridae, Meloidae e Cleridae), Hymenoptera (Formicidae) e Arachnida (Aranae) (Willig et al., 1993).

Tonatia bidens Spix, 1823

Família: Phyllostomidae.

Status de conservação: Dados Insuficientes (IUCN, 2015); Não ameaçada (MMA, 2014).

Espécimes capturados: 1 Fêmea adulta.

Peso: 35,00 g para o único indivíduo capturado.

Antebraço: 58,00 mm para o único indivíduo capturado.



Período de ocorrência e classificação quanto à utilização de ambientes cavernícolas: *T. bidens* é uma espécie cavernícola oportunista e registrada na caverna “Meu Rei” somente em Março de 2015.

Localização na caverna: a única visualização de um indivíduo dessa espécie ocorreu em um momento de movimentação dos morcegos pela agitação causada com a visita à caverna, portanto, não é possível afirmar com certeza a porção do abrigo utilizada por esta espécie. Entretanto, são fortes os indícios de que esta espécie permaneça na última câmara (CPD), uma vez que não fora visualizada nas câmaras iniciais durante o início da visita à caverna, e a movimentação dos morcegos ocorre no momento em que há alguma perturbação na última câmara, de modo que o espécime de *T. bidens* foi visualizado na câmara inicial da caverna durante a saída dos visitantes.

Características da colônia: devido à visualização e captura de um único indivíduo da espécie, não foi possível observar e descrever padrões de ocupação e características da colônia.

Abrigos conhecidos: essa espécie se abriga em grutas e minas d’água (Esbérard e Bergallo, 2004), residências abandonadas e ocos de árvores (Martuscelli, 1995).

Reprodução: o único registro para a espécie foi em março de 2015, com a captura de uma fêmea que não apresentava qualquer indício de atividade reprodutiva.

Alimentação: espécie onívora, que pode consumir um variável grupo de itens. Embora existam poucos registros dos itens consumidos por essa espécie no Brasil, é relatada uma ampla variedade de recursos utilizados, predando insetos de oito ordens

(Reis e Peracchi, 1987; Esbérard e Bergallo, 2004, Felix et al., 2013), pequenos vertebrados como répteis, anfíbios (Esbérard e Bergallo, 2004), aves (Matuscelli 1995, Esbérard e Bergallo, 2004) e até mesmo morcegos da espécie *Myotis nigricans* (Felix et al., 2013), e mais recentemente foi confirmada também a utilização de frutos (Felix et al., 2013).

Discussão

Uso e ocupação da caverna “Meu Rei” pelas espécies de morcegos

A caverna “Meu Rei” pode ser considerada rica em espécies de morcegos, com oito espécies confirmadas até o momento. Porém, tal caverna possui potencial para ser considerada de elevada riqueza, uma vez que ainda é possível sua utilização por indivíduos de *Lophostoma* sp. e *Phyllostomus* sp., visualizados em períodos anteriores ao monitoramento. A grande maioria das cavernas brasileiras (57%) apresenta até três espécies registradas, o que não é diferente na Caatinga, onde 25 das 42 cavernas já inventariadas são classificadas como de baixa riqueza (Guimarães e Ferreira 2014). Quando considerados os níveis mais elevados de riqueza, 13% das cavernas nacionais são de alta riqueza e 7% de elevada riqueza de morcegos, enquanto na Caatinga somente cinco (11,90%) apresentam riqueza alta, todas localizadas na Bahia, e uma única de elevada riqueza, situada em Minas Gerais (Guimarães e Ferreira, 2014).

Todas as cavernas já analisadas para o estado de Pernambuco foram classificadas como de baixa riqueza, incluindo a própria caverna “Meu Rei” (Guimarães e Ferreira, 2014). Entretanto, como verificado ao longo do monitoramento, um estudo de longo prazo pode implicar no acréscimo do registro de espécies em uma cavidade, como no caso da caverna “Meu Rei”, antes apontada com somente três espécies. Considerando-se isso, a riqueza de morcegos cavernícolas nessa região pode ser mais elevada do que o conhecido, ocorrendo uma utilização esporádica por várias espécies e com poucas delas encontradas constantemente no mesmo abrigo.

Dentre as espécies verificadas constantemente na caverna, três delas são consideradas essencialmente cavernícolas, o que indica a importância da utilização destes ambientes como refúgios essenciais à preservação de suas populações (Guimarães e Ferreira, 2014). Em *hot caves* da região Neotropical, por exemplo, a família Mormoopidae é o principal táxon de Chiroptera ocorrente e, frequentemente, são compartilhadas com morcegos das famílias Natalidae e Phyllostomidae, com mormopídeos e natalídeos antilhanos restritos à hot caves por todo o ano (Ladle et al., 2012). No Brasil esse fator é ressaltado pela ausência de registros de outros abrigos além de cavernas para as espécies *P. gymnonotus* e *N. macrourus*.

Dentre as cavernícolas oportunistas, *C. perspicillata* demonstra ser altamente bem-sucedida na colonização de cavernas, sendo a segunda espécie brasileira mais frequentemente encontrada nesses ambientes e a primeira na listagem das mais comuns entre as oportunistas (Guimarães e Ferreira, 2014). Conhecida como uma espécie de

elevada resiliência, é geralmente uma das mais bem sucedidas em ambientes diversos, devida à sua capacidade de ocupação dos mais variados tipos de abrigos. Esse padrão parece se repetir na ocupação de cavernas, não havendo grandes restrições na ocupação desses ambientes. Como cavernícola oportunista, a espécie *G. soricina* parece se aproveitar da disponibilidade de abrigos em ambientes cavernícolas, o que é possível ocorrer também em cavernas da Caatinga. Embora já tenha sido considerado um raro habitante de ambientes cavernícolas (Trajano, 1995), dados mais recentes demonstram que é a terceira espécie mais registrada em cavernas brasileiras (Guimarães e Ferreira, 2014).

As características biológicas de cada espécie parecem ser mais determinantes na ocupação de ambientes cavernícolas do que as próprias características da caverna, influenciando tanto na distribuição e local de ocupação da caverna (Rodríguez-Durán e Soto-Centeno, 2003) quanto no tamanho das colônias (Bredt et al., 1999), de modo que algumas necessitam se abrigar em um ambiente mais estável, como uma caverna, enquanto outras são mais “flexíveis” e podem ocupar variados tipos de abrigos. Entretanto, as informações sobre preferências microclimáticas para espécies de morcegos são escassas, abordando-se principalmente questões sobre a hibernação e a utilização de sótãos como abrigos em regiões temperadas, com raros estudos que abordam a seleção de abrigos por morcegos tropicais (Rodríguez-Durán e Soto-Centeno, 2003).

Algumas espécies, como pequenos mormopídeos e alguns filostomídeos, costumam apresentar elevada agregação e fidelidade ao abrigo (Rodríguez-Durán, 1998), sendo essa uma forma de enfrentar problemas como dificuldade no armazenamento de gordura e menor capacidade de termorregulação (Rodríguez-Durán, 1995). Essas espécies, geralmente restritas aos abrigos em cavernas, podem encontrar barreiras para a ocupação de outros tipos de abrigos, que não apresentem características físicas ou climáticas que suportem suas demandas fisiológicas, inviabilizando sua permanência ou a complementação de etapas de seu ciclo de vida naquele ambiente, como a reprodução. Em contrapartida, outras espécies com biologia não tão restritiva, geralmente possuem aptidão para utilização de diferentes tipos de abrigos, mas ainda assim podem utilizar cavernas durante eventos reprodutivos ou em períodos de condições ambientais adversas.

A formação de assembleias cavernícolas e a possibilidade de coexistência ou não de várias espécies, torna-se possível pelo gradiente térmico dentro da caverna

(Rodríguez-Durán e Soto-Centeno, 2003). Uma única caverna pode possuir grande variedade de microclimas e formações, como fendas e concavidades no teto, permitindo sua colonização por espécies que possuam requisitos particulares, tais como condições ideais de temperatura ou umidade (Altringham, 1996), e esse compartilhamento entre várias espécies pode influenciar diretamente na variação da composição da comunidade ao longo do ano. Isso ocorre, pois cada espécie possui uma tendência à divisão de cavidades, como proposto para as cavernas mexicanas por Arita (1993), que classificou os morcegos cavernícolas como individualistas, integracionistas ou indiferentes à presença de outras espécies. Dentre as espécies da caverna “Meu Rei”, somente *T. bidens* não foi classificada por Arita (1993), e *C. perspicillata* é a única aparentemente indiferente às outras ocupantes, sendo todas as outras espécies da caverna integracionistas, com tendência a ocorrer em cavidades com um elevado número de espécies.

É possível então se afirmar que a composição de espécies de uma caverna, assim como as características biológicas de integração e divisão do abrigo entre as espécies, sejam indicativos da importância de um determinado abrigo no ambiente em que está inserido. O predomínio de espécies essencialmente cavernícolas e com um perfil integracionista demonstram a necessidade de um ambiente altamente rico para sua permanência, pois além de não utilizarem outros tipos de abrigos, tendem a ocorrer em cavidades com elevado número de espécies.

Aspectos reprodutivos de morcegos da Caatinga

O período e frequência de reprodução são os principais determinantes da história de vida (Stearns 1992), sendo que os morcegos apresentam estratégias de história de vida diferentes dos mamíferos do seu tamanho (Racey e Entwistle, 2000). Os estudos com morcegos da Caatinga ainda são restritos, com poucos abordando os padrões reprodutivos dessas espécies, sendo essa ainda uma grande lacuna do conhecimento para a quiropterofauna da região. Mesmo assim, os padrões reprodutivos de algumas das espécies de morcegos já foram há muito tempo descritos por Willig (1985b, 1985c).

As fêmeas de *C. perspicillata* apresentam um ciclo bimodal de lactação e gestação na Caatinga, não sendo verificadas fêmeas gestantes somente em março e junho, e com ausência de fêmeas lactantes entre setembro e outubro (Willig, 1985c). O padrão bimodal da Caatinga condiz com o conhecido para a espécie em outras regiões,

já tendo sido relatado no Cerrado do Distrito Federal (Bredt et al., 1999) e nas proximidades da Mata Atlântica de São Paulo (Trajano, 1984)

A atividade reprodutiva conhecida para *G. soricina* na Caatinga indica um padrão poliétrico bimodal, com fêmeas grávidas de novembro a fevereiro e de abril a agosto, com picos em dezembro e em junho (Willig, 1985c). Essa espécie foi registrada em todos os meses nas cavernas do Distrito Federal, com fêmeas grávidas em seis meses do ano (Bredt et al., 1999). Embora não tenham sido capturadas fêmeas reprodutivas dessa espécie na caverna “Meu Rei”, sua ocorrência foi registrada em períodos próximos aos conhecidos de gravidez e lactação, além do registro de machos escrotados em períodos próximos aos picos reprodutivos de fêmeas.

Para algumas das outras espécies, Willig (1985b) relata os períodos onde foi verificada atividade reprodutiva. A espécie *T. bidens* teve seu único relato de período reprodutivo pela ocorrência de uma única fêmea grávida em setembro. O hematófago *D. ecaudata* foi encontrado em atividade reprodutiva nos meses de junho e novembro, com uma fêmea grávida e uma fêmea lactante, respectivamente. Para *A. geoffroyi* fêmeas reprodutivas foram relatadas nos meses de janeiro e novembro, em ambos os meses com fêmeas grávidas (Willig, 1985b), além do registro mais recente de atividade reprodutiva de fêmeas em julho (Silva et al., 2004).

Embora muito se tente descrever padrões reprodutivos das espécies, esses padrões podem ser imprevisíveis, uma vez que em ambientes instáveis podem ser adotadas estratégias oportunistas, respondendo às mudanças das condições locais e com procriação ocorrendo em períodos de condições adequadas (Bronson e Heideman, 1994). A Caatinga é um grande exemplo de irregularidade climática, sendo, portanto, um potencial fator determinante do período reprodutivo de morcegos.

As Caatingas semi-áridas apresentam características meteorológicas extremas, com alta radiação solar, alta temperatura média anual, baixa umidade relativa e precipitações mais baixas, sendo estas últimas irregulares e geralmente limitadas a um período curto do ano (Reis, 1976). Quase toda a área da Caatinga apresenta uma concentração de 50 a 70% de sua precipitação em três meses consecutivos, sendo a duração de estação seca muito variável (Prado, 2003), chegando à completa ausência de chuvas em alguns anos (Nimer, 1972).

Em ambientes que apresentam maior estabilidade, como florestas tropicais, são verificadas menores flutuações na disponibilidade de alimento, resultando na ausência de restrições sazonais reprodutivas (Happold e Happold, 1990b). Por outro lado,

ambientes extremos apresentam irregularidade na disponibilidade de alimentos, com maior concentração da disponibilidade de recursos como flores e frutos durante um curto período chuvoso (Barbosa et al., 2003), da mesma forma que a disponibilidade de insetos, que costuma seguir os padrões de chuva e aumentar significativamente no início dos períodos chuvosos (Rautenbach et al., 1988). Dessa forma, em um ambiente extremo como a Caatinga são esperadas variações na atividade reprodutiva de morcegos em resposta à disponibilidade de recursos.

A atividade reprodutiva de muitas espécies de morcegos parece ser sincronizada com os picos de disponibilidade de alimento (Racey, 1982), que é o período de maior custo energético para fêmeas lactantes (Kurta et al., 1989). Espécies frugívoras e insetívoras apresentam o período de lactação corresponde ao pico da estação chuvosa (Fleming, 1971; Willig, 1985^a; Happold e Happold, 1990a), como *C. perspicillata* na região nordeste do Brasil, que apresenta poliestria bimodal concentrada em períodos chuvosos, quando há maior abundância e diversidade de frutos (Wilson, 1979). No nordeste do Brasil, o nectarívoro *G. soricina* também apresenta poliestria bimodal, com um pico no fim do período chuvoso e outro durante a estação seca (Wilson, 1979), pois a floração geralmente ocorre durante a estação seca anterior à chuva (Hepburn e Radloff, 1995). Para a outra espécie de nectarívoro presente na caverna “Meu Rei”, *A. geoffroyi*, é esperada poliestria bimodal como de *G. soricina*, pois espécies com hábitos alimentares similares costumam apresentar estratégias reprodutivas parecidas (Wilson, 1979), já sendo relatada em Trinidad sua atividade reprodutiva em períodos de seca (Heideman et al., 1992). Do mesmo modo, *D. ecaudata* pode apresentar atividade reprodutiva similar à do também hematófago *Desmodus rotundus*, que apresenta um período de atividade constante e cíclico no nordeste, uma vez que explora um tipo de recurso abundante durante todo o ano (Wilson, 1979).

Guildas alimentares e serviços ambientais prestados por morcegos na Caatinga

Quando se trata de morcegos, a grande diversidade de hábitos alimentares é uma das características de maior destaque na ordem Chiroptera, com quase todos os grupos tróficos representados (Reis et al., 2007). Essa variedade de hábitos alimentares garante a prestação de diversos serviços ambientais por morcegos, assumindo papéis como polinizadores, dispersores de sementes e até mesmo predadores e controladores de populações de insetos em regiões tropicais (Fleming, 1982). Neste sentido, o conhecimento dos recursos utilizados por uma espécie de morcegos e o detalhamento de

sua dieta são fatores cruciais para a compreensão de sua importância ambiental e os serviços ambientais por ela prestados.

A polinização é um dos principais serviços ambientais conhecidamente prestados por morcegos na Caatinga, com aproximadamente 13,1% das espécies podendo ser polinizadas por quirópteros, o que representa o terceiro sistema de polinização mais comum dessa vegetação (Machado e Lopes, 2004). Esta relação parece ser extremamente benéfica para morcegos do semiárido, devido aos longos períodos de disponibilidade de recursos florais. Na porção de Caatinga paraibana, Quirino e Machado (2014) demonstraram uma floração assíncrona de espécies quiropterófilas, que permaneceram floridas durante quase todo o período de dois anos amostrado, ressaltando somente a ocorrência de um pequeno pico de floração no início da estação seca.

Algumas das espécies já registradas no PARNA do Catimbau são potencialmente polinizadas por morcegos, como cactáceas e bromeliáceas, abundantes na área do parque. As cactáceas são exclusivamente zoófilas e apresentam uma ampla variedade de polinizadores, incluindo-se os morcegos (Porsch, 1938). O consumo do pólen de *Pilosocereus tuberculatus* pelo morcego beija-flor *G. soricina* indica a importância destes morcegos na sua polinização, que entram no estigma das flores e visitam outros indivíduos da espécie em sequência (Rocha et al., 2007). Tal cactácea é endêmica da Caatinga (Braun e Esteves Pereira, 2003) e sua polinização por morcegos é um forte indício da importância desses nectarívoros nesse ambiente, que podem auxiliar na manutenção das populações de grupos como Cactaceae, que segundo Rocha et al. (2007) vêm sofrendo crescente redução através do desenvolvimento agrícola. Outra espécie polinizada por morcegos e presente no PARNA do Catimbau é a bromeliácea *Encholirium spectabile* (Ferreira et al., 2015), que embora não se tenha confirmação das espécies de morcegos que a visitam, é apontada como quiropterófila (Quirino & Machado 2014). Além destas, há registro na área do parque da arbórea *Lafoensia glyptocarpa* (Andrade et al., 2004), também utilizada como fonte de alimento por *G. soricina* e outros filostomídeos como *Phyllostomus discolor*, *P. hastatus*, *Artibeus lituratus* e *Platyrrhinus lienatus* (Fabián et al., 2008).

Os morcegos frugívoros também apresentam grande importância ambiental, participando de processos essenciais à manutenção de ambientes florestais e regeneração de áreas degradadas (Fleming e Sosa, 1994). Uma grande parcela destes animais se alimenta de frutos de plantas pioneiras, dispersando suas sementes para

longe das matrizes durante seu deslocamento, que podem ser transportadas para clareiras e áreas degradadas (Galindo-González et al., 2000), possibilitando o processo de sucessão secundária (Charles-Dominique, 1986).

Um dos pontos chave para o entendimento das interações envolvendo frugívoros é conhecer a disponibilidade de recursos, uma vez que estes animais dependem de recursos sazonais (Galleti et al., 2006). Entretanto, os padrões fenológicos de frutificação na Caatinga parecem ser pouco estudados, sendo essa uma região recentemente explorada e ainda pouco estudada. Em um dos primeiros estudos fenológicos mais rigorosos para a Caatinga, Griz e Machado (2001) relatam a zoocoria como a síndrome de dispersão mais frequente neste ambiente, representado por 36% das espécies monitoradas, e sendo, inclusive, a única forma de dispersão observada para cactáceas. A maior parte das espécies neste ambiente parece frutificar na estação úmida, período onde apresentam a zoocoria como forma de dispersão mais comum (38%), enquanto na estação seca somente 29% das espécies frutificadas são dispersas por animais, e a frutificação de plantas anemocóricas passa a se destacar (Griz e Machado 2001).

A compreensão dos serviços prestados pelos frugívoros da caverna “Meu Rei” no PARNA do Catimbau ainda é limitada. Dentre as mais de 60 espécies vegetais conhecidas no Brasil como alimento de *C. perspicillata*, somente *Solanum paniculatum* já foi registrada nos limites do parque (Andrade et al., 2004). A probabilidade de utilização desta planta por *C. perspicillata* é ressaltada por observações realizadas no abrigo durante o monitoramento da congregação, onde foi constatado o depósito constante de pilhas de fezes com sementes de *Solanum* no interior do abrigo, indicando a utilização de Solanaceae como um importante recurso por *C. perspicillata*. Não foram verificadas outras sementes nas fezes do chão da caverna, o que pode indicar uma possível frutificação assíncrona destas plantas na região. Entretanto, é necessário se estabelecer a eficiência de *C. perspicillata* na dispersão de *Solanum*, uma vez que a deposição de sementes em ambientes cavernícolas pode tornar este ambiente um grande sumidouro de sementes, que não irão se desenvolver no seu interior (Fadini e Castro, 2013), de forma que *C. perspicillata* pode ser mais importante pelo aporte de nutrientes para o interior da caverna do que como dispersor de *Solanum*. Isso resalta ainda mais a importância de investimento em pesquisas com frugivoria e dispersão na Caatinga, verificando-se não somente os itens consumidos pelos frugívoros, mas também as

sementes dispersas por morcegos durante o voo, avaliando-se, por exemplo, a chuva de sementes dessas regiões.

Os morcegos insetívoros formam outro grupo trófico que presta importantes serviços ambientais, controlando populações de insetos, incluindo-se algumas pragas agrícolas (Boyles et al., 2011) e vetores (Reiskind e Wund, 2009), o que os fornece um importante papel ambiental, econômico e de saúde pública. Os morcegos insetívoros podem consumir centenas de mosquitos por hora (Tuttle, 1988), e provavelmente incluem diversos vetores na sua dieta. Em experimentos conduzidos com espécies de *Culex* em Michigan, o consumo de fêmeas desses dípteros por morcegos causou a diminuição de 32% na oviposição, além de uma redução no número de mosquitos imaturos (Reiskind e Wund, 2009). Na Austrália, o estudo da dieta de cinco espécies de insetívoros revelou a predação de 40 taxa, incluindo-se ao menos duas espécies de *Aedes* (Gonsalves et al., 2013).

Os morcegos insetívoros podem ser benéficos à economia do setor agrícola, se alimentando de insetos considerados pragas. Em Indiana, estima-se que uma única colônia de *Eptesicus fuscus* coma cerca de 1,3 milhões de insetos de espécies consideradas pragas em uma única noite, sendo potenciais controladores e redutores das populações dessas espécies (Whitaker, 1995). Somente para as culturas de algodão dos Estados Unidos, estima-se que os morcegos gerem uma economia de, no mínimo, 3,7 bilhões de dólares ao ano, podendo chegar a 53 bilhões, somente na prestação de serviços de controle de pragas agrícolas (Boyles et al., 2011). Considerando-se seu potencial de controlador de populações de pragas, os possíveis impactos de uma colônia com mais de 120 mil indivíduos de *Pteronotus gymnotus* no PARNA do Catimbau, assim como a importância para as famílias ainda presentes no interior e no entorno do parque, que em grande parte desenvolvem atividades agrícolas de subsistência, podem ser consideráveis.

Em uma análise de horizontes sobre a conservação de morcegos no Brasil, Bernard et al. (2012) apontam a necessidade de quantificar e valorar os serviços ambientais prestados por morcegos no Brasil, sendo o segundo tema mais relevante à ser explorado sobre os quirópteros brasileiros. Assim como em outros países, os morcegos brasileiros certamente prestam serviços ambientais nos biomas brasileiros, seja no controle de pragas agrícolas por insetívoros ou na recuperação de áreas degradadas por nectarívoros e frugívoros, porém esse tema ainda é negligenciado, não se sabendo ao certo o real valor dos serviços prestados por morcegos (Bernard et al., 2012). Embora

o conhecimento sobre a dieta de morcegos seja relativamente bem explorado no Brasil, essas informações são restritas a um pequeno número de espécies dentre a elevada diversidade encontrada pela extensão do território brasileiro, sendo geralmente abordado em caráter descritivo com espécies frugívoras. De certa forma, esse quadro é agravado por esforços ainda insípidos nas pesquisas em ambientes cavernícolas e, por consequência, das espécies a eles associadas. É notável ainda a dificuldade na determinação e identificação dos itens consumidos por morcegos insetívoros, deixando-se assim uma imensa lacuna pela ausência de informações dessa parcela da biodiversidade.

Ameaças às espécies vulneráveis e importância da conservação da caverna “Meu Rei”

É essencial destinar maiores esforços para a proteção de ambientes cavernícolas, que atualmente apresentam como maior ameaça as mudanças na legislação que retiraram sua proteção. As cavidades naturais subterrâneas recebiam proteção integral até o ano de 2008, com sua exploração somente em condições que assegurassem sua integridade física e manutenção do equilíbrio ecológico, sendo necessários processos de licenciamento ambiental para liberação de seu uso (Brasil, 1990). Entretanto, o Decreto Presidencial (DP) 6.640/08 de 2008 retirou a proteção inerente à todas as cavidades naturais brasileiras, de modo que sua proteção se tornou dependente de seu grau de relevância, determinado pela análise de oito atributos (Brasil, 2008). De acordo com a legislação vigente, cavernas consideradas de alta, média ou baixa relevância podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental, enquanto somente cavidades de máxima relevância ainda possuem a proteção anteriormente destinadas à todas as cavidades (Brasil, 2008).

A caverna “Meu Rei” foi recentemente avaliada quanto ao seu grau de relevância e apontada por Azevedo e Bernard (2015) como de máxima relevância. Para ser classificada como de máxima relevância, a cavidade natural precisa apresentar ao menos um de onze atributos constantes do DP 6.640/08 (Brasil 2008), dos quais dois são encontrados na caverna “Meu Rei”. Segundo o estudo de Azevedo e Bernard (2015), a caverna possui dimensões notáveis de extensão, sendo superior a cinco vezes à média das cavidades do PARNA, além de possuir espeleotemas únicos, com estalactites ativas encontradas somente nesta caverna.

A presença de populações geneticamente viáveis de espécies ameaçadas de extinção também é um dos atributos que definem a máxima relevância de uma caverna

(Brasil, 2008). Embora a presença de espécies ameaçadas não seja apontada por Azevedo e Bernard (2015) como um determinante para a classificação da caverna “Meu Rei”, a presença das espécies *N. macrourus* e *L. aurita* deve ser considerada como um fator importante para determinação da proteção da caverna, sendo *N. macrourus* apontada como em Risco Próximo pela IUCN (2015) e ambas consideradas Vulneráveis na lista nacional (MMA, 2014).

A espécie *N. macrourus* já foi registrada em 15 estados brasileiros e no Distrito Federal (Leal et al., 2012; Rocha et al., 2013), onde são registradas se abrigando somente em cavidades naturais, o que justifica sua classificação como essencialmente cavernícola (Guimarães e Ferreira, 2014). Vários natalídeos da região das Antilhas são restritos as *hot caves* por todo o ano ou durante o período reprodutivo (Ladle et al. 2012) e, embora informações sobre *N. macrourus* sejam limitadas pela falta de estudos de longo prazo, os dados obtidos na caverna “Meu Rei” demonstram a importância do abrigo para a espécie.

O registro constante de *N. macrourus* na caverna associado à ausência de registros de atividade reprodutiva indicam a ocupação durante todo o ano e não somente em período reprodutivo, sendo os abrigos deste tipo essenciais para a existência da espécie. De modo geral, natalídeos possuem baixa capacidade de dispersão (Ladle et al. 2012) e, em casos como o da rara espécie *N. major*, sua associação exclusiva com *hot caves* cria um potencial relativamente alto de extinção (Tejedor et al., 2004). As espécies adaptadas à *hot caves* apresentam esse alto risco de extirpação quando abrigos com características geomorfológicas semelhantes são escassos (Ladle et al., 2012), o que pode ocorrer no PARNA do Catimbau, onde não são registradas cavidades com características morfológicas similares à caverna “Meu Rei”, tais como dimensão e espelotemas ativos (Azevedo e Bernard, 2015).

Outra espécie considerada vulnerável pela lista do MMA (2014), *L. aurita*, é prioritariamente relatada em cavernas (Esbérard et al., 1997), embora já tenha sido registrada em tubulações de água (Mendes et al., 2011). Morcegos dessa espécie estão frequentemente associados a habitats florestais preservados e regiões com presença de cavernas (Handley e Ochoa, 1997), sendo considerado comum em áreas com elevada concentração de cavernas (Reid, 2009). Das 269 cavernas que já tiveram a quiropterofauna estudada no Brasil, *L. aurita* foi encontrada em 34 delas (12,64%), sendo a décima espécie mais frequente em cavidades naturais (Guimarães e Ferreira, 2014). Embora seja comum em regiões com cavernas, sua baixa frequência de registros

em cavidades naturais é provavelmente resultante da falta de longos monitoramentos destes abrigos, uma vez que esta espécie pode não estar constantemente no mesmo abrigo, como relatado no presente estudo.

Assim como *N. macrourus*, que mesmo possuindo ampla distribuição é classificada como “Em Risco Próximo” pela IUCN (2015) por sua dependência de cavernas (Dávalos e Tejedor, 2008), todas as espécies essencialmente cavernícolas deveriam ser consideradas na mesma categoria, uma vez que também dependem de cavernas para sua preservação (Guimarães e Ferreira, 2014). Quando considerada a diminuição da proteção de cavidades naturais pelo Decreto 6.640/08 (Brasil, 2008) esse quadro pode se tornar ainda mais grave, uma vez que cavidades que abriguem espécies essencialmente cavernícolas são passíveis de sofrer danos irreversíveis caso não apresentem algum atributo que as classifiquem como de máxima relevância, reduzindo descontrolavelmente essas populações.

Colônias de morcegos cavernícolas geralmente apresentam espécies ameaçadas onde quer que estejam presentes (Nowak, 1994), sendo que muitos destes animais são vulneráveis às perturbações antrópicas (Culver, 1986). O maior fator de deterioração dos ambientes terrestres é a visitação excessiva (Tercafs, 1992).

Siles et al. (2007) apontam a visitação em cavernas como uma possível perturbação em cavidades naturais da Bolívia, onde notaram a presença de visitantes gritando no interior dos abrigos e iluminando os morcegos com fortes luzes. Nesse mesmo estudo, os autores destacam a maior abundância de morcegos em cavernas que não são abertas a visitação, recomendando que as mesmas permaneçam fechadas para o público.

Além da visitação pública a própria incursão de pesquisadores no interior das cavernas pode ser um fator de perturbação das colônias, porém essas perturbações são raramente relatadas. Em estudo sobre a organização social de *Phyllostomus hastatus* em Trinidad, McCracken e Bradbury (1981) relatam a formação de pequenos haréns de fêmeas emigrantes de outros grupos, possivelmente em resposta à perturbação causada durante as coletas anteriores em suas colônias originais. Na Bolívia, *P. hastatus* abandonou uma das cavernas estudadas por Siles et al. (2007), que apontaram um possível abandono por perturbações causadas por visitantes e pelas atividades do estudo. No caso da caverna “Meu Rei”, a entrada dos pesquisadores durante o desenvolvimento deste trabalho pode ser um fator de perturbação do abrigo.

A diminuição ou perda de colônias pode ser um fator altamente impactante em nível local ou regional, resultando na perda de serviços ambientais prestados por morcegos. Nos Estados Unidos, a Síndrome do Nariz Branco (*White-nose syndrome*) vêm afetando morcegos cavernícolas durante sua hibernação, principalmente insetívoros da espécie *Myotis lucifugus*, com estimativas de mortalidade superiores a 75% das colônias nos dois primeiros anos de observação da doença (Blehert et al., 2009). Considerando-se que cada indivíduo de *M. lucifugus* consome entre 4 g e 8 g de insetos por noite durante o verão (Anthony e Kunz, 1977), Boyles e Willis (2010) estimaram o consumo de insetos anual por cada morcego da área afetada entre 660 a 1320 gramas de insetos, que representam entre 330 e 600 toneladas que deixaram de ser consumidos anualmente pelos morcegos mortos. Os impactos da perda de frugívoros e nectarívoros não são conhecidos, e embora uma pequena parcela da abundância encontrada na caverna “Meu Rei”, eles potencialmente contribuem na prestação de serviços ambientais no PARNA, de modo que sua perda também resultaria em um grande impacto ambiental nos serviços ecossistêmicos.

Segundo Tercafs (1992), a melhor forma de minimizar possíveis impactos em cavidades naturais é limitar a visitação, mesmo que não continuamente, ao menos por períodos específicos como durante a reprodução. Porém, com base nas observações realizadas na caverna “Meu Rei”, o período reprodutivo das espécies não parece ser restrito há um período determinado. Sendo assim, impedir as visitas é uma ação prioritária neste local, que pode ser atualmente um dos maiores abrigos de morcegos conhecido para o Brasil e está situado nos limites de um Parque Nacional. A restrição às visitas é importante devido ao acesso livre que a população tem ao abrigo, mesmo que a caverna não seja caracterizada por uma beleza cênica ou possua recursos que justifiquem sua exploração turística ou econômica. Da mesma forma, evitar a intensificação de atividades de pesquisa em uma mesma cavidade pode ser uma ação preventiva necessária, uma vez que não é conhecido ao certo o limiar entre uma ação de perturbação pontual e uma perturbação crônica, sendo necessário um controle estrito da liberação de pesquisas pelo ICMBio.

Agradecimentos

Ao CNPq e Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza pelo financiamento do projeto. Ao PELD Catimbau pelo apoio logístico em campo. Aos integrantes do Laboratório de Ciência Aplicada à Conservação da Biodiversidade pelo

auxílio na coleta de dados. À equipe do Voxar Labs pelo apoio técnico no desenvolvimento do sistema. À Facepe pela bolsa concedida ao primeiro autor.

Referências

- ALTRINGHAM, J.D. 1996. Bats, biology and behavior. Oxford Unis. Press, Oxford, 262p.
- ANDRADE, K.A.V.S., RODAL, M.J.N., LUCENA, M.F.A. E GOMES, A.P.S. 2004. Composição florística de um trecho do Parque Nacional do Catimbau, Buíque, Pernambuco – Brasil. *Hoehnea*, 31(3): 337-348.
- ANTHONY, E.L.P. E KUNZ, T.H. 1977. Feeding strategies of the little brown bat, *Myotis lucifugus*, in southern New Hampshire. *Ecology*, 58: 775–86.
- ARITA, H.T. 1993. Conservation biology of the cave bats of Mexico. *Journal of Mammalogy*, 74(3): 693-702.
- AZEVEDO, I.S. E BERNARD, E. 2015. Avaliação do nível de relevância e estado de conservação da caverna “Meu Rei” no PARNA Catimbau, Pernambuco. *Revista Brasileira de Espeleologia*, 1(5): 1-23.
- BARBOSA, D.C.A., BARBOSA, M.C.A. E LIMA, L.C.M. 2003. Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga. Pp. 657-694, em: *Ecologia e Conservação da Caatinga* (LEAL I.R., TABARELLI M. E SILVA J.M.C., Eds). Editora Universitária da UFPE, Recife, 822p.
- BERNARD, E., AGUIAR, L.M.S., BRITO, D., CRUZ-NETO, A.P., GREGORIN, R., MACHADO, R.B., OPREA, M., PAGLIA, A.P. E TAVARES, V.C. 2012. Uma análise de horizontes sobre a conservação de morcegos no Brasil. Pp. 19-35, em: *Mamíferos do Brasil: genética, sistemática, ecologia e conservação* (FREITAS, T.R.O. E VIERA, E.M., Eds.). Sociedade Brasileira de Mastozoologia, Rio de Janeiro.
- BERNARD, E., MACHADO, R.B. E AGUIAR, L.M.S. 2011. Discovering the Brazilian bat fauna: a task for two centuries? *Mammal Review*, 41(1):23-39.
- BLEHERT, D.S., HICKS, A.C., BEHR, M., METEYER, C.U., BERLOWSKI-ZIER, B.M., BUCKLES, E.L., COLEMAN, J.T., DARLING, S.R., GARGAS, A., NIVER, R., OKONIEWSKI, J.C., RUDD, R.J. E STONE, W.B. 2009. Bat white-nose syndrome: An emerging fungal pathogen? *Science*, 323(5911):227.
- BOYLES, J.G., CRYAN, P.M., MCCRACKEN, G.F. E KUNZ, T.H. 2011. Economic importance of bats in agriculture. *Science*, 1: 41-42.

- BOYLES, J.G. E WILLIS, C.K.R. 2010. Could localized warm areas inside cold caves reduce mortality of hibernating bats affected by White-nose syndrome? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8(2): 92-98.
- BRASIL. Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008. Dá nova redação ao Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. *Diário Oficial da União*, de 10/11/2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm>. Acesso em: 20 de novembro de 2015.
- BRASIL. Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. *Diário Oficial da União*, de 02/10/1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D99556.htm>. Acesso em: 20 de novembro de 2015.
- BRAUN, P.J. E ESTEVES PEREIRA, E. 2003. Brasil and its Columnar Cacti – 70 years after Werdermann. *Kaktusy*, 39 (Special 2002/1): 1–47.
- BREDT, A., ARAÚJO, F.A.A., CAETANO-JUNIOR, J., RODRIGUES, M.G.R., YOSHIKAWA, M., SILVA, M.M.S., HARMANI, N.M.S., MASSUNAGA, P.N.T., BÜRER, S.P., POTRO, V.A.R. E UIEDA, W. 1996. Morcegos em áreas urbanas e rurais: manual de manejo e controle. Fundação Nacional de Saúde, Ministério da Saúde, Brasília. 117p.
- BREDT, A., UIEDA, W. E MAGALHÃES, E.D. 1999. Morcegos cavernícolas da região do Distrito Federal, centro-oeste do Brasil (Mammalia, Chiroptera). *Revista Brasileira de Zoologia*, 16(3): 731-770.
- BRITO, J.E.C., GAZARINI, J. E ZAWADZKI, C.H. 2010. Abundância e frugivoria da quiropterofauna (Mammalia, chiroptera) de um fragmento no noroeste do Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 32(3): 265-271.
- BRONSON, F.H. E HEIDEMAN, P.D. 1994. Seasonal regulation of reproduction in mammals. Pp. 541-583, em: *The Physiology of Reproduction*. 2.ed. (KNOBIL, E. E NEILL, J.D., Eds). Raven Press, New York.
- BRUNET-ROSSINI, A.K. E WILKINSON, G.S. 2009. Methods for age estimation and the study of senescence in bats. Pp. 315-325, em: *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*, 2.ed., (KUNZ, T.H. E PARSONS, S., Eds). The Johns Hopkins University Press, Baltimore.

- CECAV – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. 2014. Croqui da Furna de Meu Rei. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.
- CHARLES-DOMINIQUE, P. 1986. Inter-relations between frugivorous vertebrates and pioneer plants: *Cecropia*, birds and bats in French Guiana. Pp. 119-136, em: Frugivores and seed dispersal (ESTRADA, A. E FLEMING, T.H., Eds.). Junk Publishers, Dordrecht.
- CHARLES-DOMINIQUE, P. 1991. Feeding strategy and activity budget of the frugivorous bat *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae) in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology*, 7: 243-256.
- CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. 2001. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Pernambuco. Serviço Geológico do Brasil. Recife.
- CULVER, D.C. 1986. Cave faunas. Pp. 427-443, em: Conservation biology, the science of scarcity and diversity (SOULÉ, M.E., Ed.). Sinauer, Sunderland, pp. 427-443.
- DAJOZ, R. 1983. Ecologia Geral. Vozes, Petrópolis. 472p.
- DÁVALOS, L. E TEJEDOR, A. *Natalus espiritasantensis*. In: The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. 2008. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 09 set. 2014.
- DOBAT, K. E PEIKERT-HOLLE, T. 1985. Blüten und Fledermäuse, Bestäubung durch Fledermäuse und Flughunde (Chiropterophilie). Waldemar Kramer, Frankfurt.
- ESBÉRARD, C.E.L., ASTÚA, D., GEISE, L., COSTA, L.M. E PEREIRA, L.G. 2012. Do Young *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae) present higher infestations rates of Streblidae (Diptera)? *Brazilian Journal of Biology*, 72(3): 617-621.
- ESBÉRARD, C.E.L. E BERGALLO, H.G. 2004. Aspectos sobre a biologia de *Tonatia bidens* (Spix) no estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(2): 253-259.
- ESBÉRARD, C.E.L., LUZ, E.M. E CHAGAS, A.S. 1999. Uso de residências para refúgios por morcegos no estado do Rio de Janeiro (Mammalia: Chiroptera). *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, 21(1): 17-20.
- ESBÉRARD, C.E.L., MARTINS, L.F.S., CRUZ, R.C., COSTA, R.C., NUNES, M.S., LUZ, E.M. E CHAGAS, A.S. 1997. Aspectos da biologia de *Lonchorhina aurita* no estado do Rio de Janeiro (Mammalia: Chiroptera, Phyllostomidae). *Bioikos*, 10(1-2): 46-49.
- FABIÁN, M.E., RUI, A.M. E WAECHTER, J.L. 2008. Plantas utilizadas como alimento por morcegos (Chiroptera, Phyllostomidae), no Brasil. Pp. 51-70, em: Ecologia de

- morcegos (REIS, N.R., PERACCHI, A.L. E SANTOS, G.A.S.D., Eds). Technical Books Editora, Londrina. 148p.
- FADINI, R.F. E CASTRO, A.B. 2013. Subterranean watercourses may ‘rescue’ seeds dispersed by fruit-eating bats in caves. *Acta Chiropterologica*, 15(1): 105-112.
- FARIA, D.M. 1996. Uso de recursos alimentares por morcegos filostomídeos fitófagos na reserva de Santa Genebra, Campinas, São Paulo. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP.
- FARIAS, G.B. 2009. Aves do Parque Nacional do Catimbau, Buíque, Pernambuco, Brasil. *Atualidades Ornitológicas* 147: 36-39.
- FELIX, S., NOVAES, R.L.M., SOUZA, R.F. E SANTORI, R.T. 2013. Diet of *Tonatia bidens* (Chiroptera, Phyllostomidae) in the Atlantic Forest area, southeast Brazil: first evidence for frugivory. *Mammalia*, 74(4): 451-454.
- FERREIRA, J.V.A., FABRICANTE, F.R. E SIQUEIRA FILHO, J.A. 2015. Checklist preliminar de Bromeliaceae do Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco, Brazil. *Natureza on line*, 13(2): 92-97.
- FLEMING, T.H. 1971. *Artibeus jamaicensis*: delayed embryonic development in a neotropical bat. *Science*, 171,402-404.
- FLEMING, T.H. 1982. Foraging strategies of plant-visiting bats. Pp. 287-325, em: *Ecology of bats*. (KUNZ, T.H., Ed.). Plenum Press, New York.
- FLEMING, T.H. E HEITHAUS, E.R. 1981. Frugivorous bats, seed shadows, and the structure of the tropical forest. *Biotropica*, 13 (suppl.): 45-53.
- FLEMING, T.H., HOOPER, E.T. E WILSON, D.E. 1972. Three Central American bat communities: structure, reproductive cycles, and movement patterns. *Ecology*, 53: 555-569.
- FLEMING, T.H. E SOSA, V.J. 1994. Effects of nectarivorous and frugivorous mammals on reproduction of seeds. *Journal of Mammalogy* 75: 845-851.
- GALINDO-GONZÁLEZ, J. E GUEVARA, S., SOSA, V.J. 2000. Bat- and Bird-generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical forest. *Conservation Biology*, 14 (6): 1693-1703.
- GALLETI, M., PIZO, M.A. E MORELLATO, P.C. 2006. Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. Pp. 395-422, em: *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre* (CULLEN JR, L., RUDRAN, R. E VALLADARES-PADUA, C, Orgs.). Editora Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

- GARDNER, A.L. 2007. Mammals of South America: Marsupials, Xenarthrans, Shrews and Bats. v.1. The University of Chicago Press, 690p.
- GONSALVES, L., BICKNILL, B., LAW, B., WEBB, C. E MONAMY, V. 2011. Mosquito consumption by insectivorous bats: does size matter? Plos One, 8 (10): 1-11.
- GREENHALL, A.M., SCHMIDT, U. E JOERMANN, G. 1984. *Diphylla ecaudata*. Mammalian Species, 227: 1-3.
- GRIZ, L.M.S. E MACHADO, I.C.S. 2001. Fruit phenology and seed dispersal syndromes in Caatinga, a tropical dry forest in the Northeastern of Brazil. Journal of Tropical Ecology, 17:303-321.
- GUIMARÃES, M.M. E FERREIRA, R.L. 2014. Morcegos cavernícolas do Brasil: novos registros e desafios para conservação. Revista Brasileira de Espeologia, 2(4): 1-33.
- HANDLEY, C.O. E OCHOA, J. 1997. New species of mammals from northern South America: a sword-nosed bat, genus *Lonchorhina* Tomes (Chiroptera, Phyllostomidae). Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle, 57: 71-82.
- HAPPOLD, D.C.D. E HAPPOLD, M. 1990a. Reproductive strategies of bats from Africa. Journal of Zoology, 222,557-583.
- HAPPOLD, D.C.D. E HAPPOLD, M. 1990b. The domiciles, reproduction, social organisation and sex ratios of the banana bat *Pipistrellus nanus* (Chiroptera, Vespertilionidae) in Malawi, Central Africa. Zeitschrift fur Säugetierkunde, 55: 145-160.
- HEIDEMAN, P.D., DEORAJ, P. E BRONSON, F.H. 1992. Seasonal reproduction of a tropical bat, *Anoura geoffroyi*, in relation to photoperiod. Journal of Reproduction and Fertility, 96,765-773.
- HEPBURN, H.R. E RADLOFF, S.E. 1995. First approximation to a phenology of the honeybees (*Apis mellifera*) and flora of Africa. Oecologia 101, 265-273.
- HOWELL, D.J. E BURCH, D. 1974. Food habits of some Costa Rican bats. Revista de Biología Tropical, 21(2): 281-294.
- ITO, F.S., TORRES, R.A. E BERNARD, E. DNA fecal e a dieta do morcego vampiro *Diphylla ecaudata* (Phyllostomidae: Chiroptera) na Caatinga de Pernambuco. Com. pess.

- IUCN. 2015. The IUCN Red List of Threatened Species. International Union for Conservation of Nature. Disponível em: < <http://www.iucnredlist.org/>>. Acesso em: 17 set. 2015.
- KALKO, E.K.V., HANDLEY JR, C.O. E HANDLEY, D. 1996. Organization, diversity, and long-term dynamics of a neotropical bat community. Pp. 503-553, em: Long-term studies of vertebrate communities (CODY, M.L. E SMALLWOOD, J.A., eds.). Academic Press, San Diego.
- KUNZ, T.H. 1982. Roosting ecology of bats. Pp.1-55, em: Ecology of bats (KUNZ, T.H., Ed.). New York, Plenum Press, 425p.
- KUNZ, T.H. E INGALLS, A. 1994. Folivory in bats: an adaptation derived from frugivory. *Functional ecology*, 8(5): 665-668.
- KURTA, A., BELL, G.R., NAGY, K.A. E KUNZ, T.H. 1989. Energetics of pregnancy and lactation in free-ranging little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Physiological Zoology*, 62,804-818.
- LADLE, R.J., FIRMINO, J.V.L., MALHADO, A.C.M. E RODRÍGUEZ-DURÁN, A. 2012. Unexplored diversity and conservation potential of Neotropical Hot Caves. *Conservation Biology*, 26(6): 978-982.
- LEAL, E.S.B., RAMALHO, D.F., MILLER, B.G., PASSOS FILHO, P.B., PRADO NETO, J.G., NOVA, F.V.P.V., LYRA-NEVES, R.M., MOURA, G.J.B. E TELINO-JÚNIOR, W.R. 2012. Primeiro registro da família Natalidae (Mammalia: Chiroptera) para a Caatinga do estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zootecias*, 14 (1,2,3): 243-253.
- MACHADO, I.C.S. E LOPES, A.V. 2004. Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Annals of Botany*, 94: 365–376.
- MARINHO-FILHO, J. Padrões de atividade e utilização de recursos alimentares por seis espécies de morcegos filostomídeos na Serra do Japo, Jundiá, São Paulo. Campinas-SP: Universidade Estadual de Campinas, 1985.
- MARQUES, A.S. 1985. Espécies associadas e algumas características físicas influenciando na presença de *Carollia perspicillata* em bueiros na região de Manaus, AM (Mammalia, Chiroptera: Phyllostomidae). *Acta Amazonica* 15(1-2): 243-248.
- MARTINS, M.P.V., TORRES, J.M. E ANJOS, E.A.C. 2014. Dieta de morcegos filostomídeos (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae) em fragmento urbano do Instituto São Vicente, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 54(20): 299-305.

- MARTUSCELLI, P. 1995. Avian predation by the Round-eared bat (*Tonatia bidens*, Phyllostomidae) in the Brazilian Atlantic Forest. *Journal of Tropical Ecology*, 11(3): 461-464.
- MCCRACKEN, G.F. E BRADBURY, J.W. 1981. Social organization ad kinship in the Polygynous Bat *Phyllostomus hastatus*. *Behavior Ecology and Sociobiology*, 8: 11-34.
- MELLO, M.A.R. 2002. Interações entre o morcego *Carollia perspicillata* (Phyllostomidae) e plantas do gênero *Piper* (Piperaceae) em uma área de Mata Atlântica. *Biota Neotropica*, 3(2).
- MENDES, P., VIEIRA, T.B., OPREA, M., BRITO, D. E DITCHFIELD, A.D. 2011. Roost use by bats in Espírito Santo, Brazil: comparison of a protect área, a rural landscape, and a urban landscape. *Cuadernos de Investigación UNED*, 3(2): 195-201.
- MMA. 2014. Espécies Ameaçadas – Lista 2014. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Disponível em: <
<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/lista-de-especies.html>>. Acesso em: 17 set. 2015.
- MUNIN, R.L. Nicho trófico de morcegos filostomídeos no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul. Campo Grande-MS: UFMS, 2008.
- MUNIN, R.L., FISCHER, E. E GONÇALVES, F. 2012. Food habits and dietary overlap in a Phyllostomid Bat Assemblage in the Pantanal of Brazil. *Acta Chiropterologica*, 14(1): 195.204.
- MULLER, M.F. E REIS, N.R. 1992. Partição de recursos alimentares entre quatro espécies de morcegos frugívoros (Chiroptera, Phyllostomidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 9(3-4): 345-355.
- NIMER, E. 1972. Climatologia da região Nordeste do Brasil. Introdução à climatologia dinâmica. *Revista Brasileira de Geografia*, 34: 3-51.
- NOGUEIRA, M.R., DIAS, D. E PERACCHI, A.L. 2007. Subfamília Glossophaginae. Pp. 45-59, em: *Morcegos do Brasil* (REIS, N.R., PERACCHI, A.L., PEDRO, W.A. E LIMA, I.P., Eds). Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- NOGUEIRA, M.R., LIMA, I.P., MORATELLI, R., TAVARES, V.C., GREGORIN, R. E PERACCHI, A.L. 2014. Checklist of Brazilian bats, with comments on original records. *Check List*, 10(4): 808-821.
- NOVAK, R.M. 1994. *Walker's Bats of the World*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 287p.

- PEEL, M.C., FINLAYSON, B.L. E MCMAHON, T.A. 2007. Update world map of the Koppen-Geiger climate classification. *Hidrology and Earth System Sciences*, 11: 1633-1644.
- PEREIRA, M.J.R. E PALMERIN, J.M. 2013. Latitudinal diversity gradients in New World Bats: Are They a Consequence of Niche Conservatism? *Plos One* 8(7).
- PERINI, F.A., TAVARES, V.C. E NASCIMENTO, C.M.D. 2003. Bats from thee city of Belo Horizonte, Minas Gerais, Southeastern Brazil. *Chiroptera Neotropical*, 9(1-2): 169-173.
- PILÓ, L.B., AULER, A. 2011. Introdução à espeleologia. Pp. 7-23, em: *Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental III* (CECAV, Org.). Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 196p.
- POUGH, H.F., ANDREWS, R.M., CADLE, J.E., CRUMP, M.L., SAVITZKY, A.H. E WELLS, K.D. 2004. *Herpetology*. Pearson Prentice-Hall, New Jersey.
- PRADO, D.E. 2003. As Caatingas da América do Sul. Pp. 3-74, em: *Ecologia e Conservação da Caatinga* (LEAL, I.R, TABARELLI. M. E SILVA, J.M.C., Eds). Editora Universitária da UFPE, Recife, 822p.
- QUIRINO, Z.G.M. E MACHADO, I.C. 2014. Pollination syndromes in a Caatinga plant community in northeaster Brazil: seasonal availability of floral resources in diferente plant growth habits. *Brazilian Journal of Biology*, 74(1): 62-71.
- PORSCH, O. 1939. Das Bestäubungsleben der Kakteen-blüte II. *Cactaceae. Jarbuch Deutsche Kakteen-Gesellschaft 1929*: 81-142.
- QUEIROZ, J.A., QUIRINO, Z.G.M., LOPES, A.V. E MACHADO, I.C. 2016. Vertebrate mixed pollination system in *Encholirium spectabile*: a bromeliad pollinate by bats, opossum, and hummingbirds in a tropical dry forest. *Journal of Arid Environments*, 125: 21-30.
- RACEY, P.A. 1982. Ecology of bat reproduction. Pp. 57-104, em: *Ecology of Bats* (KUNZ, T.H., Ed.). Plenum Press, New York.
- RACEY, P.A. 2009. Reproductive assessment of bats. Pp. 249-264, em: *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*, 2.ed. (KUNZ, T.H. E PARSONS, S., Eds). The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- RACEY, P.A. E ENTWHISTLE, A.C. 1999. Life history and reproductive strategies of bats. Pp. 363-414, em: *Reproductive Biology of Bats*. (KRUTZSCH, P.H. E CRICHTON, E.G., Eds). Academic Press, New York.

- RAUTENBACH, I.L., KEMP, A.C. E SCHOLTZ, CH. 1988. Fluctuations in availability of arthropods correlated with microchiropteran and avian predator activities. *Koedoe*, 3(1): 77-90.
- REID, F. 2009. A field guide to the mammals of Central America and southeast Mexico, 2. ed. Oxford University Press, New York.
- REIS, A.C. 1976. Clima da Caatinga. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 48: 325-335.
- REIS, N.R. E PERACCHI, A.L. 1987. Quirópteros da região de Manaus, Amazonas, Brasil (Mammalia, Chiroptera). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Zoologia*, 3(2): 161-182.
- REIS, N.R., SHIBATTA, A.O., PERACCHI, A.L., PEDRO, W.A. E LIMA, I.P. 2007. Sobre os morcegos brasileiros. Pp. 17-24, em: *Morcegos do Brasil* (REIS, N.R., PERACCHI, A.L., PEDRO, W.A. E LIMA, I.P., Eds). Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- REISKIND, M.H. E WUND, M.A. 2009. Experimental assessment of the impacts of Northern Long-Eared Bat on oviposition *Culex* (Diptera: Culicidae) mosquitoes. *Journal of Medical Entomology*, 46 (5): 1037-1044.
- RICKLEFS, R.E. 1990. *Ecology*. Freeman and Company, New York.
- ROCHA, E.A., MACHADO, I.C. E ZAPPI, D.C. 2007. Floral biology of *Pilosocereus tuberculatus* (Werderm.) Byles & Roley: a bat pollinated cactus endemic from the "Caatinga" in the northeastern Brazil. *Bradleya* 25: 128-144.
- ROCHA, P.A., MIKALOUSKAS, J.S., BOCCHIGLIERI, A., FEIJÓ, J.A. E FERRARI, S.F. 2013. An update on the distribution of the Brazilian funnel-eared bat, *Natalus macrourus* (Gervais, 1856) (Mammalia, Chiroptera), with new records from the Brazilian Northeastern. *Check List*, 9(3): 675-679.
- RODRÍGUEZ-DURÁN, A. 1995. Metabolic rates and thermal conductance in four species of Neotropical bats roosting in hot caves. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A, Physiology*, 110(4): 347-355.
- RODRÍGUEZ-DURÁN, A. 1998. Nonrandom aggregations and distribution of cave dwelling bats in Puerto Rico. *Journal of Mammalogy*, 79(1): 141-146.
- RODRÍGUEZ-DURÁN, A. E SOTO-CENTENO, J.A. 2003. Temperature selection by tropical bats roosting in caves. *Journal of Thermal Biology*, 28: 465-468.

- SÁNCHEZ-HERNANDEZ, C. E ROMERO-ALAMARAZ, M.L. 1995. Murciélagos de Tabasco y Campeche: una propuesta para su conservación. Cuadernos del Instituto del Biología 24. Universidad Nacional Autónoma del México, México. 217p.
- SILES, L., MUÑOZ, A. E AGUIRRE, L.F. 2007. Bat diversity in three caves in a montane forest of Bolivia. *Ecotropica*, 13: 67-74.
- SILVA, S.S.P., GUEDES, P.G., CAMARDELLA, A.R. E PERACCHI, A.L. 2004. Durvey of bats (Mammalia, Chiroptera), with comments on reproduction status, in Serra das Almas private heritage reserve, in the state of Ceará, northwestern of Brazil. *Chiroptera Neotropical*, 10(1-2): 191-195.
- SIMMONS, N.B. 2005. Chiroptera. Pp. 312-529, em: *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference* (WILSON, D.E. E REEDER, D.M., Eds.). Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- SNE – SOCIEDADE NORDESTINA DE ECOLOGIA. 2002. Projeto técnico para a criação do Parque Nacional do Catimbau/PE. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco – SECTMA, Recife.
- STEVENS, R.D. 2004. Untangling latitudinal richness gradients at higher taxonomic levels: familial perspectives on the diversity of New World bat communities. *Journal of Biogeography*, 31: 665-674.
- STATSOFT. 2007. *Statistica* (data analysis software system). versão 8.
- STEARNS, S.C. 1992. *The Evolution of life Histories*. Oxford University Press, Oxford.
- SOUSA, A.E.B.A., LIMA, D.M. E LYRA-NEVES, R.M. 2012. Avifauna of the Catimbau National Park in the brazilian state od Pernambuco, Brazil: species richness and spatio-temporal variation. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 20(3): 230-245.
- TADDEI, V.A. E UIEDA, W. 2001. Distribution and Morphometrics of *Natalus stramineus* from South America (Chiroptera, Natalidae). *Iheringia, Série Zoologia*, (91): 123-132.
- TAMSITT, J.R. 1967. Niche and species diversity in Neotropical bats. *Nature*, 213 (5078): 784-786.
- TEJEDOR, A., SILVA-TABOADA, G. E RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, D. 2004. Discovery of extant *Natalus major* (Chiroptera: Natalidae) in Cuba. *Mammalian Biology – Zeitschrift fur Säugetierkunde*, 69:153–162.
- TERCAFS, R. 1992. The protection of the subterranean environment. Pp. 57-103, em: *The Natural History of Biospeleology* (Camacho, A.I., Ed.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, Spain: 57-103.

- TORRES, J.M. E ANJOS, E.A.C. 2012. Estrutura da comunidade de morcegos da área em regeneração da Fazenda Cervinho, Bandeirantes, Mato Grosso do Sul. *Multitemas*, 41: 109-122.
- TRAJANO, E. 1984. Ecologia de populações de morcegos cavernícolas em uma região cárstica do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 2(5): 255-320.
- TRAJANO, E. 1987. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. *Revista Brasileira de Zoologia*, 3(8): 533-561.
- TRAJANO, E. 1995. Protecting caves for the bats or bats for the caves? *Chiroptera Neotropical*, 1(2): 19-22.
- TRAJANO, E. 1996. Movimentos of cave bats in Southeastern Brazil, with emphasis o the population ecology of the Common Vampire Bat, *Desmodus rotundus* (Chiroptera). *Biotropica*, 28 (1): 121-129.
- TUTTLE, M.D. 1970. Distribution and zoogeography of Peruvian bats, with comments o natural history. *University of Kansas Science Bulletin*, 49(2): 45-86.
- TUTTLE, M.D. 1988. America's neighborhood bats. University of Texas Press, Austin. 96p.
- UIEDA, W. 1993. Comportamento alimentar do morcego hematófago *Diaemus youngi*, em aves domésticas. *Revista Brasileira de Biologia* 53(4): 529-538.
- VIZOTTO, L.D., RODRIGUES, D. E DUMBRA, A. 1980. Sobre ocorrência e dados biométricos de *Pteronotus (Pteronotus) gymnonotus* (Natterer, in Wagner, 1843) no Estado do Piauí (Chiroptera-Mormoopidae). *Revista Nordestina de Biologia*, 3(especial): 246.246.
- WEBSTER, W.D. 1983. Systematics and evolution of bats of the genus *Glossophaga*. Tese de doutorado, Texas Tech University, Lubbock. 332p.
- WHITAKER JR, J.O. 1995. Food of the big grown bat *Eptesicus fuscus* from maternity colonies in Indiana ad Illinois. *American Midland Naturalist*, 134: 346-360.
- WHITAKER JR, J.O. E FINDLEY, J.S. 1980. Foods eaten by some bats from Costa Rica and Panama. *Journal of Mammalogy*, 61(3): 540-544.
- WILLIG, M;R. 1985a. Ecology, reproductive biology and systematics of *Neoplatymops mottogrossensis* (Chiroptera: Molossidae). *Journal of Mammalogy*, 66,618-628.
- WILLIG, M.R. 1985b. Reproductive activity of female bats from Northeast Brazil. *Bat Research News*, 26(2): 17-20.
- WILLIG, M.R. 1985c. Reproductive patterns of bats from Caatingas and Cerrado biomes of the northeast Brazil. *Journal of Mammalogy*, 66(4): 668-681.

- WILLIG, M.R., CAMILO, G.R. E NOBLE, S.J. 1993. Dietary overlap in frugivorous and insectivorous bats from edaphic Cerrado habitats of Brazil. *Journal of Mammalogy*, 74(1): 117-128.
- WILSON, D.E. 1979. Reproductive patterns. Pp. 317-378, em *Biology of bats of the New World Family Phyllostomatidae*. Part 111. RJ Baker, JK Jones Jr., DC Carter (Eds.). Special Publications the Museum Texas Tech University, 16:1-441.
- YALDEN, D.W. E MORRIS, P.A. 1975. *The lives of bats*. Red Wood Burn, London. 247p.
- ZORTÉA, M. E MENDES, S.L. 1993. Folivory in the Big Fruit-eating Bat, *Artibeus lituratus* (Chiroptera: Phyllostomidae) in eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 9(1): 117-120.

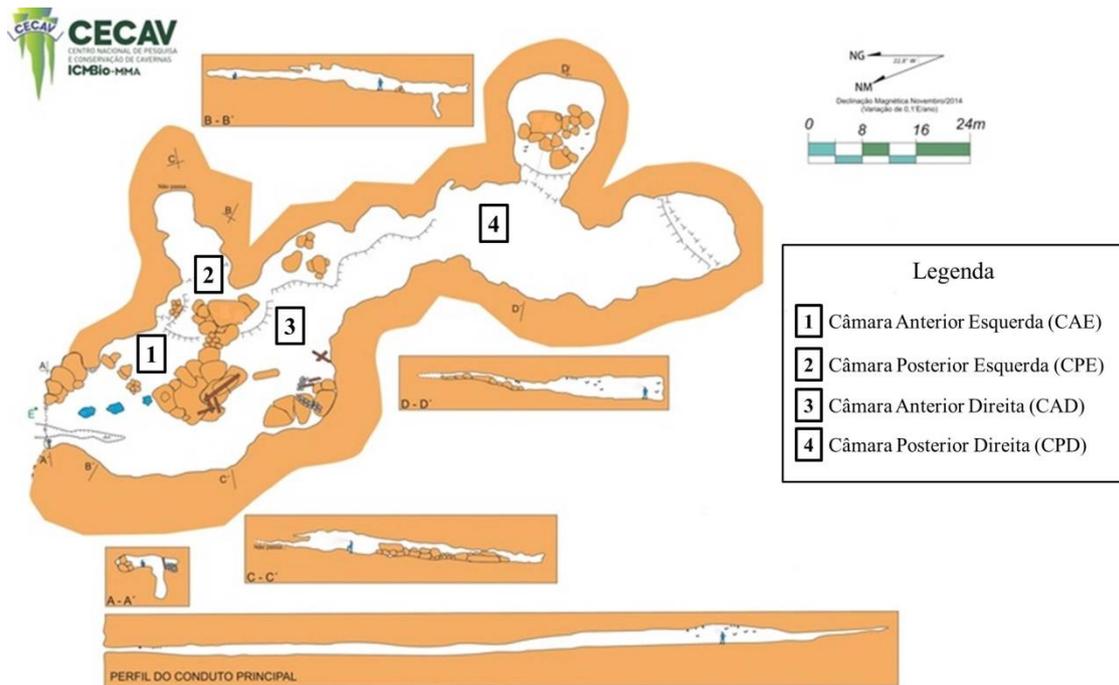


Figura 1. Esquema da caverna “Meu Rei” com a distribuição das câmaras. Adaptado do Croqui elaborado pelo CECAV (2015).

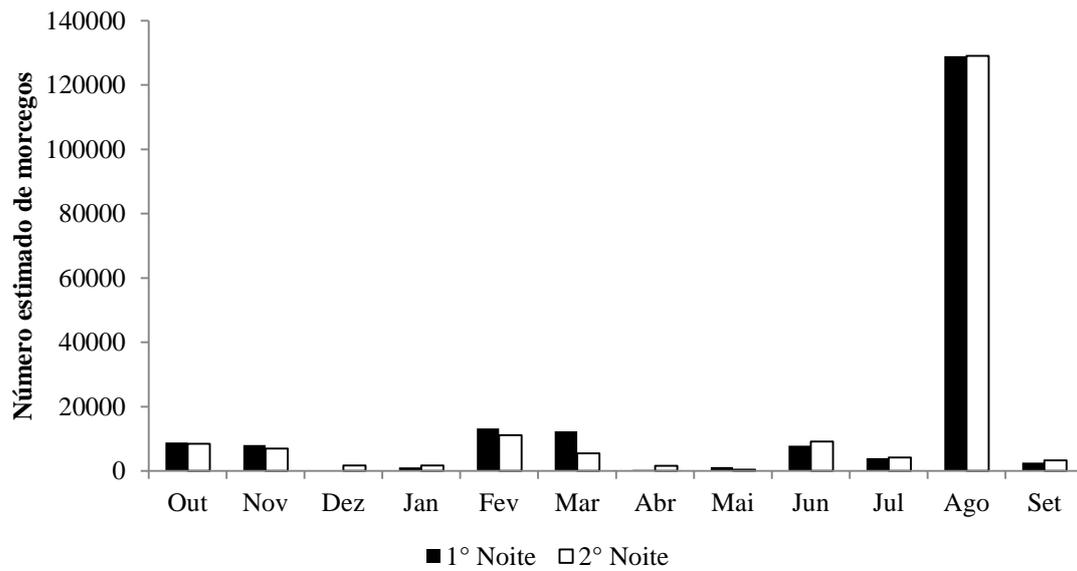


Figura 2. Número estimado de morcegos na primeira e segunda noites de amostragem entre outubro de 2014 e setembro de 2015 na caverna “Meu Rei”, Tupanatinga, Pernambuco.

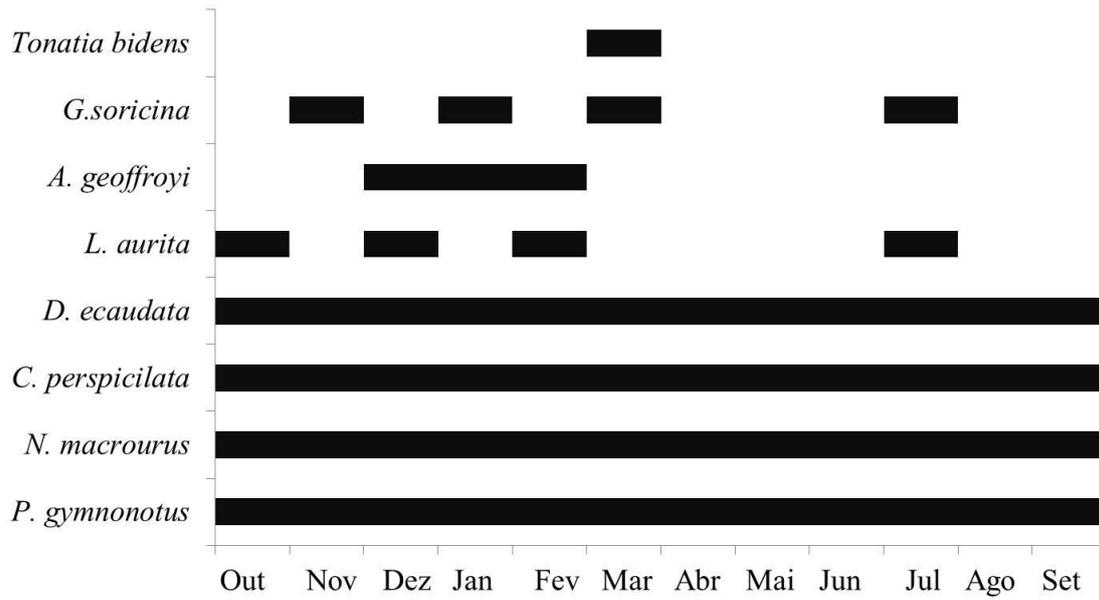


Figura 3. Registro temporal (barras negras) de presença das espécies de morcegos ocorrentes entre outubro de 2014 e setembro de 2015 na caverna “Meu Rei”, Tupanatinga, Pernambuco.

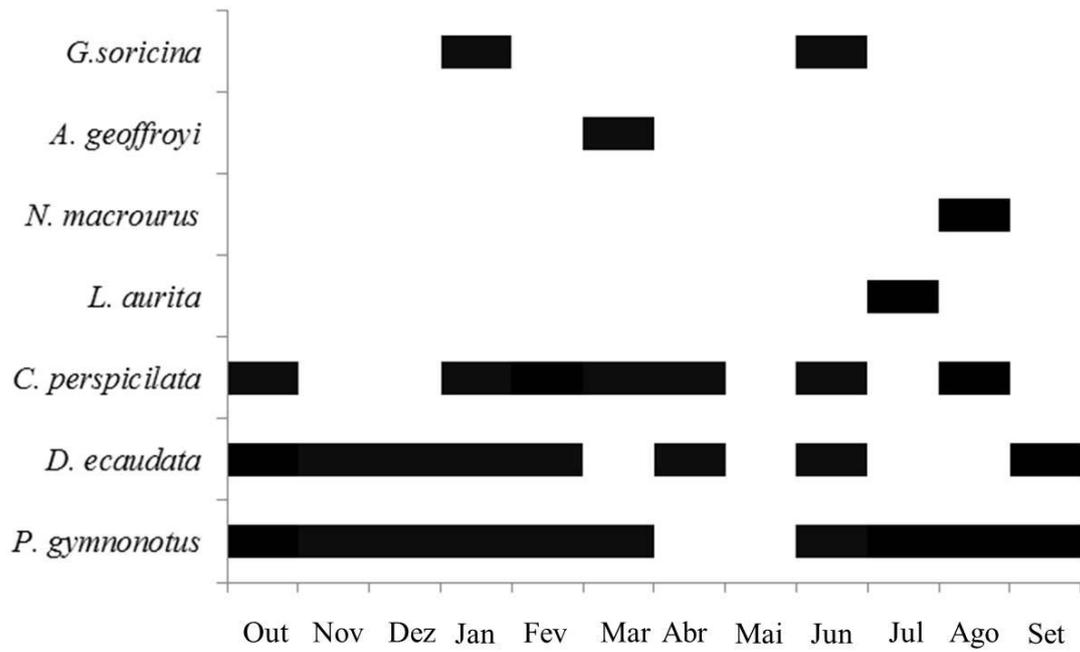


Figura 4. Registro temporal (barras negras) de presença de machos reprodutivos para as espécies de morcegos ocorrentes entre outubro de 2014 e setembro de 2015 na caverna “Meu Rei”, Tupanatinga, Pernambuco.

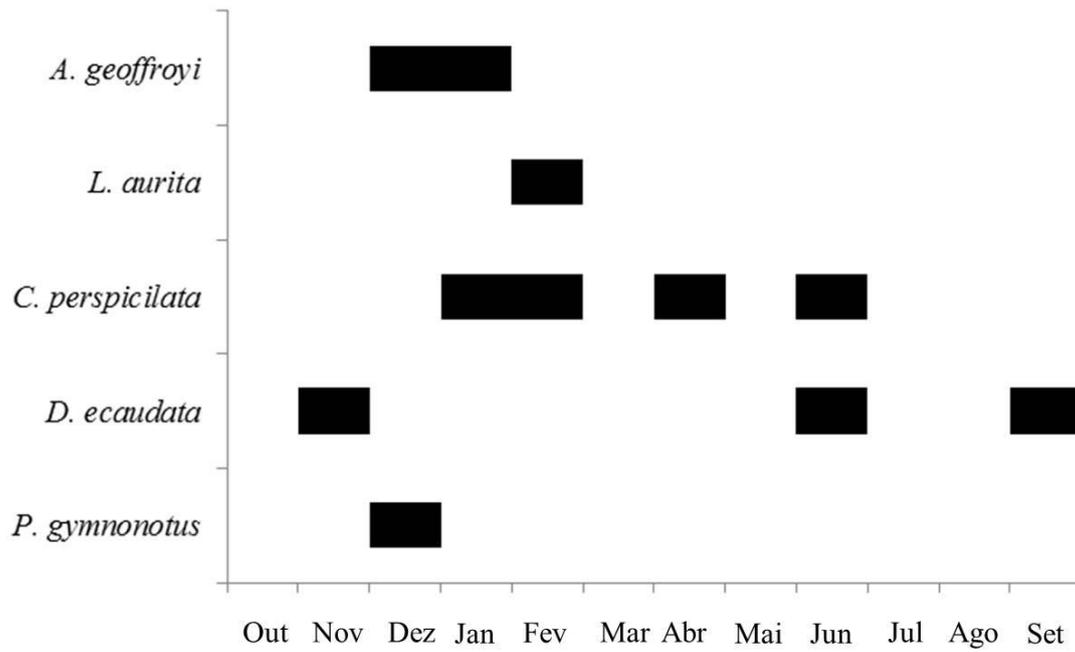


Figura 5. Registro temporal (barras negras) de presença de fêmeas reprodutivas para as espécies de morcegos ocorrentes entre outubro de 2014 e setembro de 2015 na caverna “Meu Rei”, Tupanatinga, Pernambuco.

Tabela 1. Número de capturas, tipo de ocupação, constância, guildas tróficas e status de conservação das espécies de morcegos ocorrentes na caverna “Meu Rei” no Parque Nacional do Catimbau, Tupanatinga, Pernambuco. TO – Tipo de ocupação: EC – Essencialmente Cavernícola; CO – Cavernícola Oportunista; C – Constância; Cons – Constante; Aces – Acessória; Acid – Acidental; Hema – Hematófago; Nect – Nectarívoro; Inse – Insetívoro; Oniv – Onívoro; Frug – Frugívoro; LC – Pouco preocupante; NT – Quase ameaçada; DD – Deficiente em dados; NA – Não Ameaçada, VU – Vulnerável.

Táxon	Fêmea		Macho		Total	TO	C (%)	Guilda	IUCN	MMA
	Jovem	Adulto	Jovem	Adulto						
Phyllostomidae										
Desmodontinae										
<i>Diphylla ecaudata</i> Spix, 1823	4	7	5	13	29	EC	Cons (100,00)	Hema	LC	NA
Glossophaginae										
<i>Anoura geoffroyi</i> Gray, 1838	-	4	-	1	5	EC	Acid (14,29)	Nect	LC	NA
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	-	2	-	3	5	CO	Aces (28,57)	Nect	LC	NA
Phyllostominae										
<i>Lonchorhina aurita</i> Tomes, 1863	3	6	3	2	14	EC	Aces (35,71)	Inse	LC	VU
<i>Tonatia bidens</i> Spix (1823)	-	1	-	-	1	CO	Acid (7,14)	Oniv	DD	NA
Carolliinae										
<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	4	10	1	22	37	CO	Cons (100,00)	Frug	LC	NA
Mormoopidae										
<i>Pteronotus gymnotus</i> Natterer, 1843	10	37	8	51	106	EC	Cons (100,00)	Inse	LC	NA
Natalidae										
<i>Natalus macrourus</i> (Ruschi, 1951)	-	4	-	3	7	EC	Cons (100,00)	Inse	NT	VU

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caverna “Meu Rei” é um abrigo estável para uma grande quantidade de morcegos do PARNA Catimbau, onde estes animais podem evitar as grandes oscilações no clima do ambiente externo. Mais do que isso, de modo geral, essa caverna é potencialmente importante para a quiropterofauna da Caatinga, visto que somente seis das cavernas conhecidas para o bioma apresentam um nível de riqueza igual ou superior à encontrada na caverna “Meu Rei”.

Mesmo com tamanha estabilidade desse abrigo, as oscilações no tamanho da congregação são notáveis, variando de dezenas a dezenas de milhares de indivíduos. Essa flutuação da congregação parece estar ligada às variações climáticas do ambiente externo, porém não com uma resposta imediata às oscilações diárias, mas sim a duração de um clima desfavorável durante um intervalo de tempo mais prolongado, como o de quinze dias indicados no presente estudo.

O entendimento da dinâmica da congregação no abrigo e suas flutuações dependem também da composição dessa comunidade, sendo necessário se considerar a biologia e ecologia de cada espécie. No caso da caverna “Meu Rei”, a congregação de morcegos é composta majoritariamente por animais insetívoros, sendo sua permanência sujeita à disponibilidade de insetos na região. Considerando-se que a disponibilidade de insetos costuma ser maior em períodos chuvosos, a variação na quantidade de morcegos no abrigo pode ser decorrente da disponibilidade de insetos nas semanas anteriores à realização do censo, podendo a temperatura e pluviosidade estar influenciando indiretamente na abundância de animais.

Para as espécies de outras guildas alimentares, as oscilações de temperatura e pluviosidade podem ser o motivo de sua presença na caverna, devido à estabilidade do abrigo. Isso é ressaltado pela presença de quase todas as espécies em atividade reprodutiva no interior do abrigo, sendo que algumas delas só estiveram presentes em períodos próximos ao constatado de sua reprodução. Portanto, o monitoramento simultâneo de variáveis climáticas e de fatores biológicos que possam afetar a presença de morcegos é altamente recomendável, pois permitiria a determinação de uma influência direta ou indireta da variação climática sobre congregações de morcegos cavernícolas.

É importante ressaltar, ainda, que os morcegos da caverna “Meu Rei” apresentam grande importância na manutenção desse ambiente, influenciando

diretamente o microclima do interior do abrigo. Além disso, esses animais são necessários também na manutenção do ambiente externo, pois são prestadores de serviços ambientais com grande impacto no ambiente de entorno. As espécies encontradas na caverna “Meu Rei” são essenciais aos processos ecossistêmicos no PARNA do Catimbau, podendo ser polinizadores e dispersores essenciais em um ambiente geralmente tão desfavorável quanto a Caatinga.

É essencial destinar uma maior atenção aos ambientes cavernícolas brasileiros, que abrigam espécies consideradas vulneráveis à extinção, como *N. macrourus* e *L. aurita* na caverna “Meu Rei”. Deve-se considerar ainda a ameaça às espécies essencialmente cavernícolas, que podem responder negativamente às perturbações nestes sistemas.

GUIDE FOR AUTHORS

Your Paper Your Way

We now differentiate between the requirements for new and revised submissions. You may choose to submit your manuscript as a single Word or PDF file to be used in the refereeing process. Only when your paper is at the revision stage, will you be requested to put your paper in to a 'correct format' for acceptance and provide the items required for the publication of your article.

To find out more, please visit the Preparation section below.

Types of paper

The following contributions will be accepted:

- Review Papers
- Original Research Papers and case studies
- Special themed issues (only to be submitted after prior consultation with the Editor in Chief)
- Short Notes
- Letters to the Editor
- Viewpoint articles (invited)
- Book Reviews

Generally, manuscripts should not exceed 7,000 words, the maximum word length being 10,000.

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <https://www.elsevier.com/publishingethics> and <https://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <https://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: http://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/supporthub/publishing.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <https://www.elsevier.com/sharingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if

accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <https://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Article transfer service

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your article will be reviewed again by the new journal. More information about this can be found here: <https://www.elsevier.com/authors/article-transfer-service>.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <https://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <https://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <https://www.elsevier.com/permissions>.

For open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <https://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted third party reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <https://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. For more information see <https://www.elsevier.com/copyright>.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some authors may also be reimbursed for associated publication fees. To learn more about existing agreements please visit <https://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Open access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An open access publication fee is payable by authors or on their behalf e.g. by their research funder or institution

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our universal access programs (<https://www.elsevier.com/access>).
- No open access publication fee payable by authors.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following Creative Commons user licenses:

Creative Commons Attribution (CC BY)

Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The open access publication fee for this journal is **USD 2500**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy:<http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Green open access

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our green open access page for further information (<http://elsevier.com/greenopenaccess>). Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form.

This journal has an embargo period of 24 months.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/languageediting/>) or visit our customer support site (<http://support.elsevier.com>) for more information.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

PREPARATION

NEW SUBMISSIONS

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or lay-out that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

References

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes.

Divide the article into clearly defined sections.

Figures and tables embedded in text

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file.

REVISED SUBMISSIONS

Use of word processing software

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <https://www.elsevier.com/guidepublication>). See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered

1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering).

Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'.

Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described, study area descriptions, methods, techniques.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself. **The abstract should be no longer than 400 words.**

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531×1328 pixels (h \times w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5×13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <https://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples. Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: [Illustration Service](#).

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <https://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide four to six keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Nomenclature and units

Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature as laid down in the International Code of Botanical Nomenclature, the International Code of Nomenclature of Bacteria, and the International Code of Zoological Nomenclature.

All biotica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals.

All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text.

For chemical nomenclature, the conventions of the International Union of Pure and Applied Chemistry and the official recommendations of the IUPAC–IUB Combined Commission on Biochemical Nomenclature should be followed

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article.

Artwork

Electronic artwork General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files. A detailed guide on electronic artwork is available on our website: <https://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi. TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.

- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <https://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article. Authors should take notice of the limitations set by the size and layout of the journal. Large tables should be avoided. Reversing columns and rows will often reduce the dimensions of a table. If many data are to be presented, an attempt should be made to divide them over two or more tables. The text should include reference to all tables.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles (<http://citationstyles.org>), such as Mendeley (<http://www.mendeley.com/features/reference-manager>) and Zotero (<https://www.zotero.org/>), as well as EndNote (<http://endnote.com/downloads/styles>). Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide.

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/ecological-informatics>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication. Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references

should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Reference to a website:

Cancer Research UK, 1975. Cancer statistics reports for the UK. <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> (accessed 13.03.03).

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations: <http://www.issn.org/services/online-services/access-to-the-ltwa/>.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <https://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the

paper is about. More information and examples are available at <https://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Supplementary material

Supplementary material can support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Please note that such items are published online exactly as they are submitted; there is no typesetting involved (supplementary data supplied as an Excel file or as a PowerPoint slide will appear as such online). Please submit the material together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. If you wish to make any changes to supplementary data during any stage of the process, then please make sure to provide an updated file, and do not annotate any corrections on a previous version. Please also make sure to switch off the 'Track Changes' option in any Microsoft Office files as these will appear in the published supplementary file(s). For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <https://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Database linking

Elsevier encourages authors to connect articles with external databases, giving readers access to relevant databases that help to build a better understanding of the described research. Please refer to relevant database identifiers using the following format in your article: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN). See <https://www.elsevier.com/databaselinking> for more information and a full list of supported databases.

Google Maps and KML files

KML (Keyhole Markup Language) files (optional): You can enrich your online articles by providing KML or KMZ files which will be visualized using Google maps. The KML or KMZ files can be uploaded in our online submission system. KML is an XML schema for expressing geographic annotation and visualization within Internet-based Earth browsers. Elsevier will generate Google Maps from the submitted KML files and include these in the article when published online. Submitted KML files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. For more information see <https://www.elsevier.com/googlemaps>.

Interactive plots

This journal enables you to show an Interactive Plot with your article by simply submitting a data file. For instructions please go to <https://www.elsevier.com/interactiveplots>.

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords

- All figure captions
 - All tables (including title, description, footnotes) Further considerations
 - Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
 - All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
 - Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- Printed version of figures (if applicable) in color or black-and-white
- Indicate clearly whether or not color or black-and-white in print is required.
- For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

AFTER ACCEPTANCE

Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*):

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

Online proof correction

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a personalized link providing 50 days free access to the final published version of the article on [ScienceDirect](#). This link can also be used for sharing via email and social networks. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop

(<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/booklets>).

AUTHOR INQUIRIES

You can track your submitted article at <https://www.elsevier.com/track-submission>. You can track your accepted article at <https://www.elsevier.com/trackarticle>. You are also welcome to contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.

© Copyright 2014 Elsevier | <http://www.elsevier.com>

NORMAS DA REVISTA *Acta Chiropterologica* (ISSN 1508-1109)

Manuscripts should be submitted online at: <http://system.miiz.waw.pl/ac>. They should be written in either British (preferably) or American English, and spelling and usage should be consistent throughout. Poorly written and/or formatted manuscripts will be returned without further review. It is a condition of submission of a manuscript for publication in *Acta Chiropterologica*, that it has not been submitted at the same time to any other journal and that the facts reported will not be released to the press until after the paper has been published by *Acta Chiropterologica*, except if *a priori* arranged with the Editor. Prior to acceptance for publication, each manuscript is reviewed by at least two anonymous referees. During the submission process authors will be asked to identify at least 3 reviewers of their work and supply a cover letter that summarizes why the manuscript is a valuable addition to the scientific literature, and briefly relates the study to previously published work. If any cited 'In press' article is not yet available (online), it must be uploaded and provided to the Reviewers.

All parts of the manuscript should preferably be submitted as a single file.

Accepted file formats are: DOC (preferred), RTF (preferred) or eventually DOCX (Times New Roman 12pt, line spacing 1.5, unpaginated). During submission the names of at least three potential reviewers with their e-mail addresses should be provided. Figures should be provided as separate attachments. Use tab commands, not spaces, for paragraph indents. The entire text file should be justified to the left, including headings, subtitles, etc. In the Materials and Methods, include a statement indicating whether research followed guidelines for collections and, in the case of live animals, was approved by an institutional animal care and use committee (see also Sikes et al., 2011. *Journal of Mammalogy*, 92: 235–253). Do not apply continuous line numbering to the text.

Manuscripts must conform to the following layout:

(1) **Title page** should include title, authors, institutions, address of the corresponding author (including E-mail address and phone number, as applicable), key words, and short running title. E-mail addresses should be as stable as possible and in the case of students, best not to use the university address as such will become obsolete in a few years. The title should be concise but informative. When submitting a paper with

multiple authors, one author must accept the responsibility for all correspondence.

(2) **The abstract** should be informative, concise, summarizing key findings, and in a form that is fully intelligible in conjunction with the title. It should not exceed 375 words and should not include any citation of references. A list of no more than 8 key words should follow the abstract.

(3) **The standard arrangement** for the full-length paper is as follows: Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, Literature Cited. Please note that **Acknowledgements** for a peer-review process should be deleted from the main manuscript and provided as a separate file during the online submission.

(4) **References** in the text should be cited chronologically, e.g., Hill and Koopman (1981), Tupinier (1989), Koopman (1993, 1994); dealing with two authors use ‘and’ as a connecting word; for references with more than two authors use the form ‘et al.’.

References in the **Literature Cited** section should be listed alphabetically with book and journal titles given in full. Use small letters a...z to indicate references published by the same author/authors within one year. For papers published using an alphabet other than Latin but having a summary, title, or abstract in Latin alphabet, cite this ‘original’ translation. If there is no such translation, use an English translation in brackets [] with an indication of the original language.

Examples:

AMENGUAL, B., J. E. WHITBY, A. KING, J. S. COBO, and H. BOURHY. 1997. Evolution of European bat lyssaviruses. *Journal of General Virology*, 78: 2319–2328.

NORBERG, U. M. 1998. Morphological adaptations for flight in bats. Pp. 93–108, in *Bat biology and conservation* (T. H. KUNZ and P. A. RACEY, eds.). Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., xiv + 365 pp.

STRELKOV, P. P. 1997. Breeding area and its position in the range of migratory bat species (Chiroptera, Vespertilionidae) in East Europe and adjacent territories.

Communication 1. *Zoologicheskii Zhurnal*, 76: 1073–1082. [In Russian with English summary].

(5) **Tables** should be kept as simple as possible. Do not present the same data in both tables and figures. Do not use vertical lines. Tables should appear at the end of your manuscript, after the reference list and before any appendixes.

(6) **Figures** are referred to as ‘Fig., Figs.’ in the text. Figure captions should be typed on a separate sheet and numbered consecutively. For submission, do not supply figures in other formats than jpg, png, tiff or pdf and preferably keep size of a single file below 2

MB. Please ensure that their quality is sufficient for the review process. Contact the editor before sending other formats. After acceptance of your article, you will be asked to submit final figures. High-resolution files (600 dpi) of images in standard formats (preferably in TIFF or PSD (Photoshop) for bitmaps and CDR (CorelDraw) or AI (Adobe Illustrator) for vector graphics) are accepted. Figures should be sized to fit on single 81 x 238 mm (column) or 168 x 238 mm (whole page) sheets. Multi-paneled figures must have all panels assembled into one piece and supplied as one file. Each panel must be labeled with uppercase letters (A, B, C, etc.). Use the same font (typeface) and font size throughout the figure. Arial is preferred. Authors who have illustrations of bats (including sonograms, CT scans, SEM photos, etc.) that are particularly attractive or interesting may suggest these be used on the cover of *Acta Chiropterologica* in which the paper will appear. Submit possible cover images to the Editor-in-Chief. The author is obliged to supply copyright permission for illustrations published elsewhere if they are to be reproduced in the same or similar form.

(7) ***Names of genera and species*** should be presented and italicized. Use SI units and appropriate symbols. The International Code of Zoological Nomenclature must be strictly followed. Prefer the use of Latin names rather than vernacular names.

(8) ***Data repository***. All DNA sequences should be placed in GenBank (or similar archive) and the accession numbers included in the manuscript. Other data types may be deposited in Dryad (<http://datadryad.org/>), which is a curated general-purpose repository that makes data discoverable, freely reusable, and citable.

(9) ***Page proofs***. Page proofs will be sent to authors as a pdf file. They should be returned to the Editor as soon as possible by e-mail or fax.

(10) ***Reprints***. There are no reprints available, instead a pdf file with the final version of the article will be sent to the corresponding author.

(11) ***Fees***. There are no page charges in the journal. Only colour figures will cost Euro 125.00 per printed page, which must be paid in full before a paper is scheduled for publication.

(12) ***Copyright***. Acceptance of the manuscript for publication means that the right to publish the whole paper or any substantial part of it is transferred to the Publisher. This applies to all media.

(13) ***Open Access***. *Acta Chiropterologica* offers the possibility of publishing the paper as Open Access. For more information contact Editorial Office at Acta.Chiropterologica@miiz.waw.pl