



ESPELEO-TEMA

REVISTA BRASILEIRA DEDICADA AO ESTUDO DE CAVERNAS E CARSTE

ISSN 0102-4701 (impresso)
ISSN 2177-1227 (on-line)

Volume 29 Número 1
Ano 2019



Diplópode (Myriapoda) de caverna da região de Bulha D'água, PETAR, São Paulo, Brasil.
Foto: Alexandre Lopes Camargo.

Edição Especial

BIOLOGIA
SUBTERRÂNEA



Artigos Originais

Legislação ambiental e a conservação das cavernas no Brasil sob o olhar da microbiologia

Caio César Pires de Paula, Maria Elina Bichuette & Mirna Helena Regali Selegheim

Parâmetros bióticos e abióticos da água subterrânea de uma caverna no semiárido da Bahia, Brasil

André Vieira de Araújo, Juliano Silva de Jesus & Luiz Rogério Bastos-Leal

Primeiros registros da fauna de duas cavernas da região de Bulha d'Água, Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), São Paulo

Tamires Zepon, Jonas Eduardo Gallão, Alexandre Lopes Camargo & Maria Elina Bichuette

O que mudou na distribuição dos diplópodes *Pseudonannolene* Silvestri, 1895 nas cavernas do Brasil 18 anos após a sinopse de Trajano e colaboradores (2000)?

Jéssica Scaglione Gallo & Maria Elina Bichuette

Repertório comportamental de *Charinus mysticus* Giupponi & Kury 2002

Jéssica Tagliatela, Jonas Eduardo Gallão & Maria Elina Bichuette

Public support as a key element for fauna conservation in Maquiné and Rei do Mato show caves

Marconi Souza Silva, Rodrigo Lopes Ferreira & Laise Vieira Gonçalves

Estrutura e composição das assembleias de morcegos na Serra de São José, Minas Gerais, Brasil

Bárbara Goulart Costa, Roberto Franco Junior, Jennifer de Sousa Barros, Marconi Souza Silva & Rodrigo Lopes Ferreira

Quiropterofauna de cavernas areníticas da Formação Botucatu, região central de São Paulo, Brasil

Gabriela Schmaedecke, Danilo Tavares Gregolin, Dayana Ferreira Torres & Maria Elina Bichuette

Morcegos cavernícolas depositados na coleção científica do Laboratório de Estudos Subterrâneos, UFSCar

Dayana Ferreira Torres & Maria Elina Bichuette

Potential distribution of cave bats as a tool for locating caves areas

Maricélio de Medeiros Guimarães & Rodrigo Lopes Ferreira

Nota Científica

Registro de predação de gastrópode (Pulmonata, Charopidae) pelo amblipígeo *Charinus* (Amblypygi, Charinidae) em caverna do nordeste brasileiro

Jan Pierre Martins de Araújo, Gustavo Henrique Nunes Basílio, Marcelo Augusto de Freitas Kramer & Solon Rodrigues de Almeida Netto

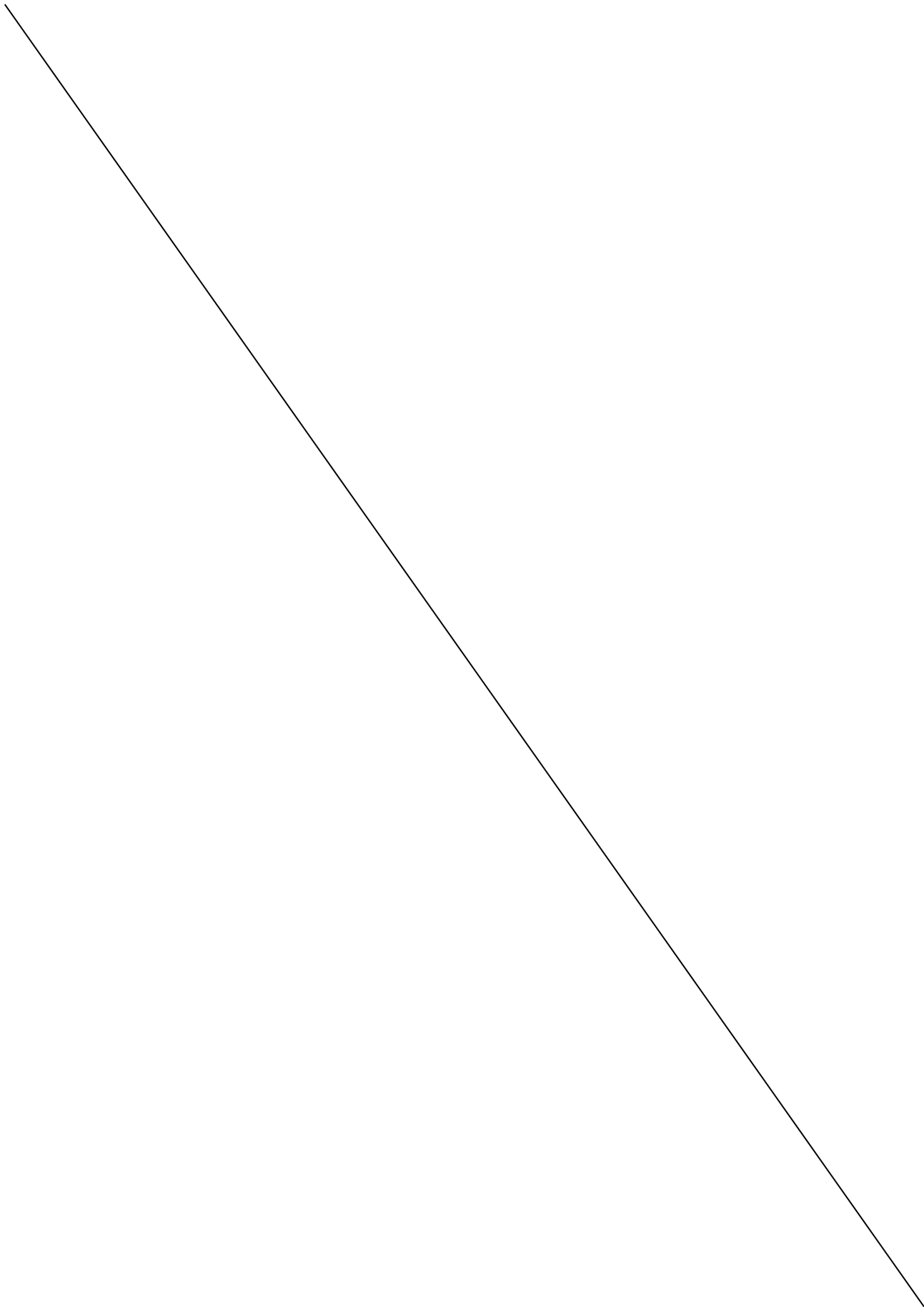
Opinião

Pierre Strinati at 90 and his contributions to the subterranean biology in Brazil

Maysa Fernanda Villela Rezende Souza, Rodrigo Lopes Ferreira, Marconi Souza Silva & Bernd Hauser

Sociedade Brasileira de Espeleologia

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp



EXPEDIENTE



Sociedade Brasileira de Espeleologia
(Brazilian Speleological Society)

Endereço (Address)

Caixa Postal 7031 – Parque Taquaral
CEP: 13076-970 – Campinas SP – Brasil

Contatos (Contacts)

+55 (19) 3296-5421
espeleo-tema@cavernas.org.br

Gestão 2017-2019 (Management Board 2017-2019)

Diretoria (Direction)

Presidente: Carlos Frederico de Souza Lott
Vice-presidente: Lívia Medeiros Cordeiro
Tesoureiro: Tom Dias Motta Morita
1º Secretário: Lorena Oliveira Pires
2º Secretário: Rafael Henrique Grudka Barroso

Conselho Fiscal (Supervisory Board)

Heitor de Brito Cintra
Edvard Dias Magalhães
Allan Silas Calux
Mariana Barbosa Timo – suplente (*alternate*)
Leonardo Vieira da Silva – suplente (*alternate*)

ESPELEO-TEMA

Editores-Chefes (*Chief Editor*)

Dra. Maria Elina Bichuette
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

Dr. William Sallun Filho
Instituto Geológico – IG/SIMA-SP

Editor Assistente (*Assistant Editor*)

Esp. Marcelo Augusto Rasteiro
Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE

Conselho Editorial (*Editorial Board*)

Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC/Minas

Dr. Heros Augusto Santos Lobo
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

Conselho Consultivo (*Consulting Board*)

Dr. Astolfo Gomes de Mello Araujo
Universidade de São Paulo – USP

Msc. Elvis Pereira Barbosa
Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC

Dra. Eleonora Trajano
Universidade de São Paulo – USP
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

Dr. Emerson Galvani
Universidade de São Paulo – USP

Dra. Emília Mariko Kashimoto
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS

Ezio Rubbioli
Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas – GBPE

Dr. Fernando Morais
Universidade Federal do Tocantins - UFT

Dr. Francisco Sekiguchi de Carvalho e Buchmann
Universidade Estadual Paulista – UNESP

Dr. Gilson Burigo Guimarães
Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG

Dr. Gilson Rodolfo Martins
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS

Dr. Luis Enrique Sánchez
Universidade de São Paulo – USP

Dr. Luiz Afonso Vaz de Figueiredo
Fundação Santo André – FSA

Dr. Maurício de A. Marinho
M&P Cons. Est. Amb.

MSc. Mylène Luíza Cunha Berbert-Born
Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM

Dr. Nicolás Misailidis Stríkis
Universidade Federal Fluminense - UFF

Dr. Paulo César Boggiani
Universidade de São Paulo – USP

Dr. Ricardo Galeno Fraga de Araújo Pereira
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Revisores (*Reviewers*)

MSc. Carla Clarissa Nobre
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

Dr. Heros Augusto do Santos Lobo
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

Dr. Guilherme Oliveira
Instituto Tecnológico Vale – ITV

Dr. Ives Arnone
Fundação Florestal – FF/SIMA-SP

Dr. Jonas Eduardo Gallão
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

Dra. Renata Andrade
Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas – GBPE

Dr. Rodrigo Hirata Willemart
Universidade de São Paulo – USP

Dra. Shirley Seixas Pereira da Silva
Instituto Resgatando o Verde – IRV

Dra. Susi Missel Pacheco
Instituto Sauver – IS

MSc. Tamires Zepon
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

Dra. Tamaris Gimenez Pinheiro
Universidade Federal do Piauí – UFPI

Dr. William Sallun Filho
Instituto Geológico – IG/SIMA-SP

Apoio à Tradução (*Translation support*)

Dra. Linda Gentry El-Dash
Universidade Estadual de Campinas - Unicamp

SUMÁRIO (CONTENTS)

Editorial	5
<hr/>	
ARTIGOS ORIGINAIS	
Legislação ambiental e a conservação das cavernas no Brasil sob o olhar da microbiologia <i>Environmental legislation and brazilian cave conservation under the microbiology siph</i> Caio César Pires de Paula, Maria Elina Bichuette & Mirna Helena Regali Selegim	7
<hr/>	
Parâmetros bióticos e abióticos da água subterrânea de uma caverna no semiárido da Bahia, Brasil <i>Biotic and abiotic parameters of groundwater from a cave in semiarid region of Bahia, Brazil</i> André Vieira de Araújo, Juliano Silva de Jesus & Luiz Rogério Bastos-Leal	17
<hr/>	
Primeiros registros da fauna de duas cavernas da região de Bulha d'Água, Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), São Paulo <i>First records of the fauna from two caves in the Bulha d'Água region, Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), state of São Paulo</i> Tamires Zepon, Jonas Eduardo Gallão, Alexandre Lopes Camargo & Maria Elina Bichuette	29
<hr/>	
O que mudou na distribuição dos diplópodes <i>Pseudonannolene</i> Silvestri, 1895 nas cavernas do Brasil 18 anos após a sinopse de Trajano e colaboradores (2000)? <i>What did change in the distribution of the <i>Pseudonannolene</i> Silvestri, 1895 millipedes in brazilian caves 18 years after the synopsis of Trajano et al. (2000)?</i> Jéssica Scaglione Gallo & Maria Elina Bichuette	41
<hr/>	
Repertório comportamental de <i>Charinus mysticus</i> Giupponi & Kury 2002 <i>Behavioral repertoire of <i>Charinus mysticus</i> Giupponi & Kury 2002</i> Jéssica Tagliatela, Jonas Eduardo Gallão & Maria Elina Bichuette	57
<hr/>	
Public support as a key element for fauna conservation in Maquiné and Rei do Mato show caves <i>O apoio do público como elemento-chave para a conservação da fauna das cavernas turísticas Maquiné e Rei do Mato</i> Marconi Souza Silva, Rodrigo Lopes Ferreira & Laise Vieira Gonçalves	65
<hr/>	
Estrutura e composição das assembleias de morcegos na Serra de São José, Minas Gerais, Brasil <i>Structure and composition of bat assemblages in the Serra de São José, Minas Gerais, Brazil</i> Bárbara Goulart Costa, Roberto Franco Junior, Jennifer de Sousa Barros, Marconi Souza Silva & Rodrigo Lopes Ferreira	77
<hr/>	
Quiropterofauna de cavernas areníticas da Formação Botucatu, região central de São Paulo, Brasil <i>Chiropterofauna of sandstone caves from Formação Botucatu, central region of São Paulo, Brazil</i> Gabriela Schmaedecke, Danilo Tavares Gregolin, Dayana Ferreira Torres & Maria Elina Bichuette	91
<hr/>	
Morcegos cavernícolas depositados na coleção científica do Laboratório de Estudos Subterrâneos, UFSCar <i>Bats from caves deposited on the scientific collection of the Laboratory of Subterranean Studies, UFSCar</i> Dayana Ferreira Torres & Maria Elina Bichuette	105
<hr/>	

Potential distribution of cave bats as a tool for locating caves areas

Distribuição potencial de morcegos cavernícolas como ferramenta para localização de áreas com cavernas

Maricélio de Medeiros Guimarães & Rodrigo Lopes Ferreira

121

NOTA CIENTÍFICA

Registro de predação de gastrópode (Pulmonata, Charopidae) pelo amblipígeo *Charinus* (Amblypygi, Charinidae) em caverna do nordeste brasileiro

*Predation record of gastropod (Pulmonata, Charopidae) by the amblypid *Charinus* (Amblypygi, Charinidae) in a cave from northeastern Brazil*

Jan Pierre Martins de Araújo, Gustavo Henrique Nunes Basílio, Marcelo Augusto de Freitas Kramer & Solon Rodrigues de Almeida Netto

137

OPINIÃO

Pierre Strinati at 90 and his contributions to the subterranean biology in Brazil

Pierre Strinati aos 90 anos e suas contribuições para a biologia subterrânea no Brasil

Maysa Fernanda Villela Rezende Souza, Rodrigo Lopes Ferreira, Marconi Souza Silva & Bernd Hauser

141

EDITORIAL

A relevância e a fragilidade dos habitats subterrâneos (cavernas, meio subterrâneo superficial, dentre outros) são vigorosamente reconhecidas, já que possuem diversas espécies restritas e exclusivas - conhecidas como troglóbias - estão incluídas na *Lista Brasileira de Fauna Ameaçada de Extinção* desde 2004 (listas de 2004 e 2014 – IBAMA e ICMBio). A inclusão dos troglóbios nestas listas de fauna ameaçada elenca as cavernas ao nível de relevância máxima. Uma vez sendo estas cavernas categorizadas como relevância máxima, devem ser integralmente protegidas (Decreto 6640 e respectivas Instruções Normativas de 2009 e 2017). Cabe observar que outras categorias de táxons subterrâneos (trogloxenos e troglófilos) são ainda negligenciados quando abordamos a legislação ambiental, a qual emprega maior ênfase aos troglóbios, o que demonstra a necessidade de estudos focando estas outras duas categorias ou de mais divulgação dos estudos conduzidos com estes. O conhecimento da fauna subterrânea brasileira é ainda relativamente fragmentado em comparação com o observado na Europa e nos Estados Unidos por exemplo. Para o Brasil observamos um aumento na descrição de espécies a partir do ano de 2008, após a publicação do Decreto 6640, mas ainda há poucos trabalhos de longo prazo, buscando compreender padrões de distribuição (biogeográficos) e ecologias (de populações, comunidades, comportamentais), fundamentais para compreendermos o funcionamento destes ecossistemas, bem como elencarmos suas fragilidades. Claramente tal fato é consequência das demandas relacionadas ao Decreto 6640. A primeira lista de fauna subterrânea brasileira foi publicada em 1980. Desde então, estas listas têm sido constantemente revistas e a descrição de novas espécies tem crescido substancialmente. Esta constatação pode ser observada no gráfico abaixo.

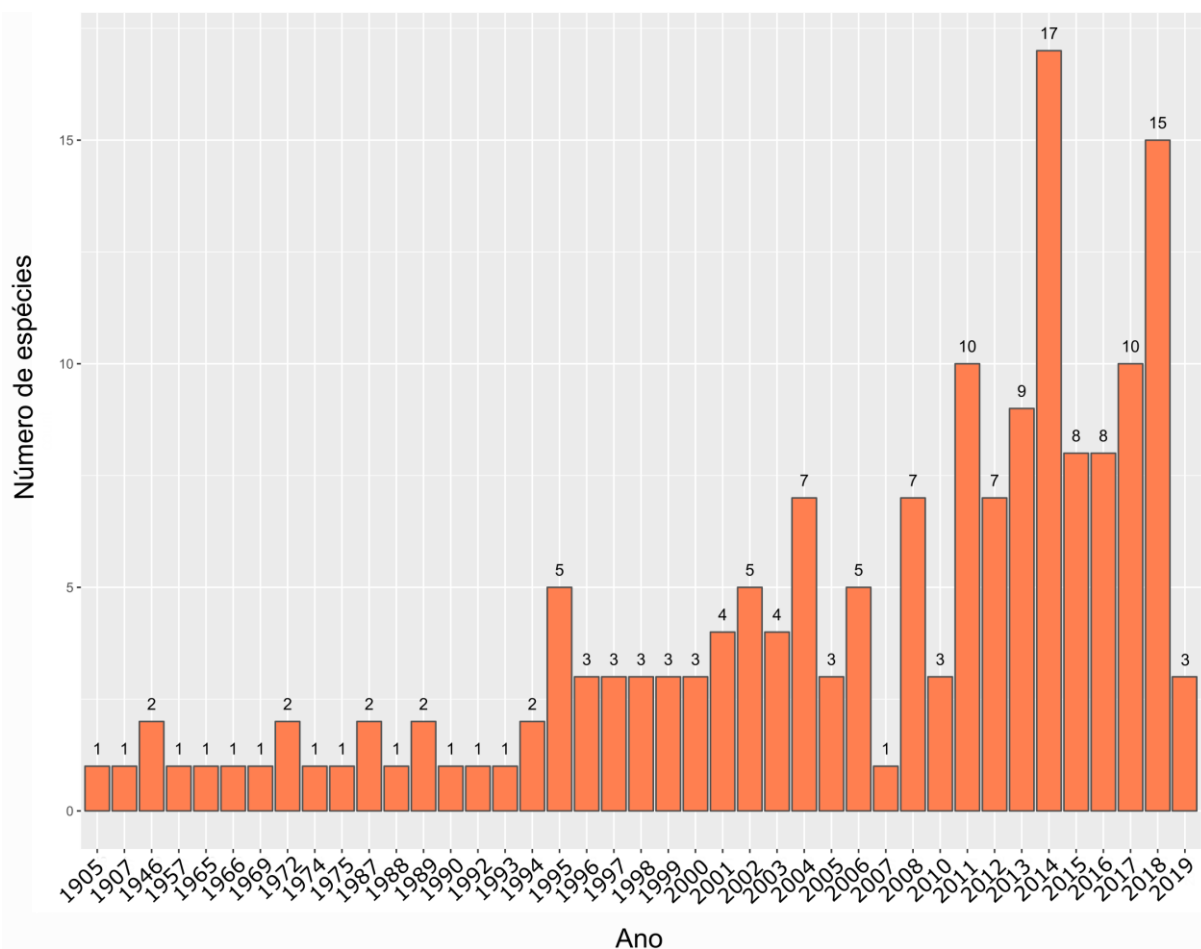


Gráfico do histórico dos troglóbios descritos ao longo dos anos.
Fonte: Karla Verónica Chávez Rodríguez de Congrains & Jonas Eduardo Gallão.

Até o momento, 183 espécies subterrâneas obrigatórias (troglóbios, freatóbios) foram formalmente descritas para o Brasil, além de pelo menos 140 táxons ainda não descritos pela ciência. Ainda, se considerarmos material depositado em coleções científicas ou coletados em diversos estudos ambientais no Brasil e ainda não relatados na literatura, certamente esta riqueza se elevará, o que nos leva à uma reflexão: tal conhecimento tem chegado aos tomadores de decisões e formadores educadores/professores?

Devido às ameaças aos habitats subterrâneos, à riqueza de informações bióticas observadas nestes, ao apelo que tais habitats possuem em relação à extensão deste conhecimento para o público de outras áreas e sociedade como um todo, consideramos fundamental trazer parte deste conhecimento em um volume do periódico Espeleo-Tema.

Os trabalhos apresentados no presente trazem distintas linhas da biologia subterrânea, desde microrganismos e sua importância e suas fragilidades, listas faunísticas e dados bióticos e abióticos de cavernas em regiões muito (PETAR, São Paulo) e relativamente amostradas (região de Campo Formoso, Bahia), dados de comportamento de aracnídeos que demonstram também fragilidade destes táxons, aplicação de dados faunísticos demonstrando a importância da conservação de cavernas, histórico sobre a riqueza e distribuição de diplópodes (piolhos-de-cobra) nas cavernas brasileiras, além de trabalhos mostrando a riqueza, importância e especificidade dos morcegos (quirópteros) com as cavidades. Ainda, o volume apresenta um trabalho trazendo fatos históricos dos estudos da biologia subterrânea no Brasil, conduzida na época pelo suíço Pierre Strinati.

Esperamos que este volume especial inspire e traga informações importantes para outros estudiosos das cavernas!

Boa leitura!

Maria Elina Bichuette
William Sallun Filho
Editores-Chefe



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E A CONSERVAÇÃO DAS CAVERNAS NO BRASIL SOB O OLHAR DA MICROBIOLOGIA

ENVIRONMENTAL LEGISLATION AND BRAZILIAN CAVE CONSERVATION UNDER THE MICROBIOLOGY SIGH

Caio César Pires de Paula; Maria Elina Bichuette; Mirna Helena Regali Seleglim

Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. São Carlos SP.

Contatos: piresdepaula@yahoo.com.br; lina.cave@gmail.com; seleglim@uol.com.br.

Resumo

Diante da atual legislação ambiental brasileira, em conjunto com a fraca fiscalização, o patrimônio espeleológico do país está em constante risco de ser impactado ou suprimido. O Decreto 6640/2008 trata do uso dos ambientes naturais subterrâneos, determinando a relevâncias das cavernas a serem protegidas ou impactadas/suprimidas. As Instruções Normativas 02/2009 e 02/2017, que regulamentam este decreto, é baseada em metodologias que não abrangem a complexidade dos sistemas biológicos subterrâneos. Os indicadores ambientais exigidos foram escolhidos sem um estudo profundo da sensibilidade de tais parâmetros em um ambiente singular como o subterrâneo. Nessas Instruções Normativas não são exigidos estudos da comunidade microbiana e do ciclo de nutrientes. Entretanto, a microbiota subterrânea possui um papel fundamental na dinâmica ecológica, além de apresentarem um grande potencial em abrigar novas espécies e possivelmente produtores de novos medicamentos e produtos biotecnológicos. Estudos que considerem a biomassa microbiana, diversidade taxonômica e funcional dessa microbiota e redes de interações microbianas, podem ser bons indicadores biológicos sobre o status ambiental de uma caverna. Incluir parâmetros microbiológicos no estudo do habitat cavernícola, permitiria a conservação de relações ecológicas como as redes tróficas, que suportam comunidades, a ciclagem de nutrientes e o funcionamento ecológico do ambiente subterrâneo.

Palavras-Chave: ambiente subterrâneo; microrganismos; cavernas e indicadores microbiológicos.

Abstract

Current Brazilian environmental legislation, coupled with weak enforcement, makes the country's speleological heritage at a constant risk of being impacted or suppressed. Decree 6640/2008 deals the use of natural subterranean environments, determining the relevance of the caves to be protected or impacted / suppressed. Normative Instructions 02/2009 and 02/2017, which regulate this decree, are based on methodologies that do not cover the complexity of subterranean biological systems. Required environmental indicators were chosen without an in-depth study of the sensitivity of such parameters in a singular environment such as the subterranean. These Normative Instructions do not require studies of the microbial community and nutrient cycle. However, the subterranean microbiota plays a fundamental role in ecological dynamics, as well as having great potential to house new species and possibly producers of new drugs and biotechnological products. Studies that consider microbial biomass, taxonomic and functional diversity of this microbiota and networks of microbial interactions, can be good biological indicators on the environmental status of the caves. Including microbiological parameters in cave studies, would allow the conservation of ecological relations such as trophic networks, which support communities, nutrient cycling and ecological functioning of the underground environment.

Key-Words: *subterranean environment; microorganisms; caves and microbiological indicators.*

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui um território com um enorme potencial espeleológico, considerando tanto as áreas cársticas quanto não cársticas. As paisagens cársticas geralmente são caracterizadas como áreas onde ocorre o intemperismo químico, por meio da

dissolução da rocha matriz (FORD; WILLIAMS, 1989; JONES et al., 2003). As cavernas localizadas em áreas cársticas podem estar presentes em diferentes litologias, não limitando apenas às rochas carbonáticas. As cavernas também podem ser encontradas em rochas como arenitos, quartzitos,

gnaises, micaxistos, basaltos, formações ferruginosas e rochas vulcânicas alcalinas (TRAVASSOS, 2014). Em litologias não carbonáticas a gênese da caverna não é seguramente relacionada à processos de dissolução, pois nas cavernas em rochas siliclásticas, por exemplo, predominam os processos mecânicos (FREIRE et al., 2017).

Aproximadamente 2.368.000 km² do território brasileiro (cerca de 2.8% da área nacional) é coberto por afloramentos de rochas carbonáticas (SALLUN-FILHO; KARMANN, 2012). O carste brasileiro é caracterizado por regiões extensas, áreas amplas de calcário horizontal, os quais apresentam sistemas de drenagem com rios de baixo gradiente. Além disso, o carste pode ser dividido em três zonas: exocarste (ou zona externa), epicarste (ou zona de contato da rocha com o solo) e endocarste (ou zona subterrânea) (FORD; WILLIAMS, 1989; JONES et al., 2003). Nessa divisão as cavernas são encontradas no endocarste e são consideradas habitats que compõe parte do ecossistema subterrâneo.

Apesar da atuação da comunidade espeleológica brasileira desde 1935 - com a fundação do primeiro grupo de espeleologia da América Latina, em Ouro Preto (MG), por influência dos estudantes franceses da Escola de Engenharia de Minas (LE BRET, 1995) - a proteção das cavernas em termos jurídicos, surgiu muito posteriormente. Até o ano de 1987 não existiam instrumentos legais específicos sobre a proteção dos habitats cavernícolas, e a partir desse ano, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) instituiu o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico, sendo que em 1988 as cavidades naturais subterrâneas foram incluídas na legislação brasileira como patrimônio natural da união (THEULEN; SESSEGOLO, 1990). Em 1990 foi assinado o primeiro Decreto (99.556/1990) que regulamentava a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional e apenas em 1997 o governo brasileiro criou o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), como o órgão oficial de fiscalização e proteção de cavidades, naquela ocasião alocado no IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Em 2009, o CECAV tornou-se parte da estrutura organizacional do ICMBio - Instituto Chico Mendes de

Conservação da Biodiversidade. Até março de 2018, a base de dados do CECAV (CANIE - Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas) apresentava 17.488 cavernas registradas (Figura 1). De todas as registradas, 9.537 (54,53%) estão em rochas carbonáticas, sendo que a maioria não estão localizadas em áreas protegidas (SALLUN-FILHO; KARMANN, 2012). As cavernas carbonáticas estão amplamente distribuídas nas regiões Sudeste (54,80%), Nordeste (19,80%), Centro Oeste (15,60%), Norte (7,50%) e Sul (2,30%) do país. Os estados com o maior número de cavernas registradas são Minas Gerais (4.601 cavernas), Bahia (993 cavernas) e Goiás (869 cavernas). Embora as estimativas cheguem a centenas de milhares de cavernas no Brasil, menos do que 5% são conhecidas (PILÓ; AULER, 2011), evidenciando que o Brasil precisa avançar na prospecção e conhecimento do seu patrimônio espeleológico. A adoção de um modelo de referência, baseado em dados estimados e modelos matemáticos, tem sido sugerida por pesquisadores para a avaliação do potencial espeleológico no Brasil. Este modelo considera a relação entre o número de cavernas conhecidas nas principais litologias em conjunto com o provável potencial espeleológico ainda não conhecido nessas litologias. Usando este modelo, o número de cavidades carbonáticas no Brasil ultrapassaria 150.000 cavidades naturais subterrâneas (SALLUN-FILHO; KARMANN 2012).

Paralelamente, a Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) possui outra base de dados (CNC - Cadastro Nacional de Cavernas) que possui 6.660 cavernas registradas. Dentre esses registros, cerca de 4.283 cavernas (64,30%) estão em rochas carbonáticas. Existem diferenças no número de cavernas registradas nas bases de dados (CANIE e CNC). O CNC, por exemplo, permite alterar e excluir cavernas, inserir informações geomorfológicas e localização geográfica. Por outro lado, os dados do CECAV são obtidos em outras bases de dados (SBE / CNC e a extinta Redespeleo / Codex), e a migração de dados trouxe alguns erros. Por exemplo, uma mesma caverna podia ser registrada mais de uma vez com nomes diferentes. A adoção da validação de dados em campo auxiliou nas dúvidas, trabalho que vem sendo realizado há alguns anos pela equipe do CECAV.

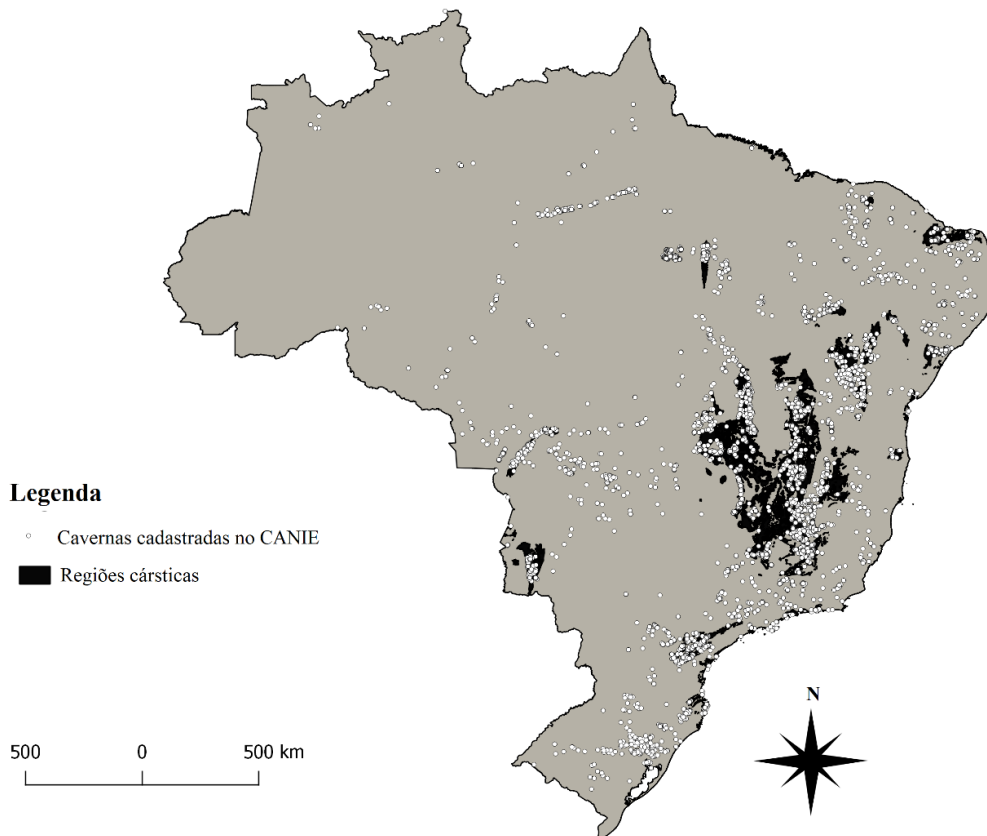


Figura 1. Mapa do Brasil destacando as áreas cársticas (áreas em preto) e as cavidades (pontos cinza) registradas no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE).

2. A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E A CONSERVAÇÃO DAS CAVERNAS BRASILEIRAS

Em 1980, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) começou a elaborar normas e leis visando preservar o patrimônio espeleológico no Brasil, e desde então, diversos instrumentos regulatórios foram instituídos. Em 1988, prescrito pelo Decreto 99556/1990, a proteção do patrimônio espeleológico foi incluída na Constituição Federal definindo cavernas como patrimônio cultural, garantindo sua proteção e preservação ambiental para a atual e futuras gerações (BRASIL, 1988). Em 2008, o Decreto 6640, seguido pela Instrução Normativa MMA n° 02/2009 e atualizada pela Instrução Normativa MMA n° 02/2017, estabeleceram uma classificação das cavernas dentro de níveis de relevância, de acordo com critérios baseados na presença de atributos únicos (BRASIL, 2008). A legislação brasileira determina cerca de 70 parâmetros que devem ser considerados durante a avaliação da significância das cavernas. Esses parâmetros requerem estudos em diversas áreas, como geologia, antropologia e bioespeleologia. Quatro classes de relevância das cavernas foram designadas: cavernas de *Máxima Relevância* devem ser protegidas com uma zona de amortecimento de 250 metros, em situações que há falta de estudos

objetivos que permitam um ajuste da zona de amortecimento; cavernas de *Alta Relevância* podem ser impactadas, desde que duas cavernas similares e com igual significância (preferencialmente na mesma unidade geológica) sejam permanentemente protegidas; cavernas *Média Relevância* podem ser impactadas, mas é exigida uma compensação espeleológica, e cavernas de *Baixa Relevância* podem ser impactadas sem a necessidade de uma compensação ambiental (AULER; PILÓ, 2015, AULER et al., 2018).

A pesquisa em áreas subterrâneas brasileiras teve um avanço significativo nas últimas décadas, devido ao aumento do número de pesquisadores e pelas descobertas na pesquisa espeleológica, o qual ocorreu de forma mais intensa em determinadas cavernas e regiões. Têm sido frequentemente estudadas, as cavernas do Alto do Ribeira, no estado de São Paulo e Paraná; diversas áreas cársticas no estado de Minas Gerais (Peruaçu/Itacarambi, Cordisburgo), Bahia (Chapada Diamantina), Mato Grosso do Sul (Serra da Bodoquena e Bonito) e Goiás (São Domingos) (TRAJANO; BICHUETTE, 2010). Muitas dessas áreas cársticas são classificadas como Área Subterrânea de Alta Biodiversidade (GALLÃO; BICHUETTE, 2015). Todos os anos novas informações sobre a ecologia

das cavernas brasileiras destacam as suas singularidades e a importância de sua conservação.

Espeleólogos brasileiros têm criticado os critérios e as normas impostas pela legislação ambiental nacional, argumentando que os mesmos são incompletos/inadequados para precisamente classificar a relevância das cavidades subterrâneas e possibilitar sua conservação. A falta de fiscalização em áreas protegidas e o uso adequado dos habitats cavernícolas em atividades comerciais, como o turismo e extração mineral, também comprometem a sua conservação. Apesar de requerer estudos bioespeleológicos, as Instruções Normativas, que regulamentam a classificação das cavernas, não exigem estudos da microbiota e da ciclagem de nutrientes em ambientes subterrâneos (PAULA et al., 2016). Considerando a importância da microbiota na manutenção do equilíbrio do ecossistema subterrâneo, o uso de parâmetros microbianos em estudos espeleológicos pode contribuir na discussão sobre o fluxo energético e de nutrientes nos habitats cavernícolas.

3. A VIDA MICROBIANA EM CAVERNAS

Uma considerável diversidade de microrganismos pode ser encontrada em cavernas. Dentre eles podemos observar fungos filamentosos (principalmente em decorrência da alta umidade destes locais e temperatura praticamente estável); bactérias heterotróficas (que exigem compostos orgânicos de carbono e nitrogênio como fontes de energia) e bactérias autotróficas (que utilizam exclusivamente o CO₂ como fonte de carbono ou oxidam substâncias minerais como única fonte de energia para o seu desenvolvimento) (NORTHUP; LAVOIE, 2001; NOVÁKOVÁ, 2009; JURADO et al., 2010). A vida subterrânea é suportada por atividade fotossintética apenas na entrada da caverna e, em alguns casos, nas zonas de penumbra, onde a luz solar ainda consegue penetrar. Alternativas para a fixação de carbono em cavernas incluem quimioautotrofia e quimiolitotrofia pela oxidação de amônio, nitrito, enxofre, manganês ou ferro (NORTHUP; LAVOIE, 2001). Evidências indicam que esses microrganismos podem sustentar ecossistemas subterrâneos por meio da produção primária quimioautotrófica. Por outro lado, os microrganismos decompositores são responsáveis por processarem a matéria orgânica depositada nos condutos das cavernas, constituindo assim a base das cadeias alimentares detritívoras e suprindo os ciclos biogeoquímicos (WU et al., 2015).

As comunidades microbianas em cavernas podem ser observadas como colônias ou filamentos

na superfície das rochas; ou em camadas de biofilme em rochas e poças de água (Figura 2). No entanto, pouco é conhecido sobre a distribuição, dinâmica populacional e bioquímica dos microrganismos em cavernas (NORTHUP; LAVOIE, 2004; BARTON; JURADO, 2007). Nas últimas décadas espécies microbianas nunca antes descritas têm sido reveladas por pesquisas em habitats subterrâneos. Todos os estudos microbiológicos em cavernas brasileiras utilizaram técnicas dependentes de cultivo, com as quais se avalia obter cerca de 1% do total de microrganismos (MANDAL et al., 2014). Nos últimos anos foram desenvolvidos novos métodos para detectar os microrganismos no ambiente. As ferramentas moleculares, como a eletroforese em gel de gradiente desnaturante (DGGE) e as bibliotecas de clones, foram usadas por muitos pesquisadores para caracterizar microrganismos não cultiváveis (ADETU et al., 2012). No entanto essas ferramentas não fornecem uma boa cobertura de toda a diversidade microbiana. Desde o surgimento do Sequenciamento de Nova Geração (NGS), o pool genético presente no ambiente pode ser sequenciado e avaliado, corroborando para uma ampla descrição da comunidade microbiana, além de possibilitar inferências sobre a sua diversidade funcional avaliando a presença de genes específicos previamente descritos na literatura científica (THOMAS et al., 2012).

Poucos estudos no mundo têm avaliado as comunidades microbianas em cavernas utilizando ferramentas de NGS, como o sequenciamento da região 16S rRNA que analisa a comunidade bacteriana (BARTON; NORTHUP, 2007; ORTIZ et al., 2014). No Brasil as pesquisas microbiológicas em cavernas são ainda mais incipientes (PAULA et al., 2016). O uso de métodos biomoleculares permite o acesso à diversidade microbiana não cultivável e aqueles táxons não descritos taxonomicamente. Algumas dessas novas espécies podem produzir compostos de uso biomédico e biotecnológico, tais como novos antibióticos (CHEEPHAN, 2012). Recentes estudos mostraram a comunidade microbiana subterrânea como uma importante fonte de substâncias orgânicas e como principais organismos nas vias metabólicas do ambiente, tais como fixação de CO₂ e N₂ (TETU et al. 2013, ORTIZ et al. 2014). Estudos geomicrobiológicos e da biodiversidade microbiana podem também auxiliar nosso conhecimento em como detectar vida em outros planetas, como Marte, devido as condições ambientais similares encontradas em algumas cavernas (BOSTON et al., 2001; BARTON; NORTHUP, 2007).



Figura 2. Aspecto macroscópico de diferentes comunidades microbianas em cavernas: (A) colônias - na caverna Revolucionários, Goiás; (B) filamentos e corpos de frutificação – na caverna Olhos D’água, Mina Gerais e (C) biofilme (setas) – caverna Toca do Charco, Minas Gerais.

Sabe-se que os microrganismos possuem um papel ecológico chave no ambiente subterrâneo por constituírem a base das cadeias alimentares. Além disso, atuam diretamente na ciclagem de nutrientes e nos fluxos energéticos (como os microrganismos saprofíticos que atuam na decomposição da matéria orgânica e algumas espécies produtoras primárias por meio da quimioautotrofia). Portanto, conhecer a comunidade microbiana e todos os processos que estes participam permitiria entendermos melhor a dinâmica ecológica em um ambiente subterrâneo. Essas informações poderiam ser muito úteis para avaliar previamente a fragilidade e singularidade de cada caverna. Além de possuir uma biodiversidade subestimada e praticamente desconhecida, a microbiota pode ser impactada por ações antrópicas e/ou explorações comerciais e, por consequência, alterar o fluxo energético e de nutrientes nos ambientes subterrâneos.

4. CONSERVAÇÃO MICROBIANA EM HABITAT CAVERNÍCOLA

As comunidades microbianas podem ser ameaçadas por uma gama de impactos no habitat cavernícola, tais como: enriquecimento de carbono orgânico nas trilhas turísticas (CHELIUS et al., 2009), compactação do sedimento (NORTHUP, 2011), importação de microrganismos exóticos associados com a visitação humana (SHAPIRO, PRINGLE, 2010), presença de luz artificial (SMITH, OLSON, 2007), uso inapropriado de agroquímicos nos sistemas de bacias de drenagem, entre outros (NORTHUP, 2011; EPURE; BORDA, 2014).

Pesquisas atuais, no Brasil e no mundo, enfatizam a crucial importância das comunidades microbianas nas cavernas e sugerem que a sua conservação é vital para os ambientes subterrâneos. Um bom exemplo a ser citado é a caverna Lascaux, na França, a qual abriga algumas das mais

impressionantes pinturas rupestres do mundo todo (Figura 3). A interferência humana na caverna Lascaux, como escavações e turismo em massa, alteraram as relações tróficas estabelecidas entre bactérias, fungos e artrópodes e, por conseguinte, as dinâmicas populacionais desses organismos. O uso de luz artificial na caverna Lascaux, por exemplo, foi responsável pelo crescimento de um biofilme verde, composto majoritariamente pela alga *Chlorobotrys* (LEFÉVRE, 1974). Esse foi um dos primeiros relatos sobre alterações da microbiota, devido às interferências antrópicas no habitat cavernícola, afetando a dinâmica ecológica do ambiente (veja outros exemplos em ALLEMAND, 2003; ORIAL, MERTZ, 2006; BASTIAN et al., 2010). Tais mudanças na dinâmica ecológica microbiana da caverna Lascaux causaram danos nas pinturas rupestres, devido à falta de controle da visitação turística e ausência de um plano de manejo, acarretando no fechamento da caverna afim de proteger as pinturas históricas, reconstituir a comunidade microbiana cavernícola natural e mitigar os impactos causados pelo turismo (BASTIAN et al., 2010).

No caso da caverna Lascaux, como diversas cavernas brasileiras que possuem importância histórica, possivelmente a preservação da comunidade microbiana é necessária para a preservação de registros e vestígios das comunidades homínidas do passado. No entanto, o que dizer das cavernas menos conhecidas por esse valor histórico? Como preservar as interações entre organismos que não são visíveis a olho nu e conservar a dinâmica ecológica de uma caverna? É difícil elaborar meios de proteção para organismos que não são visíveis e sensibilizar a sociedade sobre a importância dessa vida microbiana em ambientes mais sensíveis às mudanças ambientais, como os habitats cavernícolas. Assim, ao invés de discutir a criação de medidas conservacionistas para as comunidades microbianas, alguns parâmetros microbianos podem ser utilizados para indicar a

relevância e estado de conservação dos ambientes subterrâneos. Dentre os diversos parâmetros utilizados como indicadores microbianos, podemos citar a biomassa microbiana, detecção de genes funcionais no ambientes, diversidade taxonômica e funcional e análises de redes ecológicas microbianas.

Nos Estados Unidos, a presença e abundância de algumas espécies bacterianas (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Bacillus* spp.) são utilizadas como bioindicadores em cavernas americanas impactadas pelas atividades turísticas (LAVOIE, NORTHUP, 2006). Já no continente europeu, a caverna Altamira (Figura 3), localizada na Espanha, precisou ser fechada para todas as atividades exploratórias em 2002. Devido ao aumento do aporte de matéria orgânica pelas atividades turísticas, a contaminação da água de infiltração pelos centros urbanos localizados no entorno da caverna e a instalação de luz artificial no interior da mesma, houve um crescimento acelerado de alguns gêneros de fungos, principalmente *Fusarium* sp., e alguns microrganismos fotossintetizantes. Após o fechamento da caverna observou-se um decréscimo na concentração de matéria orgânica e compostos nitrogenados nas águas de infiltração, oriundas principalmente das áreas urbanizadas localizadas no entorno da caverna, e um maior controle da vegetação nativa na área epígea, bem como o restabelecimento da microbiota subterrânea natural (SAIZ-JIMENEZ et al., 2011). No Brasil um estudo recente demonstrou por meio de microcosmos que mudanças na concentração de matérias orgânica em sedimentos cavernícolas altera a abundância das populações de fungos considerados oportunistas, ou seja, aqueles com crescimento acelerado e rápido consumo da matéria orgânica lábil (MARQUES et al., 2016). Outras espécies de

fungos encontradas em cavernas são *Pseudogymnoascus destructans* e *Histoplasma capsulatum*, agentes patogênicos da Síndrome do Nariz Branco (SNB) em morcegos e Histoplasmose em humanos, respectivamente. Apesar de serem os fungos patogênicos mais conhecidos em cavernas, outras espécies de fungos podem se tornar prejudiciais à saúde humana, caso apresentem uma grande concentração de esporos no ambiente (BISWAS, BISWAS, 2017). Esses exemplos evidenciam a importância de estudos microbiológicos no monitoramento ambiental das cavernas exploradas comercialmente. As comunidades microbianas e seus parâmetros deveriam ser monitorados periodicamente visando a detecção de desequilíbrios populacionais de determinados grupos microbianos; e possibilitando o acompanhamento da qualidade do ambiente subterrâneo, de forma rápida e acurada.

Estudos recentes têm demonstrado o uso das redes ecológicas microbianas como uma ferramenta eficiente para realizar o diagnóstico ambiental e inferir a relevância ecológica de uma área (BISSET et al., 2013; RÖLING et al., 2014; SAUVADET et al., 2016; KARIMI et al., 2017). Ao contrário das redes tróficas, o uso das redes ecológicas de co-ocorrência fornece uma visão integrada de todas as relações existentes entre a comunidade microbiana e uma matriz ambiental (KARIMI et al., 2017). De forma resumida, a combinação de todas essas interações pode levar à relação evolutiva conjunta dos organismos no ambiente (sendo denominada uma relação positiva conhecida como co-ocorrência), uma relação evolutiva oposta (relação negativa conhecida como co-exclusão) ou pode ocorrer a ausência de interações, ou interação nula (GROSS, 2008).



Figura 3. Imagens das pinturas rupestres observadas na (A) caverna Lascaux, França (BASTIAN et al., 2010); (B) caverna Altamira, Espanha (SAIZ-JIMENEZ et al., 2011); (C) Gruta do Janelão, Minas Gerais, Brasil.

A análise das redes de co-ocorrência em comunidades microbianas pode ser considerada um preditor da resposta funcional de um ecossistema de acordo com a dinâmica dos componentes da matriz ambiental (BOUCHEZ et al, 2016). A complexidade das redes ecológicas de co-ocorrência está diretamente ligada a resistência das comunidades que serão impactadas (VACHER et al., 2016). Em geral, as redes ecológicas microbianas de co-ocorrência tornam-se menos complexas em ambientes mais impactados. Portanto, a estrutura da rede ecológica microbiana irá refletir processos ecológicos como a decomposição, desnitrificação, produção de biomassa e compostos orgânicos, diversidade taxonômica com uma maior sensibilidade e uma resposta mais rápida às mudanças ambientais.

No habitat cavernícola o uso das redes microbianas de co-ocorrência pode ser uma ótima ferramenta para auxiliar o monitoramento ambiental, respondendo de forma rápida e eficiente às mudanças que afetam as comunidades subterrâneas, ou como um método adicional para inferir o grau de significância das cavernas, conforme as categorias estabelecidas pelo Decreto 6640. O desenvolvimento de estudos microbiológicos em cavernas em conjunto com a fauna subterrânea, abrangendo diversas litologias, poderiam identificar a existência de táxons microbianos que co-ocorrem na presença de espécies subterrâneas troglóbias ou ainda evidenciar os habitats que possuem redes de interações mais frágeis do ponto de vista ecológico. A partir de relações robustas entre a microbiota e a fauna subterrânea, as cavernas poderiam ser diagnosticadas e monitoradas em um menor tempo e com uma maior precisão em relação às mudanças ambientais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conservação efetiva dos ambientes subterrâneos necessita de uma legislação ambiental condizente com os seus objetivos e testes de metodologia, ampliando as análises para universos distintos e complexos que fazem parte do funcionamento deste intrínseco ecossistema. Apesar dos esforços em diversas áreas da ciência em caracterizar o ambiente subterrâneo, a legislação brasileira não cita em nenhum regulamento o uso de estudos e pesquisas microbianas como uma ferramenta para auxiliar o diagnóstico e o monitoramento do habitat cavernícola. Caso os microrganismos de uma caverna fossem percebidos como organismos chaves na manutenção das comunidades subterrâneas, potencialmente patogênicos, ou até mesmo fontes de novos

fármacos para tratamento de doenças, a sociedade, os cientistas e o governo estariam mais dispostos a discutir a conservação e o manejo de comunidades microbianas nesses ambientes. Um dos exemplos de esforços feitos na conservação de microrganismos cavernícolas foi a criação do IDEC (Imagery Data Extraction Collaborative) por pesquisadores da Universidade do Novo México. O IDEC é um programa educacional sobre microrganismos cavernícolas, estimulando, envolvendo e educando os visitantes, com discussões sobre o papel desses organismos no ambiente subterrâneo e como se dá a conservação das comunidades microbianas nesses habitats (NORTHUP, 2011). Portanto umas das maneiras mais simples de aprofundar o conhecimento sobre a microbiota cavernícola, e consequentemente da fauna subterrânea como um todo, é conduzindo pesquisas mais aprofundadas sobre os impactos que afetam as comunidades microbianas em cavernas e medidas de conservação eficientes afim de garantir o equilíbrio das relações ecológicas nesse ambiente. Essas informações podem ser úteis para educar os visitantes das cavernas sobre problemas e soluções que cercam o patrimônio espeleológico brasileiro, e ajudar o governo e os administradores das unidades de conservação a desenvolverem um bom planejamento para o uso e o gerenciamento de cavernas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, processos 2008/05678-7, 2010/08459-4 e 2015/24763-9), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, processos 303715/2011-1, 308557/2014-0 e 310378/2017-6; PROJETO UNIVERSAL-457413/2014-0) pelo financiamento e suporte aos projetos vinculado a este trabalho. Aos órgãos ambientais pela permissão de coleta que subsidiaram parte deste trabalho: Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (SISBIO/ICMBIO); Goiás - Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA). Os autores são gratos ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais pela infraestrutura para desenvolver parte deste trabalho e à Tamires Zepon por conceder o uso da imagem da Figura 2(C).

REFERÊNCIAS

- ADETUTU, E.M.; THORPE, K.; SHAHSAVARI, E.; BOURNE, S.; CAO, X.; FARD, R.M.N.; BALL, A.S. Bacterial community survey sediments at Naracoorte Caves, Australia. **International Journal Speleology**, v.41, n.2, p. 137-147, 2012.
- ALLEMAND, L. Qui sauvera Lascaux? **Recherche**, v.363, p. 26–33, 2003.
- AULER, A.S.; PILÓ, L.B. Caves and mining in Brazil: the dilemma of cave preservation within a mining context. In: **Hydrogeological and Environmental Investigations in Karst Systems**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2015.
- AULER, A.S.; SOUZA, T.A.; SÉ, D.C.; SOARES, G.A. A review and statistical assessment of the criteria for determining cave significance. **Geological Society, London, Special Publications**, v.466, n.1, p. 443-459, 2018.
- BARTON, H.A.; JURADO, V. What's up down there? **Microbial diversity in caves**, 2007.
- BARTON, H.A.; NORTHUP, D.E. Geomicrobiology in cave environments: past, current and future perspectives. **Journal of Cave and Karst Studies**, v.69, n.1, p.163-178, 2007.
- BASTIAN, F.; JURADO, V.; NOVÁKOVÁ, A.; ALABOUVETTE, C.; SÁIZ-JIMÉNEZ, C. The microbiology of Lascaux cave. **Microbiology**, v.156, n.3, p. 644-652, 2010.
- BISSETT, A.; BROWN, M.V.; SICILIANO, S.D.; THRALL, P.H. Microbial community responses to anthropogenically induced environmental change: towards a systems approach. **Ecology Letters**, v.16, n.1, p.128–139, 2013.
- BISWAS, D.; BISWAS, J. Major Deteriorative, Pathogenic and Beneficial Fungi Reported from Various Subterranean Caves of the World: A Mini Review. **International Journal of Ecosystem**, v.7, n.1, p.11-16, 2017.
- BOSTON, P.J.; SPILDE, M.N.; NORTHUP, D.E.; MELIM, L.A.; SOROKA, D.S.; KLEINA, L.G.; CROSSEY, L.J. Cave biosignature suites: microbes, minerals, and Mars. **Astrobiology**, v.1, n.1, p.25-55, 2001.
- BOUCHEZ, T.; BLIEUX, A.L.; DEQUIEDT, S.; DOMAIZON, I.; DUFRESNE, A.; FERREIRA, S.; GODON, J.J.; HELLAL, J.; JOULIAN, C.; QUAISER, A.; MARTIN-LAURENT, F.; MAUFFRET, A.; MONIER, J.M.; PEYRET, P.; SCHIMITT-KOPLIN, P.; SIBOURG, O.; D'OIRON, E.; BISPO, A.; DEPORTES, I.; GRAND, C.; CUNY, P.; MARON, P.A.; RANJARD, L. Molecular microbiology methods for environmental diagnosis. **Environmental chemistry letters**, v.14, n.4, p.423-441, 2016.
- CHEEPHAM N. **Cave microbiomes: A novel resource for drug discovery** (Vol. 1). Springer Science & Business Media, 2012.
- CHELIUS, M.K.; BERESFORD, G.; HORTON, H.; QUIRK, M.; SELBY, G.; SIMPSON, R.T.; MOORE, J.C. Impacts of alterations of organic inputs on the bacterial community within the sediments of Wind Cave, South Dakota, USA. **International Journal of Speleology**, v.38, n.1, p.1, 2009.
- EPURE, L.; BORDA, D. Groundwater contamination and the relationship between water chemistry and biotic components in a karst system (Bihor Mountains, Romania). **Travaux de l'Institut de Speologie Emile Racovitza**, v.53, n.1, p.69-84, 2014.
- FORD, D.; WILLIAMS, P. **Karst geomorphology and hydrology**. London: Unwin Hyman, 1989.
- FREIRE, L.M.; LIMA, J.S.; VERÍSSIMO, C.U.V.; SILVA, E.V. Carste em Rochas Não Carbonáticas: contribuição ao estudo geomorfológico em cavernas de arenito da Amazônia Paraense (Karst in Non-Carbonate Rocks: contribution in geomorphological study in sandstones caves of the Paraense Amazon). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.6, p.1829-1845, 2017.

- GALLÃO, J.E.; BICHUETTE, M.E. Taxonomic distinctness and conservation of a new high biodiversity subterranean area in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.87, n.1, p.209-217, 2015.
- GROSS K Positive interactions among competitors can produce species-rich communities. **Ecology Letters**, v.11, n.9, p.929–936, 2008.
- JONES, W.K.; HOBBS, W. K.; WICKS, H.H.III.; CURRIE, C.M.; HOSE, R.R.; KERBO, L.D.; GOODBAR, R.C.; TROUT, J.R. Recommendations and guidelines for managing caves on protected lands. Charles Town: **Karst Waters Institute**, 2003.
- JURADO, V.; LAÍZ, L.; RODRIGUEZ-NAVA, V.; BOIRON, P.; HERMOSIN, B.; SANCHEZ-MORAL, S.; SAIZ-JIMENEZ, C. Pathogenic and opportunistic microorganisms in caves. **International Journal of Speleology**, v.39, n.1, p.15-24, 2010.
- KARIMI, B.; MARON, P.A.; BOURE, N.C.P.; BERNARD, N.; GILBERT, D.; RANJARD, L. Microbial diversity and ecological networks as indicators of environmental quality. **Environmental chemistry letters**, v.15, n.2, p.265-281, 2017.
- LAVOIE, K.H.; NORTHUP, D.E. Bacteria as indicators of human impacts in caves. In: Rea GT (ed) **7th National cave and karst management symposium, proceedings**. NCKMS Steering Committee, Albany, NY, pp 40–47, 2006.
- LE BRET, M. **Maravilhoso Brasil Subterrâneo**. Jundiaí: Japi, 204 p., 1995.
- LEFÉVRE, M. La maladie verte de Lascaux. **Studies Conservation**, v.19, p.126–156, 1974.
- MANDAL, S.; SANGA, Z.; NACHIMUTHU, S.K. Metagenomic analysis of bacterial community composition among the cave sediments of Indo-Burman biodiversity hotspot region. **PeerJ PrePrints**, v.2, p.e631v1, 2014.
- MARQUES, E.L.S.; DIAS, J.C.T.; SILVA, G.S.; PIROVANI, C.P.; REZENDE, R.P. Effect of organic matter enrichment on the fungal community in limestone cave sediments. **Genetics and Molecular Research Journal**, v.10, 2016.
- NORTHUP, D.E.; LAVOIE, K.H. Geomicrobiology of caves: a review. **Geomicrobiology Journal**, v.18, p.199-222, 2001.
- NORTHUP, D.E.; LAVOIE, K.H. Microbiology in caves. In: GUNN J. **Encyclopedia of cave and karst science**. New York, Fitzroy Dearborn Publishers, p. 506-509, 2004.
- NORTHUP, D.E. Managing microbial communities in caves. In: **Karst Management**. Springer, Dordrecht, p.225-240, 2011.
- NOVAKOVÁ, A. Microscopic fungi isolated from the Domica Cave system (Slovak Karst National Park, Slovakia): a review. **International Journal of Speleology**, v.38, n.1, p.71-82, 2009.
- ORIAL, G.; MERTZ, J.D. Étude et suivi des phénomènes microbiologiques. **Monumental**, v.2, p. 76–86, 2006.
- ORTIZ, M.; LEGATZKI, A.; NEILSON, J.W.; FRYSLIE, B.; NELSON, W.M.; WING, R.A.; MAIER, R.M. Making a living while starving in the dark: metagenomic insights into the energy dynamics of a carbonate cave. **The ISME journal**, v.8, n.2, p.478, 2014.
- PAULA, C.C.P.; MONTOYA, Q.V.; RODRIGUES, A.; BICHUETTE, M.E.; SELEGHIM, M.H.R. Terrestrial filamentous fungi from Gruta do Catão (Sao Desiderio, Bahia, Northeastern Brazil) show high levels of cellulose degradation. **Journal of Cave and Karst Studies**, v.78, n.3, p.208–217, 2016.
- PILÓ, L.B.; AULER, A.S. Introdução à Espeleologia. In: **Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental**. Belo Horizonte: Instituto Terra Brasilis, pp. 7-23, 2011.

- RÖLING, W.F.M.; VAN-BODEGOM, P.M.; TRINGE, S.G.; RÖLING, M.; CELL, M. Toward quantitative understanding on microbial community structure and functioning: a modeling-centered approach using degradation of marine oil spills as example. **Frontiers in Microbiology**, v.5, p.1–12, 2014.
- SAIZ-JIMENEZ, C. Cave conservation: A microbiologist's perspective. In: **Cave Microbiomes: A Novel Resource for Drug Discovery**. Springer, New York, NY, p.69-84, 2013.
- SALLUN-FILHO, W.; ALMEIDA, L.H.S.; BOGGIANI, P.C.; KARMANN, I. Characterization of quaternary tufas in the Serra do André Lopes karst, southeastern Brazil. **Carbonates and evaporites**, v.27, n.3-4, p.357-373, 2012.
- SAUVADET, M.; CHAUVAT, M.; CLUZEAU, D.; MARON, P.A.; VILLENAVE, C.; BERTRAND, I. The dynamics of soil micro-food web structure and functions vary according to litter quality. **Soil Biology & Biochemistry**, v.95, p.262–274, 2016.
- SHAPIRO, J.; PRINGLE, A. Anthropogenic influences on the diversity of fungi isolated from caves in Kentucky and Tennessee. **The American Midland Naturalist**, v.163, n.1, p.76-86, 2010.
- SMITH, T.; OLSON, R. A taxonomic survey of lamp flora (Algae and Cyanobacteria) in electrically lit passages within Mammoth Cave National Park, Kentucky. **International Journal of Speleology**, v.36, n.2, p.6, 2007.
- THEULEN, V.; SESSEGOLO, G.C. Estratégias para conservação das cavernas brasileiras. **13th International Congress of Speleology**, Brasília, Brazil, 2001. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anais26cbe/26CBE_695-698.pdf.
- TETU, S.G.; BREAKWELL, K.; ELBOURNE, L.D.; HOLMES, A.J.; GILLINGS, M.R.; PAULSEN, I.T. Life in the dark: metagenomic evidence that a microbial slime community is driven by inorganic nitrogen metabolism. **The ISME journal**, v.7, n.6, p.1227, 2013.
- THOMAS, T.; GILBERT, J.; MEYER, F. Metagenomics-a guide from sampling to data analysis. **Microbial Informatics and Experimentation**, v.2, n.3, p.1-12, 2012.
- TRAJANO, E.; BICHUETTE, M.E. Diversity of Brazilian subterranean invertebrates, with a list of troglomorphic taxa. **Subterranean Biology**, v.7, p.1-16, 2010.
- TRAVASSOS, L.E.P. Carstologia e a pesquisa científica. **Revista Territorium Terram**, v.2, p.2-14, 2014.
- VACHER, C.; TAMADDONI-NEZHAD, A.; KAMENOVA, S.; PEYRARD, N.; MOALIC, Y.; SABBADIN, R.; SCHWALLER, L.; CHIQUET, J.; SMITH, M.A.; VALLANCE, J.; FIEVET, V.; JAKUSCHKIN, B.; BOHAN, D.A. Learning ecological networks from next generation sequencing data. **Advances in Ecological Research**, v.54, p.1-39, 2016.
- WU, Y., TAN L., LIU W., WANG B., WANG J., CAI Y., LIN X. Profiling bacterial diversity in a limestone cave of the western Loess Plateau of China. **Frontiers in Microbiology**, v.6, p.244, 2015.

Fluxo editorial:

Recebido em: 07.12.2018

Aprovado em: 08.02.2019



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp

PARÂMETROS BIÓTICOS E ABIÓTICOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DE UMA CAVERNA NO SEMIÁRIDO DA BAHIA, BRASIL

BIOTIC AND ABIOTIC PARAMETERS OF GROUNDWATER FROM A CAVE IN SEMIARID REGION OF BAHIA, BRAZIL

André Vieira de Araújo (1,2); Juliano Silva de Jesus (1,3); Luiz Rogério Bastos-Leal (4)

- (1) Sociedade Espeleológica Azimute (SEA). Campo Formoso BA.
- (2) Grupo IF de Estudos Espeleológicos (GRIFEE), Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano. Petrolina PE.
- (3) Departamento de Geologia da Universidade Federal de Sergipe (UFS). São Cristóvão SE.
- (4) Instituto de Geociências, Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente/Universidade Federal da Bahia (NEHMA/UFBA). Salvador BA.

Contatos: andrevieira@gmail.com; lrogerio@ufba.br; julianoracha@hotmail.com.

Resumo

O estudo realizado na Toca da Trincheira, uma caverna situada na bacia do rio Salitre na região semiárida no centro norte da Bahia, objetivou identificar uma fauna aquática ainda pouco conhecida nos estudos espeleológicos e listar as principais características físicas e químicas da água encontrada na caverna. Foram realizadas duas campanhas de amostragem uma no período seco outra no período chuvoso. Um total de 87 indivíduos foram coletados e identificados em 8 taxa pertencentes a Gastropoda, Hexapoda, Crustacea e Arachinida. Os parâmetros físicos e químicos (condutividade elétrica, alcalinidade, oxigênio dissolvido e temperatura) apresentaram valores típicos de água subterrânea em ambientes cársticos. Análises da concentração de íons dissolvidos na água revelaram altos teores de nitrato e cloreto o que sugere perturbações antropogênicas e deterioração na qualidade da água. Os resultados são uma contribuição para o conhecimento da biodiversidade regional e ressalta a natureza interdisciplinar da ecologia das águas subterrâneas.

Palavras-Chave: meiofauna; água subterrânea; hidroquímica; aquífero cárstico; invertebrados; qualidade da água.

Abstract

The study carried out in the Trincheira Cave, located in the Salitre River basin, north-central part of the state of Bahia, aims to identify an aquatic fauna still poorly known in speleological studies and list the main physical and chemical characteristics of the water found in the cave. Samplings occurred in October 2015 (dry season) and April 2016 (rainy season). A total of 87 individuals were collected and identified in 8 taxa belonging to Gastropoda, Hexapoda, Crustacea e Arachinida. The physical and chemical variables (electrical conductivity, alkalinity, dissolved oxygen and water temperature) displays the typical characteristics of groundwater found in karst systems. Analyzes of the concentration of ions dissolved in water revealed high levels of nitrate and chloride to suggest anthropogenic disturbances and deterioration in water quality. These results are a contribution to the knowledge of the regional biodiversity and emphasizes the interdisciplinary nature of groundwater ecology.

Key-Words: meiofauna, groundwater, hydrochemical, karst aquifer, water quality.

1. INTRODUÇÃO

Organismos da fauna aquática podem ser classificados em microfauna (< 0,4 mm), meiofauna (organismos que variam de 0,4 a 1 mm de comprimento) e macrofauna (animais visíveis a olho nu, > 0,5 mm) (GRAY; ELLIOTT, 2009). Além disso, na água subterrânea essa fauna é coletivamente conhecida como estigofauna e compreende desde espécies acidentais, que são

tipicamente de águas superficiais, até organismos altamente especializados, que vivem exclusivamente na água subterrânea e são chamados de estigóbios (BOULTON et al., 2008).

A meiofauna da água subterrânea é composta principalmente por microcrustáceos, e em regiões temperadas essa meiofauna frequentemente é descrita como dinâmica através do espaço e tempo (DUMAS et al., 2001; GIBERT; DEHARVENG,

2002; HANH, 2006). Fatores hidrogeológicos, como a heterogeneidade do aquífero em ambientes cársticos podem ser apontados como uma explicação para essa variação de riqueza e abundância na estigofauna encontrada em regiões temperadas (DREW et al., 1995; BONACCI et al., 2009). No entanto, pressões humanas como o bombeamento e a poluição da água subterrânea também podem afetar esse ecossistema ocasionando drásticas mudanças na densidade e composição da fauna (STEIN et al., 2010; TAYLOR; FERREIRA, 2012; DI LORENZO; GALASSI, 2013). Por essa razão é importante ter uma visão ampla do aquífero, com sua dinâmica hidrogeológica natural e as mudanças na quantidade e qualidade da água de forma a caracterizar melhor as comunidades encontradas nesses ambientes.

Os estudos sobre a fauna aquática subterrânea brasileira têm focado na taxonomia e ecologia de peixes (e.g., BICHUETTE; TRAJANO, 2006; MATTOX et al., 2008;) e na taxonomia e ecologia de macro-invertebrados (e.g., SILVA ; FERREIRA, 2016; TRAJANO et al., 2016). A fauna de microcrustáceos (Copepoda, Ostracoda e Cladocera), não são bem investigados nos levantamentos limnológicos brasileiros e estudos desse grupo em águas subterrâneas são escassos (SIMÕES et al., 2013; SILVA; PERBICHE-NEVES, 2017). A carência de informação sobre a meiofauna aquática dificulta o entendimento da estrutura da comunidade e funcionalidade do ecossistema, comprometendo propostas de gestão ambiental destes ambientes.

Os parâmetros hidroquímicos por sua vez fornecem informações específicas sobre a água subterrânea, auxiliando na caracterização do regime de fluxo (DOCTOR; ALEXANDER 2005), informando sobre a mistura da água subterrânea com tributários superficiais (CHRISTOPHERSEN et al., 1990) e, principalmente, sobre qualidade da água (CAPARO et al. 2011; BOYER; PASQUARELL, 1996; EL-SAYED et al.2012). No Brasil, usualmente os estudos hidroquímicos no ambiente subterrâneo são fragmentados e voltados aos estudos puramente hidrogeológicos (OLIVEIRA et al., 2014; VILLANUEVA et al., 2014) Nesse contexto, objetivamos no presente trabalho levantar informações simultâneas sobre a meiofauna aquática e os parâmetros físicos e químicos da água subterrânea em uma caverna da região semiárida da Bahia e, dessa forma, contribuir com dados ecológicos que possam futuramente ser utilizados

para delinear trabalhos de conservação no aquífero cárstico da bacia do rio Salitre.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A Toca da Trincheira (WGS84-UTM 292494 m E 881988 m N) é uma caverna calcária situada na divisa dos municípios de Mirangaba e Ouroilândia na região norte do estado da Bahia, está inserida na Bacia do rio Salitre uma sub-bacia do rio São Francisco (SILVA, 2006) (Figura 1). A cobertura vegetal da maior parte dos terrenos onde se encontra a Toca da Trincheira é esparsa e arbustiva, característica do bioma Caatinga. O Clima é semiárido, com média anual pluviométrica de 490 mm concentradas entre os meses de fevereiro e maio, e a temperatura média anual é cerca de 30°C (AULER et al. 2009).

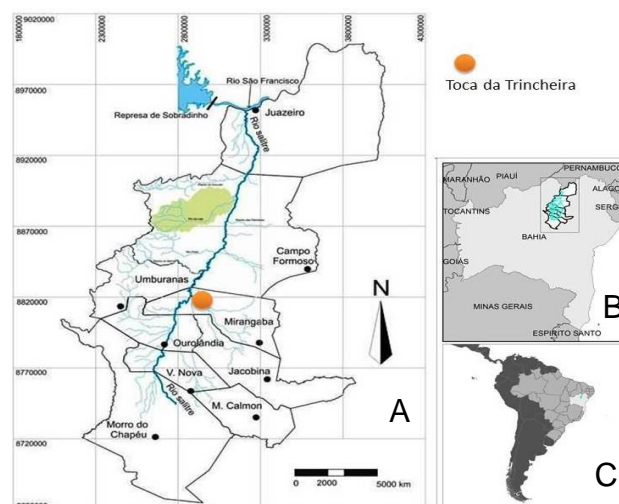


Figura 1. Localização da Toca da Trincheira. A. Localização da Toca da Trincheira na Bacia do rio Salitre. B. Localização da Bacia do rio Salitre no Estado da Bahia e C. Localização do Estado da Bahia na América do Sul.

Fonte: SEA.

A cavidade desenvolve-se nas rochas carbonáticas da Formação Caatinga, uma área cárstica formada de rochas calcárias de idade Cenozóica (AULER; SMART 2001). É formada por um conduto principal com 140 m de comprimento e 20m de largura, possui dois pontos onde a água aflora em poças rasas (ambiente lântico). (Figura 2). A caverna apresenta diversas modificações antrópicas que inclui a construção de um muro, a instalação de uma bomba d'água, a escavação do piso nos locais onde afloram o lençol freático e atividades agropecuárias no entorno da caverna.



Figura 2. Mapa Topográfico da Toca da Trincheira. A. Entrada; B. Poça onde aflora o lençol freático; C. Copepoda Cyclopodidae encontrado na água da caverna.

2.2. Métodos de coleta

As amostragens foram realizadas nos meses de outubro de 2015, período seco, e abril de 2016, período chuvoso. Apesar de existir dois pontos onde a água do lençol freático aflora na cavidade, as amostras foram realizadas apenas no ponto com as maiores dimensões, justamente onde ocorre o bomeamento de água. Esse ponto de coleta é caracterizado como ambiente lântico onde a água forma uma poça rasa de 3 m de largura por 10m de comprimento e 0,5m de profundidade.

As coletas de fauna foram realizadas através do método de arrasto, no qual a rede de plâncton com malha de 60 μm é lançada no corpo d'água a uma distância aproximada de 10m da margem e é feito o arrasto horizontal. O arrasto é realizado três vezes e, após isso, o líquido é acondicionado em potes plásticos com solução Transeau para preservação dos espécimes coletados.

Os organismos foram identificados ao menor nível taxonômico possível utilizando um estereomicroscópio e bibliografia especializada

(REID, 1985; ELMOOR-LOUREIRO, 1997; ALEKSEEV, 2002). No entanto, em alguns grupos apenas a identificação ao nível de família ou taxa mais elevado foi possível devido ao limitado conhecimento da fauna de águas subterrâneas nesta região.

Foram analisadas *in situ* as variáveis: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), condutividade elétrica (CE) ($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH, oxigênio dissolvido (OD) (mg/L) e sólidos totais dissolvidos (STD) (mg/L), com o auxílio de uma sonda multiparâmetros da marca Horiba (modelo U-50G);

As análises hidroquímica foram realizadas pelo laboratório Merieux Nutrisciences Salvador-BA, seguindo as seguintes metodologias: Determinação de Metais por Espectrometria de Emissão Óptica de Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES); Determinação de nitrogênio total por método titulométrico; Determinação de Íons por Cromatografia Iônica com detecção por condutividade. Os valores encontrados para os íons dissolvidos na água foram comparados com os

valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA 396/2008 com o intuito de comparar a qualidade da água da caverna.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Aspectos bióticos

Na tabela 1 estão listados um total de 87 indivíduos pertencentes a 8 taxa encontrados nas duas campanhas de amostragens na Toca da Trincheira entre 2015 e 2016. Todos os organismos encontrados são representantes da meiofauna, pertencentes aos grupos: Gastropoda, Hexapoda, Crustácea e Arachnida.

O grupo dos Crustáceos foi o que apresentou maior diversidade com 4 taxa e maior abundância com 70 indivíduos. Além disso, registramos durante as duas campanhas de amostragem a presença de uma população de bagres com algumas especializações para o ambiente subterrâneo (e.g., ausência de pigmentação, tamanho reduzido, corpo alongado e ausência de olhos). Devido à proximidade da Toca da Trincheira com a Toca do Gonçalves essa população de bagres pode representar a mesma espécie de peixes do gênero *Rhamdiopsis* encontrados na Toca do Gonçalves (TRAJANO et al., 2016).

Tabela 1. Número de indivíduos de cada taxa coletado nas campanhas de amostragem na Toca da Trincheira

Taxa	Estação seca	Estação chuvosa
Gastropoda		
Hydrobiidae	0	2
Hexapoda		
Diptera		
Chironomidae	2	1
Chaoboridae	1	8
Crustacea		
Cladocera		
Bosmidae	1	0
Copepoda		
Cyclopoidae	2	3
Harpacticoida	1	0
Ostracoda	3	60
Arachnida		
Hydrachnidia	2	1

Observa-se na Tabela 2, que a riqueza de taxa da meiofauna aquática subterrânea na Toca da Trincheira está dentro da média do que já foi registrado em trabalhos realizados no mesmo tipo de habitat e com metodologias similares em outras

regiões no Brasil (SIMÕES et al. 2013; SILVA et al. 2012).

Tabela 2. Comparação entre o número de Taxa encontrado na Toca da Trincheira com o registrado em trabalhos realizados em Minas Gerais (SILVA et al., 2012) e em Goiás (SIMÕES et al., 2013).

Caverna	Nº de Taxa
Toca da Trincheira/BA	8
Santuário Cave/ MG	6
Brega Cave/MG	5
Bezerra Cave/GO	9

Em levantamentos faunísticos de invertebrados terrestres é comum encontrarmos em cavernas brasileiras uma maior riqueza e abundância quando comparadas com os mesmos tipos de levantamentos realizados em cavernas de regiões temperadas (SILVA; FERREIRA, 2016). Entretanto, no que diz respeito à meiofauna da água subterrânea, os resultados encontrados nesse trabalho mostram uma relativa pobreza taxonômica comparada às regiões de clima temperado (e.g., DANIELOPOLI et al., 2000; GIBERT et al., 2005).

Uma explicação pode estar relacionada aos diferentes métodos de amostragem, em que no método de arrasto com rede de plâncton as comunidades bentônicas são negligenciadas. Outros aspectos que devem ser levados em consideração são: i) o pequeno esforço amostral; ii) a necessidade de refinamento de identificação por especialistas e iii) a possibilidade de impactos como bombeamento de água do ponto amostrado está influenciando na riqueza e abundância de táxons.

Comparando os nossos resultados com comunidades de microcrustáceos em águas superficiais e zonas hiporréicas realizados no Brasil (SIMÕES et al., 2011; MUGNAI et al., 2015) nota-se uma diferença na abundância relativa, sendo a comunidade encontrada no presente trabalho com valores de abundância bem abaixo quando comparado ao mesmo grupos taxonômicos, o que pode ser justificado tanto por diferenças no que diz respeito ao esforço amostral quanto pelas diferenças nas próprias condições abióticas e bióticas entre esses ambientes. A ausência de macrófitas aquática na água subterrânea em comparação com as águas superficiais, por exemplo, tem um importante papel na dinâmica das assembleias de microcrustáceos influenciando na riqueza e abundância por fornecer à comunidade de zooplâncton um escudo contra predadores como peixes e macroinvertebrados (COTTENIE et al., 2001; COTTENIE; DE MEESTER, 2003).

Os microcrustáceos foram o grupo mais rico em nosso estudo (4 taxa), o que corrobora com a literatura que aponta crustáceos, em particular Copepoda e Ostracoda, como frequentes em águas subterrâneas (DOLE-OLIVER et al., 2000; GALASSI, 2001).

No Brasil, SIMÕES et al. (2013) encontraram Rotíferos como grupo mais abundante na região centro-oeste enquanto que no trabalho de SILVA et al. (2012) Copepoda é o grupo que apresenta maior abundância (2 mil indivíduos foram coletados na caverna Santuário em Minas Gerais). Diferenças no esforço amostral e no estado de conservação das cavernas podem ser hipóteses aventadas para justificar diferenças entre os resultados da abundância relativa entre as regiões comparadas.

Outro grupo que aparece nos resultados são os dos ácaros aquáticos. Hydrachnidia é um grupo abundante e diverso em estudos limnológicos em regiões temperadas, mas pouco presente em levantamentos realizados nas regiões tropicais (SMITH; COOK, 1991; DI SABATINO et al., 2000).

Seria esperado encontrar macroinvertebrados pertencentes ao grupo Amphipoda que são frequentemente encontrados em cavernas pertencentes ao mesmo aquífero que a Toca da Trincheira (ARAÚJO et al., 2017). É possível que fatores ecológicos como competição, predação ou alterações ocasionadas pelo bombeamento de água justifiquem a ausência das populações dessas espécies na caverna.

Os resultados mostram uma variação sazonal, principalmente na abundância dos grupos Chaoboridae e Ostracoda. Chaoboridae (variando de uma larva encontrada na estação seca para 8 na estação chuvosa) e Ostracoda (variando de 3 larvas coletados na estação seca para 60 na estação chuvosa) essa variação pode estar relacionada com mudanças na qualidade da água. O aumento de

larvas de insetos (Chironomidae e Chaoboridae) são amplamente conhecidos como indicadores de ambientes poluídos em águas superficiais (ROSENBERG, 1992).

3.2. Aspectos abióticos

Os valores dos parâmetros físicos e químicos e os principais íons dissolvidos na água analisada da Toca da Trincheira são mostrados nas tabelas 3 e 4, juntamente com os valores máximos permitidos pela legislação brasileira para consumo humano (VMP) de acordo com a Resolução CONAMA 396/2008.

A condutividade elétrica (CE) está relacionada à concentração de íons dissolvidos no corpo de água, portanto, quanto maior a concentração desses íons dissolvidos, maior o valor da condutividade elétrica. Nos resultados obtidos na avaliação da água da Toca da Trincheira observam-se valores mais elevados no período seco atingindo 1905 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enquanto que na estação chuvosa os valores da condutividade elétrica foi 1330 $\mu\text{S}/\text{cm}$. De acordo com ESTEVES (2011) nas regiões tropicais a condutividade está relacionada com as características geoquímicas da região e condições climáticas (periodicidade de precipitações). Não existe um padrão de condutividade na legislação brasileira, porém, de acordo com VON SPERLING (2007) as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 100 a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 10.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Apesar dos valores encontrados na água da caverna está de acordo com o que é encontrado em outros corpos d'água na mesma região cárstica (BELITARDO, 2010). Os valores encontrados na Toca da Trincheira estão acima do que encontrado por SIMÕES et al. (2013) em cavernas calcárias de Goiás. Carecem estudos que relacionem esses altos valores de condutividade elétrica com a biota aquática.

Tabela 3. Valores das variáveis físicas e químicas na água subterrânea da Toca da Trincheira.

Amostra	CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH	OD mg/l	Temp. $^{\circ}\text{C}$
Estação Seca	1905	6,87	5.28	23,8
Estação Chuvosa	1330	7,3	5.97	24,5
Média	1640	7	5.6	24,15
Parâmetros CONAMA VMP	–	6 a 9	> 6 mg/L	–

CE= Condutividade elétrica; OD= oxigênio dissolvido; Temp= Temperatura

Tabela 4. Valores dos principais íons dissolvidos na água da Toca da Trincheira, estado da Bahia.

Amostra	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l
Estação Seca	247	38,6	113	6,84	218	86,2	315	61,8
Estação Chuvosa	120	24,9	63,4	5,69	155	43,9	207	47,6
Média	183.5	31.75	88.2	6.27	186.5	65.05	261	54.7
Parâmetros CONAMA VMP	–	–	200	–	–	250	250	10

Os valores de pH (6,97 na estação seca e 7,3 na estação chuvosa) estão na faixa da neutralidade e estão dentro do esperado para aquíferos cársticos. Entretanto, nota-se que o valor mais baixo foi registrado na estação seca, o que pode contribuir para alta condutividade elétrica. FAROOQ et al. (2010) reportaram o aumento na tendência da água em dissolver minerais e metais e dessa forma aumentar a CE em baixos valores de pH. Outros fatores que podem se relacionar com a variação de pH e condutividade elétrica são a dissolução das rochas e entrada de poluentes no aquífero. VON SPERLING (2007) destaca que fatores naturais, como a dissolução de rochas, e fatores antrópicos, como esgotos domésticos e industriais, afetam o pH. Portanto, fatores antropogênicos (e.g. atividades agropecuárias realizadas no entorno da caverna) podem estar relacionados com alta mineralização encontrada na água da caverna.

Os valores do oxigênio dissolvido (5.28 mg/L na estação seca e 5.97mg/L na estação chuvosa) estão dentro da normalidade para esse tipo de água de ambiente lêntico (OLIVEIRA et al., 2010) porém, são valores abaixo do que encontrado na água subterrânea do mesmo aquífero. ARAUJO et al. (2017) encontrou valores de oxigênio dissolvido atingindo 10mg/L em cavernas a jusante da Bacia do rio Salitre. SILVA et al. (2012), encontrou valores variando de 6.9 mg/L a 7.2mg/L em ambientes similares em cavernas de Minas Gerais. Levando em consideração as atividades agropecuárias do entorno da caverna, entrada de fertilizantes no aquífero pode está contribuindo para deterioração da água e consequentemente justificando os teores um pouco mais baixos de oxigênio dissolvido. Esse parâmetro é um dos principais utilizados para caracterizar efeitos da poluição das águas, decorrente de despejos orgânicos, sobretudo quando os baixos valores de oxigênio dissolvido estão associados a altos valores de nitrato (BRITO et al., 2005).

A temperatura da água (23,8°C na estação seca e 24,5°C na estação chuvosa) é consistente com a temperatura encontrada na água subterrânea em outras regiões cársticas brasileiras (e.g. SIMÕES et al., 2013; LECOMTE et al., 2016). De acordo com TAYLOR; FERREIRA, (2012) a estabilidade termal é uma importante condição para o estabelecimento

de uma comunidade de invertebrados na água subterrânea.

Com relação aos íons dissolvidos na água, estes foram divididos em dois grupos: os que estão relacionados à dissolução das rochas (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ e HCO₃⁻) e os relacionados ao solo e epicarste devido principalmente a infiltração da água proveniente do uso da terra e agricultura (Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄⁻ e NO₃⁻).

De maneira geral observa-se que a água amostrada apresenta típica composição cárstica, com altas concentrações de cálcio, magnésio e bicarbonato em função da litologia calcária (Tabela 4). Os dados observados estão de acordo com os estudos de BRITO e colaboradores (2005), que classificou como bicarbonatada cálcica em 63% das amostras de água subterrânea na bacia do rio Salitre.

Os valores do grupo de íons ligados ao uso da terra e a agricultura encontrados nas amostras são preocupantes (Tabela 4). O teor médio de cloreto encontrado foi de 260 mg/L, enquanto que em águas naturais, o teor do íon cloreto é menor que 50 mg/L (RODIER, 1981). Já a média mundial das concentrações de cloreto para água doce é de 7,8 mg/L (ESTEVES, 2011). O cloreto nos corpos d'água provém geralmente da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar, podendo também, advir de esgotos domésticos (excreção pela urina) ou industriais (OLIVEIRA et al., 2010).

Outro dado preocupante foi o alto teor de nitrato encontrado. Tanto na estação seca quanto na estação chuvosa verificou-se um teor de nitrato muito acima do valor de 10 mg/L estabelecido pela resolução CONAMA 396/98 para uma água potável (Tabela 4). Os elevados teores de nitrato podem ocasionar problemas de saúde como a metahemoglobina (ZUBLENA et al., 2001), e diversos estudos apontam altas concentrações de nitratos como um potente agente carcinogênico (NUGENT et al., 2001; ZUBLENA et al., 2001; LEIFERT et al., 1999).

Em áreas cársticas, a agricultura contribui com a entrada de nitrato como um contaminante das águas subterrâneas derivado de processos de lixiviação de nutrientes vegetais, resíduos animais e de nitrato fertilizantes (PERRIN et al., 2003). A

atividade agrícola (uso de agrotóxico/fertilizantes) e a atividade pecuária predominam por toda extensão da bacia do rio Salitre (OLIVEIRA et al., 2010; BRITO et al., 2005). Como foi observado durante as campanhas de amostragens, plantações de cebola juntamente com as atividades pecuárias no entorno da Toca da Trincheira, podem ser as fontes do elevado nível de nitrato presente na água. Futuros trabalhos poderão analisar as implicações desse impacto na biota do aquífero.

4. CONCLUSÕES

O levantamento da meiofauna aquática apresentou o grupo dos microcrustáceos como táxon mais diverso e abundante. No que diz respeito aos aspectos hidroquímicos, conclui-se que água é rica em bicarbonato e cálcio proveniente da dissolução da rocha calcária e apresenta elevada concentração de íons relacionados ao uso do solo, principalmente do íon nitrato. A entrada de poluentes devido à lixiviação durante os eventos de recarga do aquífero juntamente com outros impactos antrópicos observados podem estar relacionados à estrutura da comunidade biológica encontrada, com predomínio de larvas de insetos Chaoboridae e de

microcrustáceos do grupo Ostracoda que são oportunistas e passam a colonizar a água subterrânea com mudanças nas condições naturais, sendo por isso considerados bons indicadores de ambientes poluídos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa aqui apresentada tem caráter preliminar e carece de uma maior quantidade de amostras nas cavernas da região. No entanto, destacamos a importância tanto de iniciar levantamentos faunísticos da meiofauna em água subterrânea, quanto de identificar possíveis distúrbios antropogênicos de caráter hidroquímicos que podem comprometer o equilíbrio desse ecossistema que abriga uma biota pouco conhecida.

AGRADECIMENTOS

A equipe da Sociedade Espeleológica Azimute (SEA) em especial a Danilo Araújo, e Agricia Nielle pela ajuda na topografia. Ao professor Doriedson Ferreira Gomes do laboratório de Limnologia da UFBA pela ajuda com as coletas biológicas.

REFERÊNCIAS

- ALEKSEEV, V.R. Copepoda. In: FERNANDO, C.H. ed. **A guide to tropical freshwater zooplankton: Identification, ecology and impact on fisheries**. Leiden, Backhuys Publishers. p. 123-187. 2002.
- ARAÚJO, A.V.; BASTOS-LEAL, L.R.; Gomes, D.F. Novos dados preliminares sobre o padrão biogeográfico de *Spelaeogammarus trajanoae* Koenemann & Holsinger, 2000 (Amphipoda: Bogidiellidae) no aquífero cárstico da bacia do rio Salitre, centro norte do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Espeleologia- RBesp**. V. 2, nº8 .2017.
- ARAÚJO, A.V.; BASTOS-LEAL, L.R.; Gomes, D.F. Variação Sazonal, vertical e longitudinal dos componentes hidroquímicos e físico-químicos em um sistema cárstico de uma região semiárida no norte da Bahia- Brasil. In: RASTEIRO, M.A.; TEIXEIRA-SILVA, C.M; LACERDA, S.G. (Orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 34, 2017. Ouro Preto. **Anais...** Campinas: SBE, 2017. p. 89-100. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anais34cbe/34cbe_089-100.pdf. Acesso em: 31/01/2019.
- AULER, A.S.; SMART, P.L. Late Quaternary paleoclimate in semiarid northeastern Brazil from U-Series dating of travertine and water-table speleothems. **Quaternary Research** 55: 159-167. 2001.
- AULER, A.S; SMART, P.L; WANG, X; PILÓ, L.B; EDWARDS, R.L; CHENG, H. Cyclic sedimentation in Brazilian caves: mechanisms and palaeoenvironmental significance. **Geomorphology** 106:142–153. 2009. doi:10.1016/j.geomorph.2008.09.020.
- BICHUETTE, M.E; TRAJANO, E. Morphology and distribution of the cave knifefish *Eigenmannia vicentespelaea Triques*, 1996 (Gymnotiformes: Sternopygidae) from Central Brazil, with an expanded diagnosis and comments on subterranean evolution. **Neotropical Ichthyology**, 4(1): 99-105. 2006.

- BONNACI, O.; PIPAN, T.; CULVER, D.C. A framework for karst ecohydrology. **Environmental Geology** 56: 891–900. 2009. doi: 10.1007/s00254-008-1189-0.
- BOULTON, A.J.; Fenwick, G.; HANCOCK, P.J.; HARVEY, M.S. Biodiversity, functional roles and ecosystem services of groundwater invertebrates. **Invertebrate Systematics** 22: 103–116. 2008.
- BOYER, D.G.; PASQUARELL, G.C. (1996) Agricultural land use effects on nitrate concentrations in a mature karst aquifer. **J. Am. Water Resour. Assoc.** 32:565–573.
- BRITO, L. T. L.; SRINIVASAN, V.S.; SILVA, A. S.; GHEYI, H.R.; GALVÃO, C.O.; HERMES L. C. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.596-602. (2005).
- CAPARO, F.; BIZZOTO, A.; MASIOLI, M.; PAVONI, B. (2011) Chemical analyses of spring waters and factor analysis to monitor the functioning of a karstic system. The role of precipitation regime and anthropic pressures. **J. Environ. Monit.**, 13, 2543–2549, 2011.
- CHRISTOPHERSEN, N.C; NEAL, R.P.; HOOPER, R.D.; VOGT, S. A. Modeling streamwater chemistry as a mixture of soilwater end-members a step towards second-generation acidification models, **J. Hydrol.**, 116, 307-320, 1990.
- COTTENIE, K.; NUYTEN, N.; MICHELS, E. DE MEESTER, L. 2001. Zooplankton community structure and environmental conditions in a set of interconnected ponds. **Hydrobiologia** 442:339-350. 2001.
- COTTENIE, K.; DE MEESTER, L. Connectivity and cladoceran species richness in a metacommunity of shallow lakes. **Freshwater Biology**, 48:823-832. 2003.
- DANIELOPOL, D.L.; POSPISIL, P.; ROUCH, R. Biodiversity in groundwater: a largescale view. **Trends in Ecology & Evolution** 15(6): 223-224. 2000.
- DI SABATINO, A.; GERECKE, R.; MARTIN, P. The Biology and Ecology of lotic water mites (Hydrachnidia). **Freshwater Biology**, vol. 44, no. 1, pp. 47-62. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2000.00591.x>. 2000.
- DI LORENZO, T.; GALASSI, D.M.P. Agricultural impact on Mediterranean alluvial aquifers: do groundwater communities respond? **Fundam Appl Limnol**, 182(4):271–82, 2013.
- DOCTOR, D.H.; ALEXANDER, J.R.; E.C.; PETRIC, M.; KOGOVSEK, J.; URBANC, J; LOJEN, S.; STICHLER, W. Quantification of karst aquifer discharge components through endmember mixing analysis using natural chemistry and isotopes as tracers. **Hydrogeol. J.** 14, 1171–1191.2006.
- DOLE-OLIVIER, M.J.; GALASSI, D.M.P.; MARMONIER, P.; CREUZÉ DES CHÂTELLIERS, M. The biology and ecology of lotic microcrustaceans. **Freshwater Biology**, vol. 44, no. 1, pp. 63-91, 2000. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2000.00590.x>.
- DREW, D.P.; ORVAN, J.; PULIDO, B.; A; SALAGA, I. SARIN, A.; TULIPANO, L. The characteristics of karst groundwater systems. In: **Cost action-65 Hydrogeological aspects of groundwater protection in karstic areas, Final report, European Commission**, EUR 16547, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 349–369. (1995).
- DUMAS, P.; BOU, C.; GILBERT, J. Groundwater macrocrustaceans as natural indicators of the Ariège alluvial aquifer. **Int Rev Hydrobiol**; 86(6):619–33 2001.
- EL-SAYED, M.H.; EL-FADL, M.; SHAWKY, H.A. Impact of hydrochemical processes on groundwater quality, Wadi Feiran, South Sinai, Egypt. **Aust J Basic Appl Sci** 6(3):638–654. (2012).

- ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. **Manual de identificação de Cladóceros limnicos do Brasil**. Brasília, Universa. 1997.155p.
- ESTEVEES, F. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.
- FAROOQ, M.A.; MALIK, M.A.; HUSSAIN, A.; ABBSI, H.N. Multivariate Statistical Approach for the Assessment of Salinity in the Periphery of Karachi, Pakistan. **World Applied Sciences Journal** 11(4), 379- 387. 2010.
- GALASSI, D.M.P. Groundwater copepods (Crustacea: Copepoda): diversity patterns over ecological and evolutionary scales. **Hydrobiologia**, vol. 453/454, pp. 227-253. 2001. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013100924948>.
- GIBERT, J. DEHARVENG, L. Subterranean ecosystems: a truncated functional biodiversity. **Bioscience**.52 (6):473–81. 2002.
- GIBERT, J.; BRANCELJ, A.; CAMACHO, A. Groundwater biodiversity: Protocols for the assessment and Conservation of Aquatic Life In the Subsurface (PASCALIS): overview and main results (2005). In: **Proceedings of an International Symposium on World Subterranean Biodiversity** (Ed. J. Gibert), pp. 39–51. Villeurbanne, France, 8–10 December 2004. University of Lyon, Lyon.
- GRAY, J.S.; ELLIOTT, M. **Ecology of marine sediments: Science to management**. Oup, OXFORD.P.260. 2009.
- HAHN, H.J. The GW-Fauna Index: a first approach to a quantitative ecological assessment of groundwater habitats. **Limnologia**: 36:119–37 2006.
- KARADAVUT, I.; SAYDAM, A.C.; KALIPCI, E.; KARADUVT, S.; ÖZDEMIR, C.A. Research for Water Pollution of Melendiz Stream in Terms of Sustainability of ecological Balance, **Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences**, 6(1): 65–80, 2011.
- KAZMI, S.S.; KHAN, S.A. Level of Nitrate and Nitrite Contents in Drinking water of Selected samples Received at AFPGMI, *Rawalpindi*, **Pakistan Journal of Physiology**, 1(1–2): 28–31, 2005.
- LECONTE, K.L.; BICALHO, C.C.; SILVA-FILHO, E.V. Geochemical characterization in karst basin tributaries of the San Franciscan depression: The Corrent River, Western Bahia, NE- Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**. 69,119-130, 2016.
- LEIFERT, C.; FITE, A.; LI, H. Human health effects of nitrate. In: **IFA Agricultural Conference on Managing Plant Nutrition: towards maximum resource efficiency**, Barcelona, p.1-12, 1999.
- MALARD, F.; PLÉNET, S.; GIBERT, J. The use of invertebrates in groundwater monitoring: a rising research field. **Ground Water Monitoring and Remediation** 16, 103-116. 1996.
- MATTOX, G.M.T.; BICHUETTE, M. E.; SECUTTI, S; TRAJANO, E. Surface and subterranean ichthyofauna in the Serra do Ramalho karst area, northeastern Brazil, with updated lists of Brazilian troglotic and trogliphilic fishes: **Biota Neotropica**, 8 (4): 145-152. 2008.
- MUGNAI, R.; MESSANA, G.; DI LORENZO, T. Hyporheic invertebrate assemblages at reach scale in a Neotropical stream in Brazil. **Braz. J. Biol.**, vol. 75, no. 4, pp. 773-782. 2015.
- NUGENT, M.; KAMRIM, M. A.; WOLFSON, L.; D’ITRI, F. M. Nitrate: a drinking water concern. Michigan State University Extension Service, **Extension Bulletin** wq-19. 2001.
- OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V.P.; MEDEIROS, Y.D.P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d’ água no semiárido baiano. Estudo de caso: Bacia hidrográfica do rio Salitre. **Quim. Nova**, Vol. 33, No. 5, 1059-1066, 2010.

- OLIVEIRA, K.B.M.; MORAES, F.; BACELLAR, L.M.P. Distribuição de parâmetros hidroquímicos das águas subterrâneas na região de Lagoa da Confusão – TO - Brasil. **Ambiência Guarapuava (PR)** v.10 suplemento I p.281-302. 2014. DOI:10.5935/ambiencia.2014.supl.05.
- PERRIN, J.; JEANIN, P.Y.; ZWAHLEN, F. Implications of the spatial variability of the infiltration water chemistry for the investigation of a karst aquifer. **Hydrogeol J** 11(6):673–687. (2003).
- REID, J. W. **Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sul-americanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda)**. Boletim de Zoologia 9:17-143. 1985.
- RODIER, J. **Analisis de las aguas**. Barcelona: OMEGA, 1981. p. 1059.
- ROSENBERG, D. M. Freshwater biomonitoring and Chironomidae. Neth. **J. Aquatic Ecol.**, v. 26, n. 24, p.101-122, 1992.
- SILVA, M.; LIRIA, C.C.S.; SAMPAIO, F.A.C.; FERREIRA, R.L. Transitory aquatic taxocenosis in two neotropical limestone caves. **Revista Brasileira de Espeleologia**, Volume 2- nº 1. 2012.
- SILVA, M.S.; FERREIRA, R.L. The first two hotspots of subterranean biodiversity in South America. **Subterranean biology** 19: 1-21. 2016.
- SILVA, A. B. (2006) **Recursos hídricos subterrâneos da bacia do rio Salitre, Bahia: uso sustentável na indústria do mármore Bege Bahia** – Salvador: CBPM, 2006. – (Série Arquivos Abertos; 24). Organização e síntese por: Luiz Luna Freire de Miranda e Luiz Rogério Bastos Leal.
- SILVA, W.M. PERBICHE- NEVES, G. **Trends in freshwater microcrustaceans studies in Brazil between 1990 and 2014**. Braz. J. Biol., 2017, vol. 77, no. 3, pp. 527-534
- SIMÕES, L.B.; FERREIRA, T.C.S.; BICHUETTE, M.E. Aquatic biota of different karst habitats in epigeal and subterranean systems of Central Brazil – visibility versus relevance of taxa. **Subterranean Biology** 11: 55–74 (2013). doi: 10.3897/subtbiol.11.5981.
- SIMÕES, R.N.; RIBEIRO, S.M.M.; SONODDA, S.L. Diversity and structure of microcrustacean assemblages (Cladocera and Copepoda) and limnological variability in perennial and intermittent pools in a semi-arid region, Bahia, Brazil. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, 101(4):317-324, 2011.
- SMITH, I.M.; COOK, D.R. Water mites. In: J.H. THORP and A.P. COVICH, eds. **Ecology and classification of North American freshwater invertebrates**. San Diego: Academic Press, pp. 523-592. 1991.
- STEIN, H.; KELLERMANN, C.; SCHMIDT, S.I.; BRIELMANN, H. STEUBE, C. BERKHOFF, S.E, et al. The potential use of fauna and bacteria as ecological indicators for the assessment of groundwater quality. **J Environ Monit** 2010;12:242–54.
- TAYLOR, E.L.S., FERREIRA, R.L., Determinants on the structure of an aquatic invertebrate community in a neotropical limestone cave. **Revista Brasileira de Espeleologia**, Volume 2- nº 1.2012.
- TRAJANO, E., GALLÃO, J.E.; BICHUETTE, M.E. Spot of high diversity of troglobites in Brazil: the challenge of measuring subterranean diversity. **Biodivers Conserv.** 25:1805-1828.2016. DOI 10.1007/s10531-016-1151-5.
- VILLANUEVA, T.C.B.; LEAL, L.R.B.; ZUCCHI, M. R.; AZEVEDO, A.E.G.; VILLANUEVA, P.R. Caracterização hidroquímica e hidrogeológica do aquífero cárstico salitre na região de Irecê, Bahia. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 19 n.4 p.83-96.2014.

VON SPERLING, M. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: UFMG, 2007. Vol. 7. 452 p.

ZUBLENA, J. P.; COOK, M. G.; ST CLAIR, M. B. **Pollutants in groundwater: health effects**. 2001. In: Nossa, T. C. B. Avaliação da vulnerabilidade do aquífero cárstico Salitre - Bahia, através de análises hidroquímicas, isotópicas e aplicação da metodologia COP. 2011. 226f. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 2011.

Fluxo editorial:

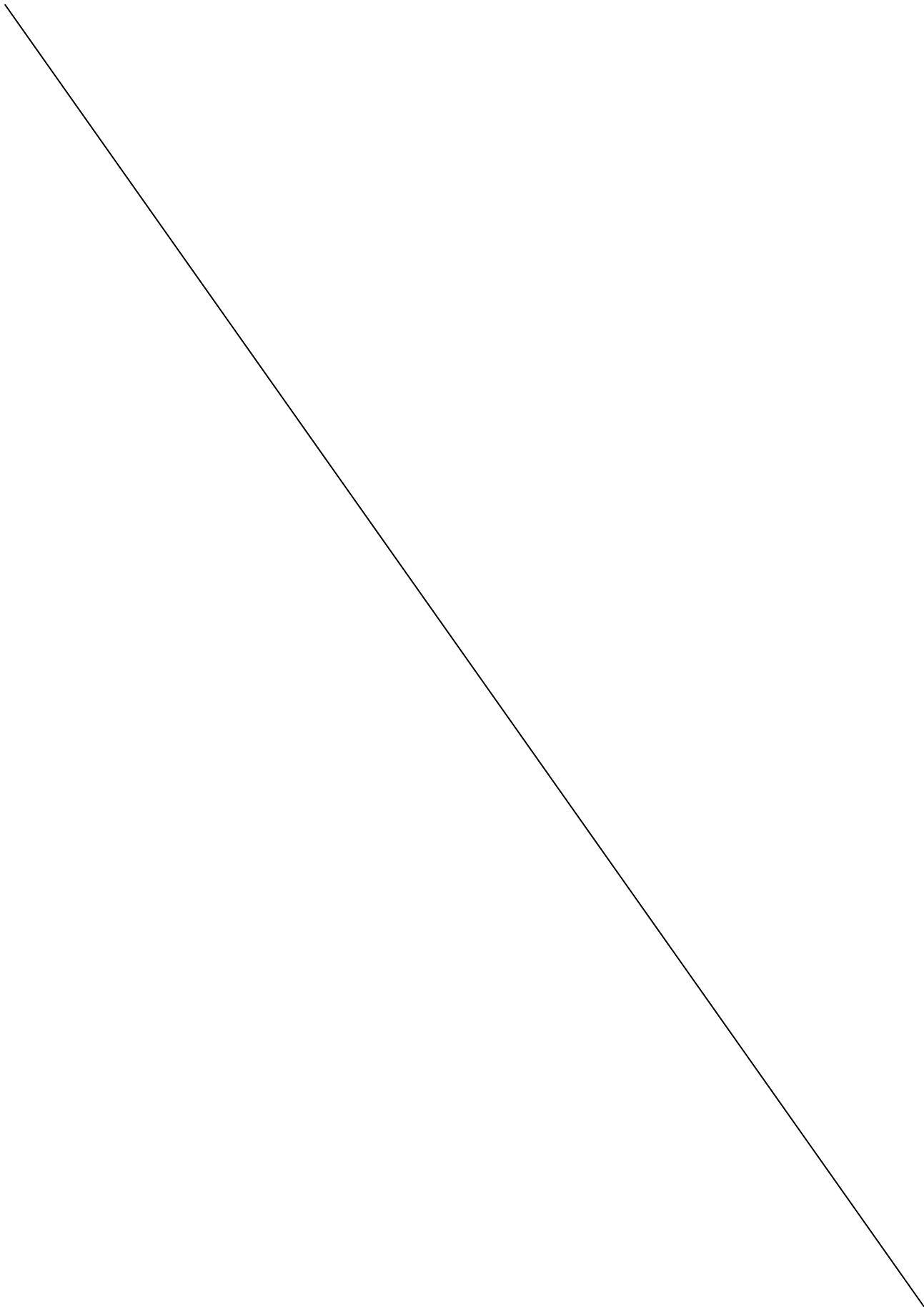
Recebido em: 06.12.2018

Aprovado em: 10.02.2019



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp



PRIMEIROS REGISTROS DA FAUNA DE DUAS CAVERNAS DA REGIÃO DE BULHA D'ÁGUA, PARQUE ESTADUAL TURÍSTICO DO ALTO RIBEIRA (PETAR), SÃO PAULO

FIRST RECORDS OF THE FAUNA FROM TWO CAVES IN THE BULHA D'ÁGUA REGION, PARQUE ESTADUAL TURÍSTICO DO ALTO RIBEIRA (PETAR), STATE OF SÃO PAULO

Tamires Zepon (1); Jonas Eduardo Gallão (1); Alexandre Lopes Camargo (2);
Maria Elina Bichuette (1,2)

- (1) Laboratório de Estudos Subterrâneos (LES), Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva (DEBE), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). São Carlos SP.
(2) Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológica (GBPE), Belo Horizonte MG.

Contatos: tazepon@gmail.com; jonasgallao@gmail.com; iscoticave@gmail.com; lina.cave@gmail.com.

Resumo

A fauna subterrânea do Alto Ribeira foi a primeira a ser estudada sistemática e intensivamente no Brasil. Entretanto, ainda há locais pouco explorados quanto à diversidade faunística, como a região de Bulha d'Água, divisa entre os Parques Estaduais Turístico do Alto Ribeira (PETAR) e de Intervalos (PEI). Realizamos um levantamento de invertebrados terrestres em duas cavidades de Bulha d'Água, Gruta do Capinzal e Gruta do Valdecir. Realizamos uma amostragem por meio de busca ativa e extratores do tipo *Winkler*. Registramos ao todo 66 morfoespécies para as duas cavidades, 50 na Gruta do Capinzal e 25 na Gruta do Valdecir. Comparando-se com a riqueza de outras cavernas do PETAR e do PEI, verificamos que as cavernas de Bulha d'Água apresentam riqueza similar (considerando-se invertebrados terrestres) e diversos táxons compartilhados. Neste estudo inicial registramos um diplópode Polydesmida troglóbico (*Peridontodesmella alba*) e um troglomórfico da família Paradoxosomatidae na Gruta do Capinzal. Dessa maneira, a região de Bulha d'Água apresenta potencial para novas descobertas faunísticas e, portanto, estudos detalhados e a longo prazo podem identificar singularidades em suas comunidades subterrâneas.

Palavras-Chave: ambiente subterrâneo; inventário; invertebrados terrestres; Iporanga; riqueza.

Abstract

The subterranean fauna from Alto Ribeira was the first to be systematically and intensively studied in Brazil. However, there are poorly explored localities in relation to faunistic diversity, such as Bulha d'Água region, boundary between the Parques Estaduais Turístico do Alto Ribeira (PETAR) and de Intervalos (PEI). We carried out an inventory of terrestrial invertebrates in two caves from Bulha d'Água, Capinzal cave and Valdecir cave. We did a sampling by active search and *Winkler* extractor methods. We recorded 66 morphospecies in total for both caves, 50 in Capinzal cave and 25 in Valdecir cave. Comparing with richness of other caves from PETAR and PEI, we verified that Bulha d'Água caves have similar richness (considering terrestrial invertebrates) and several shared taxa. In this initial study, we recorded a troglotic (*Peridontodesmella alba*) and a troglomorphic Polydesmida diplopod (family Paradoxosomatidae) in Capinzal cave. Thus, Bulha d'Água region presents potential for new faunistic findings and, therefore, detailed and long-term studies may identify more singularities in their subterranean communities.

Key-Words: subterranean environment; inventory; terrestrial invertebrates; Iporanga, richness.

1. INTRODUÇÃO

Estudos em cavernas no Brasil tiveram início no final do século 19 e início do 20, conduzidos na região do Alto Ribeira, sul do estado de São Paulo (veja histórico da biologia subterrânea no Brasil em TRAJANO; BICHUETTE, 2006). A partir destes estudos, foram coletados espécimes de um peixe que culminou na descrição do bagre-cego de Iporanga (Sistema Areias), *Pimelodella kronei* (Ribeiro, 1907)

(TRAJANO, 2000), correspondendo ao marco inicial dos estudos de espeleobiologia em nosso país. Na sequência, tivemos a Tese de Doutorado de C. Pavan (1945) sobre a morfologia e comportamento de *P. kronei*; a descrição do primeiro invertebrado troglóbico brasileiro, o diplópode *Leodesmus yporangae* (Schubart, 1946) para o Sistema Areias; e diversas listagens faunísticas (década de 1970) de estudos realizados nas cavernas do Sistema Areias e

Tapagem (=Diabo) pelo suíço P. Strinati (veja histórico de estudos no Sistema Areias em TRAJANO, 2000, 2006).

A partir de então, os estudos com fauna subterrânea para o Alto Ribeira e outras regiões no Brasil tornaram-se mais amplos. Dessen et al. (1980) e Trajano (1987) publicaram listas faunísticas de diversas áreas cársticas no país, incluindo a do Alto Ribeira. Posteriormente, estudos abrangendo temas diversos da biologia foram conduzidos com a fauna dessa área cárstica: sobre comunidades de invertebrados e suas relações tróficas (e.g., TRAJANO; GNASPINI, 1986, 1991; GNASPINI, 1989), morfologia e distribuição de crustáceos (e.g., FERNANDES; BICHUETTE, 2013; FERNANDES et al., 2013), ecologia populacional de invertebrados (e.g., BICHUETTE; TRAJANO, 2003, 2018; MAIA et al., 2013), peixes (e.g., TRAJANO, 1991; GUIL; TRAJANO, 2013) e morcegos (e.g., TRAJANO, 1985, 1996), além de estudos comportamentais (e.g., TRAJANO; MENNA-BARRETO, 1995), dentre outros.

Dessa maneira, o Alto Ribeira é considerado o primeiro local a ter estudos sobre espeleobiologia sistematizados (TRAJANO, 2013). Entretanto, mesmo em cavernas há tempos estudadas, novas espécies são descobertas, como o opilião não descrito para a região (GALLÃO; BICHUETTE, 2018), registrado em 2009 durante coletas relacionadas do Plano de Manejo Espeleológico do PETAR (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2009). Além disso, mesmo sendo uma das áreas mais prospectadas do Brasil em termos de espeleologia, novas cavernas vêm sendo descobertas, como na região de Bulha d'Água (CAMARGO; BRANDI, 2012).

O conhecimento da fauna de uma região torna-se relevante tanto pela identidade das espécies quanto pela distribuição, o que permite identificar padrões de distribuição desta biodiversidade, bem como identificar processos que acarretam em mudanças das comunidades, como extinções (HORTAL et al., 2015). Assim, neste estudo realizamos o levantamento de invertebrados terrestres em duas cavernas da região de Bulha d'Água para um diagnóstico da fauna.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

O Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR) (24°27'36" S, 48°36'0" W) está localizado nos municípios de Iporanga e Apiaí, estado de São Paulo. Está inserido na margem esquerda do médio a

alto curso do rio Ribeira (KARMANN; FERRARI, 2002) e possui como fitofisionomia predominante a Mata Atlântica, com o desenvolvimento de Floresta Perenifólia Higrófila Costeira, e é caracterizado por um clima subquente e superúmido, sem estação seca, com amplitudes térmicas geralmente baixas (NIMER, 1977). A área cárstica do Alto Ribeira é caracterizada pela presença de rochas calcárias pertencentes ao Grupo Açungui (KARMANN; SÁNCHEZ, 1979) e possui elevada densidade de cavernas (KARMANN; SÁNCHEZ, 1986) (Figura 1A-C).

O PETAR é composto por cinco núcleos: Santana, Ouro Grosso, Caboclos, Casa de Pedra e Bulha d'Água. O núcleo Bulha d'Água está situado no município de Iporanga, nos limites entre o Parque Estadual de Intervales - PEI e o PETAR (CAMARGO; BRANDI, 2012). Em relação aos outros núcleos do parque, o trabalho sistemático de localização e mapeamento espeleológico nessa região foi realizado recentemente pelo Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE) com o apoio do Grupo Pierre Martin de Espeleologia (GPME), Espeleologia Grupo de Rio Claro (EGRIC), e de diversos outros espeleólogos e colaboradores (CAMARGO; BRANDI, 2012). Até 2008, a região contava com 48 cavernas exploradas (CAMARGO; BRANDI, 2012), mas carece de pesquisas acerca da fauna subterrânea local. Apenas um troglóbio, o crustáceo *Aegla charon* Bueno & Moraes, 2017, foi descrito para a região de Bulha d'Água, na caverna Lago Subterrâneo localizada no município de Guapiara, PEI (BUENO et al., 2017).

2.2. Amostragens

Realizamos a coleta de invertebrados terrestres durante uma ocasião de visita (fevereiro de 2013), época chuvosa, em duas cavernas da região de Bulha d'Água: Gruta do Capinzal (S24° 20' 03.5", O48° 30' 35.3"), a qual possui 255 metros de projeção horizontal e 12 metros de desnível (CAMARGO; BRANDI, 2012), e Gruta do Valdecir (S24° 19' 55.989", O48° 30' 12.021"), a qual possui 53,30 metros de desenvolvimento linear e 1,07 metros de desnível (Clube de Espeleologia Manduri, com press.) (Figura 1C; Figura 2A-B).

As amostragens foram realizadas por meio de busca ativa em diferentes substratos como bancos de sedimento, paredes, blocos de rocha abatidos, manchas de guano, acúmulos de matéria orgânica (folhíço, galhos, troncos) (Figura 2C-D). Os invertebrados foram fixados *in loco* em etanol 70%. Também foram utilizados extratores *Winkler* para a

coleta da fauna associada a solo e folhiço na Gruta do Capinzal.

A identificação do material zoológico contou com a colaboração de especialistas dos diferentes grupos taxonômicos: Acari - Marcel Silva Araújo; Isopoda - Camile Sorbo Fernandes e Ivanklin Soares Campos Filho; Pseudoscorpiones - Diego Monteiro

von Schimonsky; Diplopoda - Jéssica Scaglione Gallo; Orthoptera - Márcio Perez Bolfarini; Araneae - Leonardo Palloni Accetti Resende e Rafael Fonseca Ferreira. Indivíduos imaturos que não puderam ser identificados ou comparados com os possíveis adultos não foram considerados.

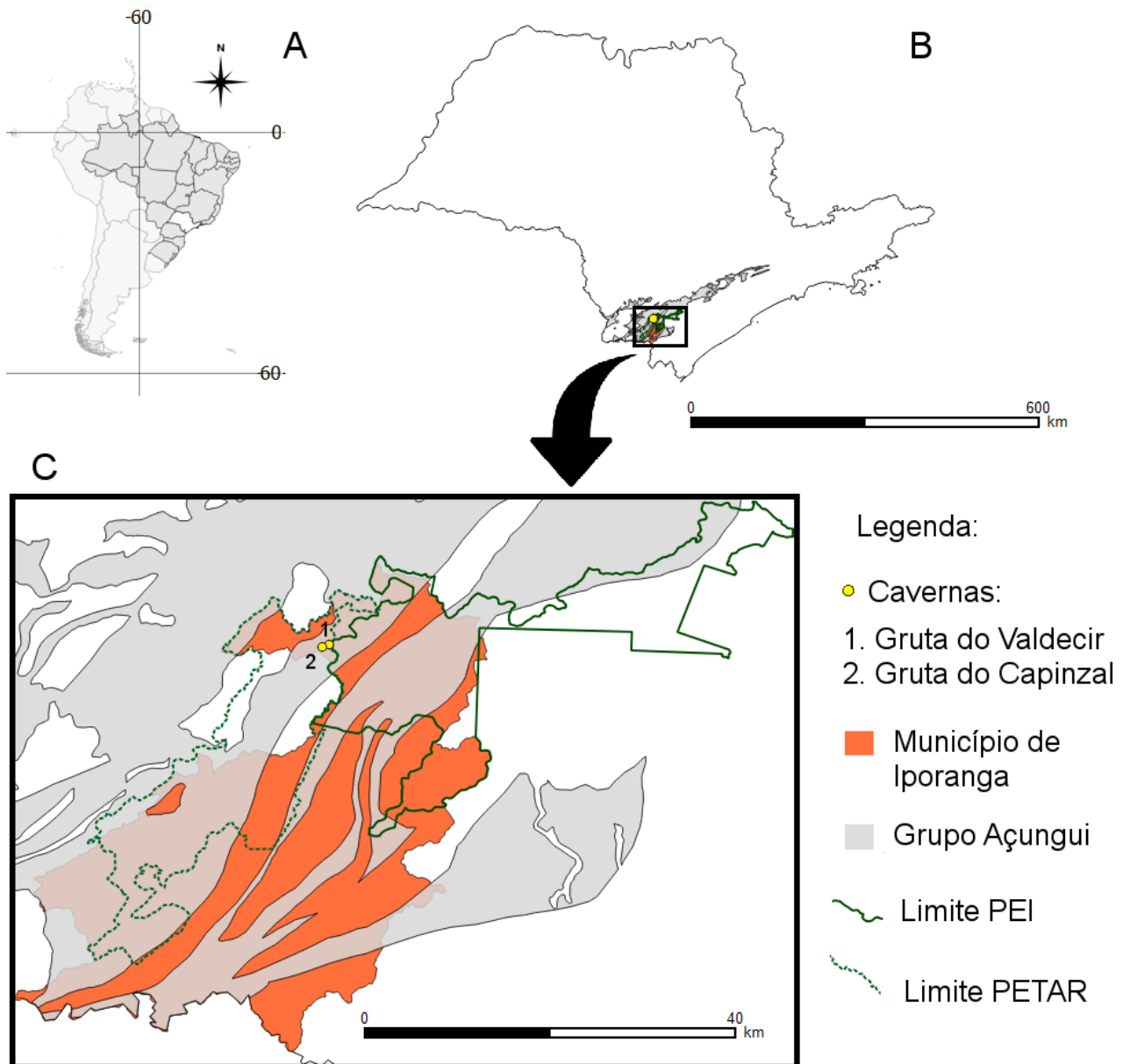


Figura 1. Localização das cavernas da região de Bulha d'Água estudadas. **A.** América do Sul; **B.** Estado de São Paulo e rochas do Grupo Açungui; **C.** Município de Iporanga, limites dos Parques Estaduais Turístico do Alto Ribeira (PETAR) e de Intervales (PEI), e localização das cavernas estudadas.



Figura 2. A. Salão da Gruta do Capinzal; B. Entrada da Gruta do Valdecir; C e D. Amostragem por meio de busca ativa; E. Opilião *Serracutisoma pseudovarium* em cuidado parental; F. Paradoxosomatidae (Polydesmida) troglomórfico. Fotos: Alexandre Lopes Camargo.

3. RESULTADOS

Registramos um total de 66 morfoespécies de invertebrados nas duas cavernas pertencentes a seis Classes (Arachnida, Insecta, Diplopoda, Entognatha, Malacostraca, Clitellata), 17 Ordens (Sarcoptiformes, Parasitiformes, Trombidiformes, Araneae, Opiliones, Pseudoscorpiones, Isopoda, Blattaria, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Orthoptera, Psocoptera, Collembola, Diplopoda, Haplotaxida) e 33 famílias (Macrochelidae, Uropodidae, Rhagidiidae, Smarididae, Ixodidae, Ctenidae, Lycosidae, Gnaphosidae, Pholcidae, Sicariidae, Theridiidae, Theridiosomatidae, Sclerosomatidae, Gonyleptidae, Tridenchthoniidae, Philosciidae, Blattidae,

Carabidae, Leidodidae, Staphylinidae, Keroplatidae, Sciaridae, Phoridae, Drosophilidae, Reduviidae, Formicidae, Phalangopsidae, Anostostomatidae, Pseudonannolenidae, Chelodesmidae, Paradoxosomatidae, Cryptodesmidae e Pyrgodesmidae) (Apêndice 1). A maioria das morfoespécies pertencem às classes Arachnida (35 morfoespécies; 53%) e Insecta (22; 33%) (Apêndice 1).

Das 66 morfoespécies, três (3) foram classificadas como troglófitas (os opiliões *Serracutisoma pseudovarium* DaSilva & Gnaspini, 2010 (Figura 2E), *Mitobatinae* sp. e *Promitobates* sp.) e 31 como troglófilas. Registramos uma morfoespécie troglomórfica e possivelmente

troglóbia, pertencente à família Paradoxosomatidae (Diplopoda: Polydesmida) (Figura 2F), e uma espécie troglóbia, *Peridontodesmella alba* Schubart, 1957 (Diplopoda: Polydesmida: Cryptodesmidae), ambas da Gruta do Capinzal. Ainda, seis (6) morfoespécies foram classificadas como acidentais e, devido à ausência de informações sobre os táxons, 24 não puderam ser classificadas (Apêndice 1).

A Gruta do Capinzal apresentou 50 morfoespécies, das quais 27 são aracnídeos, 14 insetos e cinco (5) diplópodes (Apêndice 1, Figura 3). Dentre os aracnídeos, 13 são ácaros, e dentre os diplópodes, quatro (4) pertencem à Ordem Polydesmida. Ainda, 20 morfoespécies foram coletadas exclusivamente pelo método de extratores *Winkler* (Apêndice 1). Na Gruta do Valdecir registramos 25 morfoespécies, sendo 12 aracnídeos e 11 insetos (Apêndice 1, Figura 3).

4. DISCUSSÃO

Um levantamento faunístico em cavernas do Alto Ribeira para os Planos de Manejo Espeleológico do PETAR e do PEI foi realizado em 2009 utilizando-se métodos de amostragens padronizados e, na maioria das cavernas, durante duas ocasiões de visitas (TRAJANO, 2013). Em 15 dessas cavernas, a riqueza variou entre 65 e 127 morfoespécies (média = 100,5), considerando-se táxons aquáticos e terrestres (TRAJANO, 2013). Dessa maneira, o registro de 50 morfoespécies terrestres na Gruta do Capinzal em apenas uma

ocasião de visita indica que as cavernas dessa região possuem uma riqueza de espécies elevada.

A maioria dos táxons registrados nas Gruta do Capinzal e Gruta do Valdecir correspondem a grupos regularmente ocorrentes em cavernas brasileiras (TRAJANO; BICHUETTE, 2010). Além disso, estudos anteriores mostraram que as comunidades das cavernas do Vale do Ribeira apresentam grande similaridade entre si e provavelmente mantêm os mesmos tipos de interações ecológicas (GNASPINI-NETTO; TRAJANO, 1992), o que também observamos neste estudo.

Alguns táxons troglófilos encontrados na região de Bulha d'Água também foram registrados nos levantamentos realizados durante os Planos de Manejo Espeleológico (PME) do PETAR, tanto em cavernas do núcleo Caboclos (*e.g.*, Cavernas Desmoronada, Pescaria, Arataca, Chapéu, Chapéu-Mirim I, Aranhas, Temimina II, Água Sumida) quanto do núcleo Santana (*e.g.*, Caverna Santana) (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2009), e do PEI (*e.g.*, Cavernas Fendão, Jane Mansfield, Colorida, Tatu, Meninos) (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2010): aranhas do gênero *Plato* e a espécie *Ctenus fasciatus* Mello-Leitão, 1943, também comuns em cavernas do território nacional (TRAJANO; BICHUETTE, 2010); o opilião *Daguerreia inermis* Soares & Soares, 1947, o hemíptero *Zelurus aff. travossosi* (Costa Lima, 1940) e o grilo *Strinatia brevipennis* Chopard, 1970.

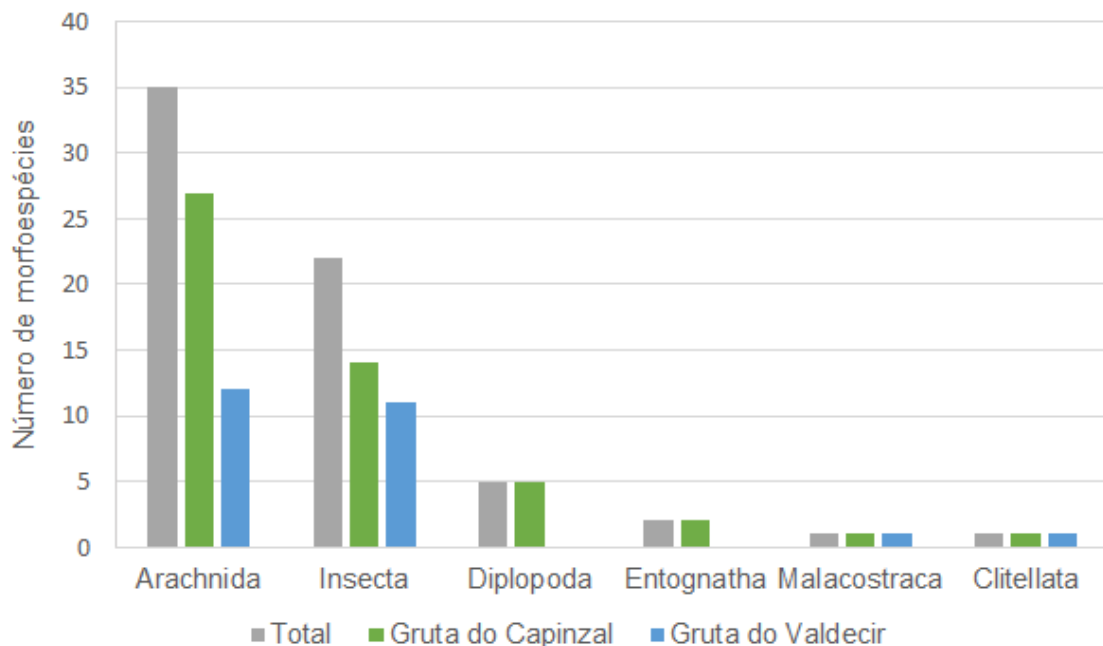


Figura 3: Número de morfoespécies por Classe taxonômica registrado na Gruta do Capinzal, na Gruta do Valdecir e em ambas as cavernas (total) da região de Bulha d'Água, PETAR.

Além disso, isópodes Philosciidae, registrados na Gruta do Capinzal, são frequentes e típicos do Vale do Ribeira (TRAJANO; BICHUETTE, 2010). Outros táxons encontrados nesta cavidade, como diplópodes do gênero *Pseudonannolene*, são frequentes em cavernas do PETAR, mas não foram registrados em nenhuma das dez cavernas do PEI amostradas durante o PME (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2009, 2010). O contrário foi observado para o opilião troglóxico *Serracutisoma pseudovarium*, também presente na Gruta do Capinzal, o qual foi registrado em todas cavernas do PEI e em apenas uma do PETAR durante o PME (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2009, 2010).

Notamos uma grande diversidade de Polydesmida na Gruta do Capinzal - quatro morfoespécies pertencentes à quatro famílias diferentes. Levantamentos em algumas cavernas na região de Caboclos também registraram uma grande diversidade desse grupo: na Gruta do Espírito Santo foram registradas três morfoespécies pertencentes às famílias Chelodesmidae, Cryptodesmidae e Oniscodesmidae; e na Gruta Arataca quatro morfoespécies das famílias Chelodesmidae, Furmannodesmidae, Oniscodesmidae e Pyrgodesmidae (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2009). Tais dados indicam que há uma grande diversidade filogenética desse grupo em algumas cavernas, o que pode estar relacionado à qualidade desses ambientes, uma vez que diplópodes podem ser considerados bioindicadores ambientais (DE GODOY; FONTANETTI, 2010).

O troglóbio *Peridontodesmella alba* está distribuído na área cárstica do Alto Ribeira, em cavernas das regiões de Iporanga, São Paulo, e Adrianópolis, Paraná (GALLÃO; BICHUETTE, 2018), e o registro dessa espécie na Gruta do Capinzal amplia sua área de ocorrência. Além disso, até o momento apenas um troglóbio da família Paradoxosomatidae foi registrado em cavernas brasileiras, ocorrendo na área cárstica da Serra da Bodoquena, Mato Grosso de Sul, o qual ainda não foi descrito (GALLÃO; BICHUETTE, 2018). Assim, o registro do Polydesmida (Família Paradoxosomatidae) troglomórfico na Gruta do Capinzal destaca a singularidade faunística e potencial da região para novas espécies.

Apesar da semelhança nas comunidades das cavernas do Vale do Ribeira, é possível observar algumas particularidades que são, ao menos em parte, resultados de condições geológicas, climáticas e ecológicas específicas (GNASPINI-NETTO; TRAJANO, 1992). Embora o esforço amostral tenha sido pequeno, com apenas uma amostragem, o registro de uma possível espécie nova de diplópode

troglomórfico corrobora particularidades da fauna subterrânea. Além disso, o elevado número de espécies de ácaros em relação a outros estudos com foco em diversidade de fauna subterrânea tanto para o PETAR (e.g., TRAJANO, 1987) quanto para outras regiões (e.g., CORDEIRO et al., 2014), confirma diferenças marcantes em relação à fauna hipógea.

Ainda, foi utilizado apenas um método de coleta (busca ativa) na Gruta do Valdecir, ao passo que o uso de métodos de amostragens combinados é recomendado para acessar de maneira mais eficiente a fauna desse ambiente (BICHUETTE et al., 2015). Por exemplo, na Gruta do Capinzal utilizamos extratores *Winkler*, o qual é utilizado para coleta de fauna associada a solo e folhiço, substrato no qual registramos um grande número de morfoespécies de Acari, além das morfoespécies de Collembola e Pseudoscorpiones.

5. CONCLUSÃO

A Gruta do Capinzal e a Gruta do Valdecir apresentaram uma comunidade de invertebrados terrestres rica em número de morfoespécies, com táxons recorrentes em diversas cavernas do PETAR e do PEI, e com registros faunísticos únicos. Dessa maneira, ainda que o Vale do Ribeira seja área do Brasil onde a fauna subterrânea é melhor amostrada, a região de Bulha d'Água possui potencial para novas descobertas faunísticas. Portanto, estudos detalhados e a longo prazo nessa região são necessários afim de identificar mais particularidades em suas comunidades subterrâneas.

AGRADECIMENTOS

Somos gratos ao Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE), ao Espeleol Grupo de Rio Claro (EGRIC) e ao Clube de Espeleologia Manduri (CEM) pelo apoio e informações sobre a área, e à Janaína Gonçalves da Cunha e José Aparecido Ribeiro (“Zé Guapiara”) pelo auxílio em campo. Agradecemos também os especialistas que contribuíram com a identificação do material zoológico; ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (Processo 28992-2) e Comissão Técnico-Científica (COTEC) do Instituto Florestal de São Paulo (IF) (Processo SMA Nº: 260108 – 010.496/2012) pela autorização para o desenvolvimento do trabalho; ao Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR) pelo apoio. TZ agradece ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais (PPG-ERN) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) pela

infraestrutura para o desenvolvimento do trabalho. MEB agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (Processos 2008/05678-7 e 2010/08459-4) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processos 303715/2011-1, 308557/2014-0, 310378/2017-6, 457413/2014-0) pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

- BICHUETTE, M. E.; SIMÕES, L. B.; SCHIMONSKY, D. M. V.; GALLÃO, J.E. Effectiveness of quadrat sampling on terrestrial cave fauna survey - a case study in a Neotropical cave. **Acta Scientiarum**, v. 37, n. 3, p. 345–351, 2015.
- BICHUETTE, M. E.; TRAJANO, E. A population study of epigeal and subterranean *Potamolithus* snails from southeast Brazil (Mollusca: Gastropoda: Hydrobiidae). **Hydrobiologia**, v. 505, p. 107–117, 2003.
- BICHUETTE, M. E.; TRAJANO, E. Diversity of *Potamolithus* (Littorinimorpha, Truncatelloidea) in a high-diversity spot for troglobites in southeastern Brazil: role of habitat fragmentation in the origin of subterranean fauna, and conservation status. **Subterranean Biology**, v. 88, p. 61–88, 2018.
- BUENO, S. L. de S.; CAMARGO, A. L.; MORAES, J. C. B. A new species of stygobitic aeglid from lentic subterranean waters in southeastern Brazil, with an unusual morphological trait: short pleopods in adult males. **Nauplius**, v. 25, p. 1–18, 2017.
- CAMARGO, A. L.; BRANDI, R. Exploração e documentação das cavidades naturais subterrâneas das regiões de Bulha d'Água, Vale dos Buenos, Fundão, Caboclos e entornos (Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira - PETAR e Parque Estadual de Intervalos – PEI), estado de São Paulo. **Espeleo-Tema**, v. 23, n. 2, p. 103–115, 2012. http://www.cavernas.org.br/espeleo-tema/espeleo-tema_v23_n2_103-115.pdf.
- CORDEIRO, L. M.; BORGHEZAN, R.; TRAJANO, E. Subterranean biodiversity in the Serra da Bodoquena karst area, Paraguay river basin, Mato Grosso do Sul, Southwestern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 14, n. 3, p. 1–28, 2014.
- DE GODOY, J. A. P.; FONTANETTI, C. S. Diplopods as bioindicators of soils: analysis of midgut of individuals maintained in substrate containing sewage sludge. **Water Air Soil Pollut**, v. 210, n. 1–4, p. 389–398, 2010.
- DESSEN, E. M. B.; ESTON V. R.; SILVA M. S. M.; TEMPERINI-BECK T.; TRAJANO, E. Levantamento preliminar da fauna de cavernas de algumas regiões do Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 32, n. 6, p. 714–725, 1980.
- FERNANDES, C. S.; BICHUETTE, M. E. Shape variation of *Aegla schmitti* (Crustacea, Decapoda, Aegliidae) associated to superficial and subterranean stream reaches. **Subterranean Biology**, v. 10, n. 1, p. 17–24, 2013.
- FERNANDES, C. S.; BICHUETTE, M. E.; BUENO, S. L. de S. Distribution of cave-dwelling *Aegla* spp. (Decapoda: Anomura: Aegliidae) from the Alto Ribeira karstic area in southeastern Brazil based on geomorphological evidence. **Journal of Crustacean Biology**, v. 33, n. 4, p. 567–575, 2013.
- FUNDAÇÃO FLORESTAL. **Plano de manejo espeleológico - PETAR**, São Paulo, 2009.
- FUNDAÇÃO FLORESTAL. **Plano de manejo espeleológico - PEI**, São Paulo, 2010.
- GALLÃO, J. E.; BICHUETTE, M. E. Brazilian obligatory subterranean fauna and threats to the hypogean environment. **ZooKeys**, v. 746, p. 1–23, 2018.

- GNASPINI-NETTO, P.; TRAJANO, E. Província espeleológica do Vale do Ribeira, região da Fazenda Intervales, SP: exploração, topografia e biologia. **Espeleo-Tema**, v. 16, n. 1, p. 41–74, 1992. http://www.cavernas.org.br/espeleo-tema/Espeleo-Tema_v16_041-074.pdf.
- GNASPINI, P. Análise comparativa da fauna associada a depósitos de guano de morcegos cavernícolas no Brasil. Primeira aproximação. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 33, p. 183–192, 1989.
- GUIL, A. L. F.; TRAJANO, E. Dinâmica populacional do bagre cego de Iporanga, *Pimelodella kronei*: 70 anos de estudo comparison com Trajano 1987. **Revista da Biologia**, v. 10, n. 2, p. 34–39, 2013.
- HORTAL, J. et al. Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 46, n. 1, p. 523–549, 2015.
- KARMANN, I.; FERRARI, J. A. Carste e cavernas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP. In: WINGE, M. et al. (Ed.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos – (SIGEP), 2002. p. 401–413.
- KARMANN, I.; SÁNCHEZ, L. E. Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil. **Espeleo-Tema**, v. 13, p. 105–107, 1979. http://www.cavernas.org.br/espeleo-tema/Espeleo-Tema_v13_105-167.pdf.
- KARMANN, I.; SÁNCHEZ, L. E. Speleological provinces in Brazil. In: 9th Congreso Internacional de Espeleologia, Barcelona: 1986.
- MAIA, K.; BUENO, S.; TRAJANO, E. Ecologia populacional e conservação de eglídeos (Crustacea: Decapoda: Aeglidae) em cavernas da área cárstica do Alto Ribeira, em São Paulo. **Revista da Biologia**, v. 10, n. 2, p. 40–45, 2013.
- NIMER, E. **Geografia do Brasil - Região Sudeste**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.
- TRAJANO, E. Ecologia de populações de morcegos cavernícolas em uma região cárstica do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 2, n. 5, p. 255–320, 1985.
- TRAJANO, E. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 3, n. 8, p. 533–561, 1987.
- TRAJANO, E. Population ecology of *Pimelodella kronei*, troglobitic catfish from Southeastern Brazil (Siluriformes, Pimelodiidae). **Environmental Biology of Fishes**, v. 30, n. 4, p. 407–421, 1991.
- TRAJANO, E. Movements of cave bats in southeastern Brazil, with emphasis on the population ecology of the common vampire bat, *Desmodus rotundus* (Chiroptera). **Biotropica**, v. 28, n. 1, p. 121–129, 1996.
- TRAJANO, E. Cave faunas in the Atlantic Tropical Rainforest: composition, ecology, and conservation. **Biotropica**, v. 32, n. 4, p. 882–893, 2000.
- TRAJANO, E. (Org.) **Sistema Areias: 100 anos de estudos**. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2006. 116 p.
- TRAJANO, E. Variações anuais e infra-anuais em ecossistemas subterrâneos: implicações para estudos ambientais e preservação de cavernas. **Revista da Biologia**, v. 10, n. 2, p. 1–7, 2013.
- TRAJANO, E.; BICHUETTE, M. E. **Biologia subterrânea: Introdução**. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2006. 92p.
- TRAJANO, E.; BICHUETTE, M. E. Diversity of Brazilian subterranean invertebrates, with a list of troglomorphic taxa. **Subterranean Biology**, v. 7, p. 1–16, 2010.

TRAJANO, E.; GNASPINI, P. Observações sobre a mesofauna cavernícola do Alto Vale do Ribeira, SP. **Espelo-tema**, v. 15, p. 28–32, 1986. http://www.cavernas.org.br/espeleo-tema/Espeleo-Tema_v15_029-033.pdf.

TRAJANO, E.; GNASPINI, P. Notes on the food webs in caves of southeastern Brazil. **Mémories de Biospéologie**, v. 8, n. 75–79, p. 1991, 1991.

TRAJANO, E.; MENNA-BARRETO, L. Locomotor activity pattern of brazilian cave catfishes under constant darkness (Siluriformes, Pimelodidae). **Biological Rhythm Research**, v. 26, n. 3, p. 341–353, 1995.

Apêndice 1: Morfoespécies registradas na Gruta do Capinzal e Gruta do Valdecir, região de Bulha d'Água, PETAR, suas classificações de acordo com a relação com o ambiente subterrâneo (Status), e método de coleta utilizado.

Legenda: X = ocorrência; TX = troglóxeno, TF = troglófilo, TM/TB = troglomórfico/ possível troglóbio; TB = troglóbio; AC = acidental; ? = classificação incerta; BA = busca ativa; W = extrator *Winkler*.

Táxon	Espécie/ Morfoespécie	Status	Gruta do Capinzal	Gruta do Valdecir	Método Coleta
C. Arachnida					
Sc. Acari					
O. Sarcoptiformes					
So. Oribatida	sp. 1	?	X		BA/W
	sp. 4	?	X		W
	sp. 6	?	X		W
	sp. 7	?	X		W
	sp. 8	?	X		W
	sp. 11	?	X		W
	sp. 12	?	X		W
	sp. 14	?	X		W
O. Parasitiformes					
So. Mesostigmata					
F. Macrochelidae	sp. 1	?	X		BA
	sp. 10	?	X		W
F. Uropodidae	sp. 5	?	X		W
So. Ixodida					
F. Ixodidae	sp. 13	?	X		W
O. Trombidiformes					
F. Rhagidiidae	sp. 2	?		X	BA
	sp. 9	?	X		W
F. Smarididae	sp. 3	?		X	BA
O. Araneae					
So. Araneomorphae					
F. Ctenidae	<i>Ctenus fasciatus</i> Mello-Leitão, 1943	TF	X		BA
F. Lycosidae	sp. 1	AC		X	BA
F. Gnaphosidae	sp. 1	AC		X	W
F. Pholcidae	sp. 1	TF	X	X	BA
	<i>Mesabolivar</i> sp. 1	TF	X		BA
F. Sicariidae	<i>Loxosceles</i> cf. <i>gaucho</i> Gertsch 1967	TF	X		BA
	<i>Sicarius</i> sp. 1	AC	X		BA
F. Theridiidae	sp. 1	TF	X	X	BA
	sp. 2	TF	X	X	BA
	sp. 3	TF		X	BA

Táxon	Espécie/ Morfoespécie	Status	Gruta do Capinzal	Gruta do Valdecir	Método Coleta
F. Theridiosomatidae	<i>Plato</i> sp. 1	TF	X	X	BA
O. Opiliones					
So. Eupnoi					
F. Sclerosomatidae					
Sf. Gagrellinae	sp. 1	TF	X		BA
So. Laniatores					
F. Gonyleptidae					
Sf. Goniosomatinae	sp. 1	TF		X	BA
	sp. 2	TF	X		BA
	sp. 3	TF			BA
	<i>Serracutisoma pseudovarium</i> DaSilva & Gnaspini, 2010	TX	X		BA
Sf. Mitobatinae	sp. 3	TX		X	BA
	<i>Promitobates</i> sp.	TX	X		BA
Sf. Pachylinae	<i>Daguerreia inermis</i> Soares & Soares, 1947	TF	X	X	BA
O. Pseudoscorpiones					
F. Tridenethoniidae	<i>Heterolophus guttier</i> Tömösváry, 1884	TF	X		W
C. Malacostraca					
O. Isopoda					
F. Philosciidae	<i>Benthana longicornis</i> Verhoeff, 1941	TF	X	X	BA/W
C. Insecta					
O. Blattaria					
F. Blattidae	sp. 1	?		X	BA
O. Coleoptera	sp. 1	?		X	BA
F. Carabidae	sp. 1	TF		X	BA
	sp. 2	TF		X	BA
F. Leidodidae	sp. 1	TF	X		BA
F. Staphylinidae	sp. 1	TF	X		BA
	sp. 2	TF		X	BA
	sp. 3	TF	X		W
Sf. Pselaphinae	sp. 1	TF	X		BA
	sp. 2	TF		X	BA
O. Diptera	sp. 1	?	X		W
So. Nematocera					
F. Keroplatidae	sp. 1	TF	X	X	BA
F. Sciaridae	sp. 1	?	X		BA/W
So. Brachycera					
F. Phoridae	sp. 1	TF	X	X	
F. Drosophilidae	sp. 1	TF		X	BA
O. Hemiptera					BA
So. Heteroptera	sp. 1	?	X		W
F. Reduviidae	<i>Zelurus</i> aff. <i>travasossi</i> (Costa Lima, 1940)	TF	X		BA
O. Hymenoptera					
F. Formicidae	sp. 1	AC	X		W
O. Orthoptera					
F. Phalangopsidae	<i>Strinatia brevipennis</i> Chopard, 1970	TF	X		BA
F. Anostostomatidae	<i>Lutosa</i> sp.	AC	X		BA
O. Psocoptera	sp. 1	?	X	X	BA
	sp. 2	?		X	BA

Táxon	Espécie/ Morfoespécie	Status	Gruta do Capinzal	Gruta do Valdecir	Método Coleta
C. Entognatha					
O. Collembola					
So. Entomobryomorpha	sp. 1	TF	X		W
	sp. 2	TF	X		W
C. Diplopoda					
O. Spirostreptida					
F. Pseudonannolenidae	<i>Pseudonannolene</i> sp. 1	TF	X		BA
O. Polydesmida					
F. Chelodesmidae	cf. <i>Leodesmus</i> sp.	?	X		BA
F. Paradoxosomatidae	sp. 1	TM/TB	X		BA
F. Cryptodesmidae	<i>Peridontodesmella alba</i> Schubart, 1957	TB	X		BA
F. Pyrgodesmidae	sp. 1	?	X		W
C. Clitellata					
O. Haplotaxida	sp. 1	AC	X	X	BA/W

Fluxo editorial:

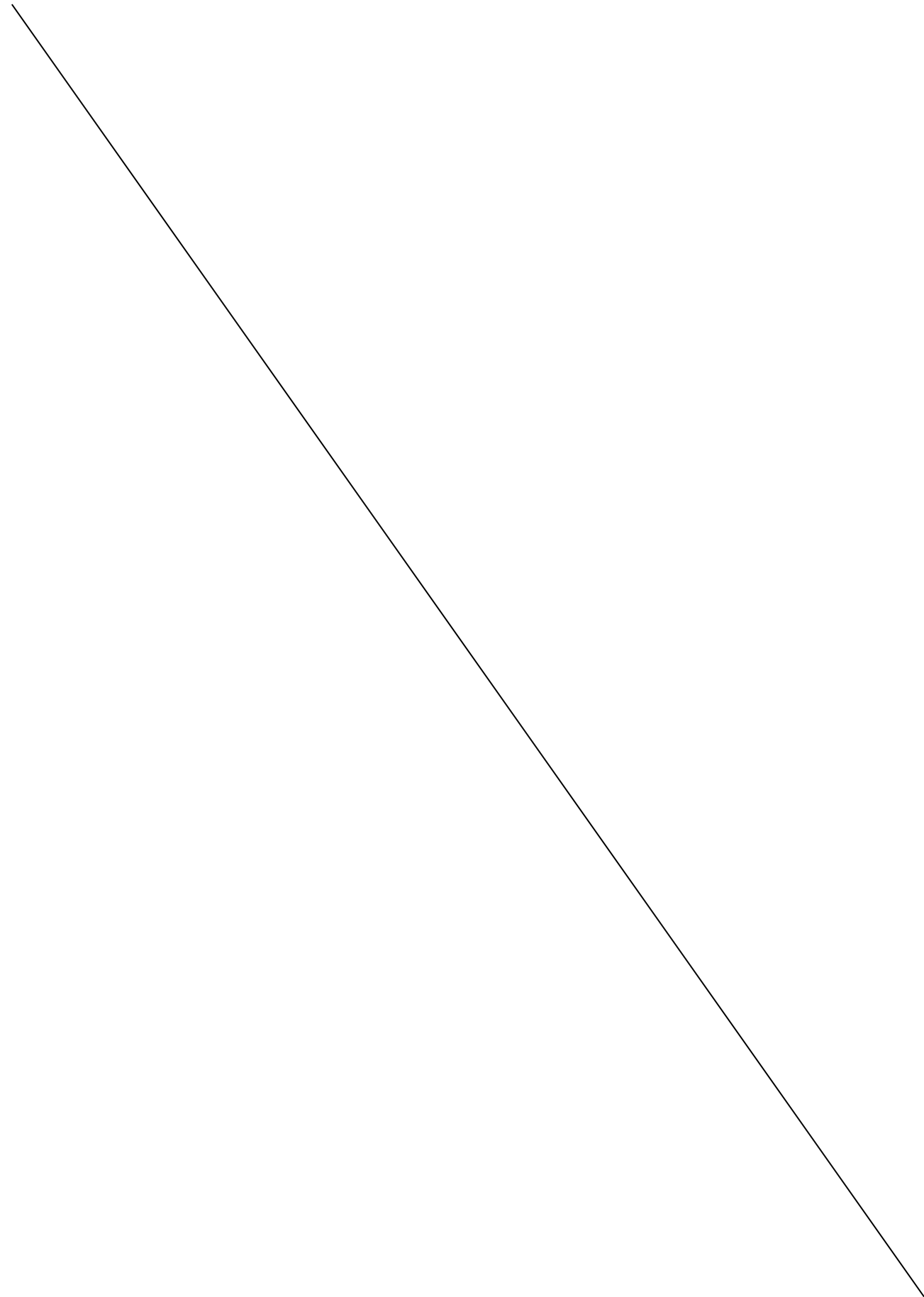
Recebido em: 07.12.2018

Aprovado em: 01.04.2019



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp



O QUE MUDOU NA DISTRIBUIÇÃO DOS DIPLÓPODES *PSEUDONANNOLENE SILVESTRI*, 1895 NAS CAVERNAS DO BRASIL 18 ANOS APÓS A SINOPSE DE TRAJANO E COLABORADORES (2000)?

WHAT DID CHANGE IN THE DISTRIBUTION OF THE *PSEUDONANNOLENE SILVESTRI*, 1895
MILLIPEDES IN BRAZILIAN CAVES 18 YEARS AFTER THE SYNOPSIS OF TRAJANO ET AL.
(2000)?

Jéssica Scaglione Gallo (1,2); Maria Elina Bichuette (1,3)

- (1) Laboratório de Estudos Subterrâneos, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos SP.
- (2) Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto SP.
- (3) Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE), Belo Horizonte MG.

Contatos: jessicagallo@gmail.com.

Resumo

Diplópodes do gênero *Pseudonannolene* são frequentemente encontrados no ambiente subterrâneo, especificamente no habitat cavernícola. O presente estudo visa atualizar os dados de distribuição desse grupo abrangendo diferentes litologias e regiões do Brasil. Foram examinados espécimes da coleção zoológica do Laboratório de Estudos Subterrâneos da Universidade Federal de São Carlos, além de dados publicados. Analisamos 405 lotes e 677 indivíduos distribuídos entre os estados da Bahia (155 lotes), Minas Gerais (142 lotes), Goiás (63 lotes), São Paulo (32 lotes), Piauí (6 lotes), Santa Catarina (4 lotes), Mato Grosso, Rio Grande do Norte e Tocantins (1 lote). Os estados do Piauí, Mato Grosso, Rio Grande do Norte e Tocantins são novos registros para o grupo. A litologia calcária representou 72% das cavernas amostradas com ocorrência de *Pseudonannolene*, seguida pela litologia arenítica (7%) e granítica (5%). Foram registradas 25 espécies descritas, sendo três troglóbias, além de 22 Unidades Taxonômicas Operacionais e 36 registros em nível genérico. A riqueza, com distribuições ampliadas, mostra a alta diversidade desses diplópodes para as cavernas brasileiras. Além disso, estes animais são bioindicadores e, portanto, vulneráveis às alterações ambientais. Assim, a conservação da vegetação, recursos hídricos do entorno das cavidades também é necessária para a manutenção deste grupo.

Palavras-Chave: ambiente subterrâneo; distribuição geográfica; Myriapoda.

Abstract

Species of genus Pseudonannolene are often found in the subterranean environment, specifically in cave habitat. The present study aims to update the distribution data of this group including different lithologies and regions of Brazil. We used specimens from the Zoological Collection at Laboratório de Estudos Subterrâneos at Universidade Federal de São Carlos and literature data. We analyzed 405 lots and 677 individuals distributed among the states of Bahia (155 lots), Minas Gerais (142 lots), Goiás (63 lots), São Paulo (32 lots), Piauí (6 lots), Santa Catarina (4 lots) Mato Grosso, Rio Grande do Norte and Tocantins (1 lot). The states of Piauí, Mato Grosso, Rio Grande do Norte and Tocantins are new records for the group. The limestone lithology represents 72% of the caves with occurrence of Pseudonannolene, followed by sandstones (7%), granites (5%) and quartzites (5%). Twenty-five species were recorded, including three troglobites, besides 22 Operational Taxonomic Units and 36 records in generic level. The richness, with expanded distributions, shows the high diversity of these millipedes in Brazilian caves. In addition, these animals are bioindicators and, therefore, vulnerable to environmental changes. So, the conservation of vegetation, water resources around the caves is also necessary for the maintenance of this group.

Key-Words: geographical distribution, Myriapoda, subterranean environment.

1. INTRODUÇÃO

Os diplópodes representam um diverso e antigo grupo de artrópodes terrestres, caracterizados

pela presença de muitas pernas arranjadas em dois pares por segmento do corpo denominado diplossegmento (ALAGESAN, 2016). Popularmente

conhecidos como piolhos-de-cobra ou embuás, são animais detritívoros com importante papel na ciclagem de nutrientes (GOLOVATCH; KIME, 2009; DAVID, 2015), podendo ser encontrados em todos os continentes, exceto na Antártica (ENGHOFF, 2015).

Esses animais possuem hábito críptico vivendo em ambientes escuros, úmidos, sob rochas, troncos de árvores, e em ambientes subterrâneos, (GOLOVATCH; KIME, 2009). Esses últimos se caracterizam como o conjunto de espaços interconectados do subsolo, preenchidos por água ou ar variando desde escalas milimétrica até grandes cavidades, que quando acessíveis aos humanos, são denominadas de cavernas (JUBERTHIE, 2000). As principais características desse ambiente, que podem favorecer a ocorrência de diplópodes, são a ausência permanente de luz nas zonas mais profundas e a tendência à estabilidade ambiental devido ao efeito tampão da rocha circundante. Assim, o ambiente subterrâneo caracteriza-se por baixa variação da temperatura e alta umidade relativa do ar quando comparada com o meio epígeo (BARR, 1968; POULSON; WHITE, 1969; WHITE; CULVER, 2012).

Várias espécies de diplópodes habitam o ambiente subterrâneo, preferencialmente as cavidades. No Brasil, a maioria dos diplópodes encontrados pertence às ordens Polydesmida Leach, 1815 e Spirostreptida Brandt, 1833 (TRAJANO et al. 2000). Entre esses últimos, grande parte pertence ao gênero *Pseudonannolene* Silvestri, 1895 (*Pseudonannolenidae* Silvestri, 1895) os quais incluem os maiores diplópodes conhecidos com até 30 cm de comprimento e 90 diplossegmentos, e alguns dos menores <6mm de comprimento (HOPKIN; READ, 1992). As espécies pertencentes ao gênero *Pseudonannolene* são neotropicais e ocorrem no Brasil, Argentina, Uruguai, Paraguai, Peru e Guiana Francesa (SCHUBART, 1944; MAURIÈS, 1987; ENGHOFF et al. 2015; SIERWALD; SPELDA, 2018) sendo conhecidas 60 descritas e destas 47 de ocorrência registrada para o Brasil. Entre as espécies brasileiras, 25 ocorrem em cavernas, sendo consideradas troglófilas, isto é, cavernícolas facultativas, que podem estabelecer populações fontes tanto no ambiente subterrâneo quanto no meio epígeo (TRAJANO; CARVALHO, 2017).

No Brasil, são conhecidas três espécies troglóbias: *Pseudonannolene spelaea* Iniesta; Ferreira, 2013, *P. ambuatinga* Iniesta; Ferreira, 2013 e *P. lundi* Iniesta; Ferreira, 2015, ou seja, espécies restritas ao ambiente subterrâneo e incapazes de estabelecer populações no meio epígeo (TRAJANO;

CARVALHO, 2017). Tais espécies são consideradas troglomórficas, isto é, apresentam convergências em traços morfológicos, além de especializações e/ou adaptações que permitem a sobrevivência na escuridão permanente, os chamados troglomorfismos (CHRISTIANSEN, 1962; WILKENS, 2010). Para as três espécies troglóbias descritas os troglomorfismos encontrados foram a despigmentação cutânea, redução ocular e no comprimento do corpo (INIESTA; FERREIRA, 2013 a,b; INIESTA; FERREIRA, 2015).

O primeiro compilado sobre diplópodes subterrâneos brasileiros foi a publicação “Synopsis of Brazilian Cave-Dwelling Millipedes (Diplopoda)”, organizada por Trajano et al. (2000), incluindo espécies descritas e não descritas de *Pseudonannolene* juntamente com representantes das outras ordens de Diplopoda. Em 2014 Iniesta; Ferreira (2014) descreveram novos táxons e discutiram a distribuição das espécies descritas de *Pseudonannolene*. Este é um grupo rico e ainda pouco estudado, com déficit Lineano e Wallaceano, ou seja, pouco se sabe sobre sua taxonomia (espécies formalmente descritas) e distribuição geográfica (BINI et al. 2006).

Mesmo após 18 anos da publicação da sinopse, apenas 16 espécies de *Pseudonannolene* foram descritas. Além disso, grande parte dos trabalhos de inventário de fauna não chegam ao nível genérico, sendo muitas vezes classificados em nível de Ordem e/ou Família. Isso evidencia o grande impedimento taxonômico do grupo, em que o número de espécies reconhecidas está muito aquém das estimativas de diversidade (GOLOVATCH; KIME, 2009).

Vale ressaltar que, durante esse intervalo de tempo novas áreas com potencial espeleológico em diversas litologias foram descobertas e amostradas, aumentando consideravelmente a distribuição do grupo. Assim, o presente trabalho visa atualizar os dados de distribuição de *Pseudonannolene* de acordo com diferentes litologias, regiões e abundâncias. Adotamos o posicionamento taxonômico até o menor nível hierárquico possível.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado encontra-se depositado na Coleção Zoológica do Laboratório de Estudos Subterrâneos da Universidade Federal de São Carlos (LES/UFSCar), além de espécimes ainda não depositados na coleção, oriundos de projetos em andamento do mesmo laboratório e dados de literatura. A identificação dos espécimes em nível de família foi feita com o auxílio da chave de

identificação proposta por Hoffman et al. (1996) e para identificação em nível de espécie foram utilizadas as descrições publicadas e material tipo emprestado do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP).

As amostras que continham espécimes não descritos foram separadas por um tipo de parataxonomia em que as unidades taxonômicas encontradas (morfotipos ou morfoespécies) são denominadas de Unidades Taxonômicas Operacionais (*Operational Taxonomic Units* - OTUs) (KRELL, 2004). Essa abordagem contempla, além da morfologia externa, os caracteres usados pelos taxonomistas para a diagnose do táxon, gerando unidades taxonômicas distintas, embasadas e que serão futuramente descritas (KRELL, 2004; TRAJANO et al. 2012). Dessa forma, foram avaliados os caracteres diagnósticos para o gênero *Pseudonannolene*, sendo estes o gonopódio, que consiste em um par de pernas do sétimo segmento do corpo transformados em espermatopositores (GOLOVATCH; KIME, 2009) ou com a função de segurar a fêmea durante o momento da cópula (C.S. Fontanetti, com. pess.); e o primeiro par de pernas do macho, o qual difere dos demais pares devido a uma modificação no pré-fêmur, chamada de processo pré-femural (FONTANETTI, 2002).

Portanto, para a identificação das espécies e a determinação das OTUs foram utilizados apenas machos adultos. Fêmeas e jovens puderam ser identificados até gênero. Os dados obtidos foram tabelados em planilhas e gráficos de abundância por região e litologias foram também elaborados. Além desta abordagem as ocorrências e os novos registros foram inseridos em um mapa de distribuição.

3. RESULTADOS

O presente trabalho traz registros referentes aos estados da Bahia, Ceará, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Pará, Piauí, Rio Grande do Norte, Santa Catarina, São Paulo e Tocantins. Foram analisadas 405 lotes e 677 indivíduos. Nesses lotes

foram encontradas 22 OTUs, além das espécies já descritas *Pseudonannolene chaimowiczi* Fontanetti, 1996, *P. imbiensis* Fontanetti, 1996 (Figura 1 a), *P. nitens* Schubart (Figura 1 b), *P. tocaiensis* Fontanetti, 1996 (Figura 1 c) e *P. strinatii* Mauriès, 1987 (Figura 1 d). O estado com o maior número de registros é a Bahia (155 lotes), seguido por Minas Gerais (142 lotes), Goiás (63 lotes) e São Paulo (32 lotes), Piauí (6 lotes), Santa Catarina (4 lotes), Mato Grosso, Rio Grande do Norte e Tocantins (1 lote) (Figura 2). Em relação à litologia das cavernas com ocorrência de *Pseudonannolene*, a maioria (72%) é calcária, seguida por cavernas de litologia arenítica (7%), granítica e quartzítica (ambas com 5%) (Figura 3).

Em relação ao número de ocorrências de *Pseudonannolene*, o estado que se destaca é Minas Gerais com 34 registros. Destes, 14 são espécies já descritas, 14 indeterminadas (indet.) e seis são OTUs. As indeterminadas caracterizaram-se por fêmeas e jovens não categorizados em OTUs e dados provenientes de literatura. Em seguida está a Bahia, com seis espécies descritas, seis OTUs e quatro indeterminados; Goiás, com duas espécies descritas, seis OTUs e dois indeterminados; e São Paulo, com quatro descritas e nove indeterminados (Tabela 1). Os estados do Mato Grosso, Piauí, Rio Grande do Norte e Tocantins representam registros novos para o gênero *Pseudonannolene* em cavernas (Figura 4).

A Tabela 2 mostra a listagem de *Pseudonannolene* no ambiente subterrâneo, detalhando a ocorrência por estado, município, cavidade, litologia e formação geológica. Foram registradas 25 espécies descritas, destas, três são troglóbias (destacadas em vermelho na Tabela 2), além de 22 OTUs e 36 registros em nível genérico. Estes últimos compreendem indivíduos jovens, fêmeas ou referentes a dados de literatura em que os espécimes não foram analisados, portanto, não designados em OTUs, sendo denominados apenas como *Pseudonannolene*.



Figura 1. Espécies de *Pseudonannolene*: a) *P. imbirensis* no banco de sedimento na caverna São Mateus, litologia calcária (Foto: M.E. Bichuette); b) *P. nitens* em substrato rochoso da caverna Olho de Cabra, litologia arenítica (Foto: J. Ferro) c) *P. tocaiensis* em mancha de guano na Gruta da Toca, litologia arenítica (Foto: M.E. Bichuette); d) *P. strinatii* no banco de sedimento na caverna Ressurgência das Areias de Águas Quentes, litologia calcária (Foto: J.E. Gallão).

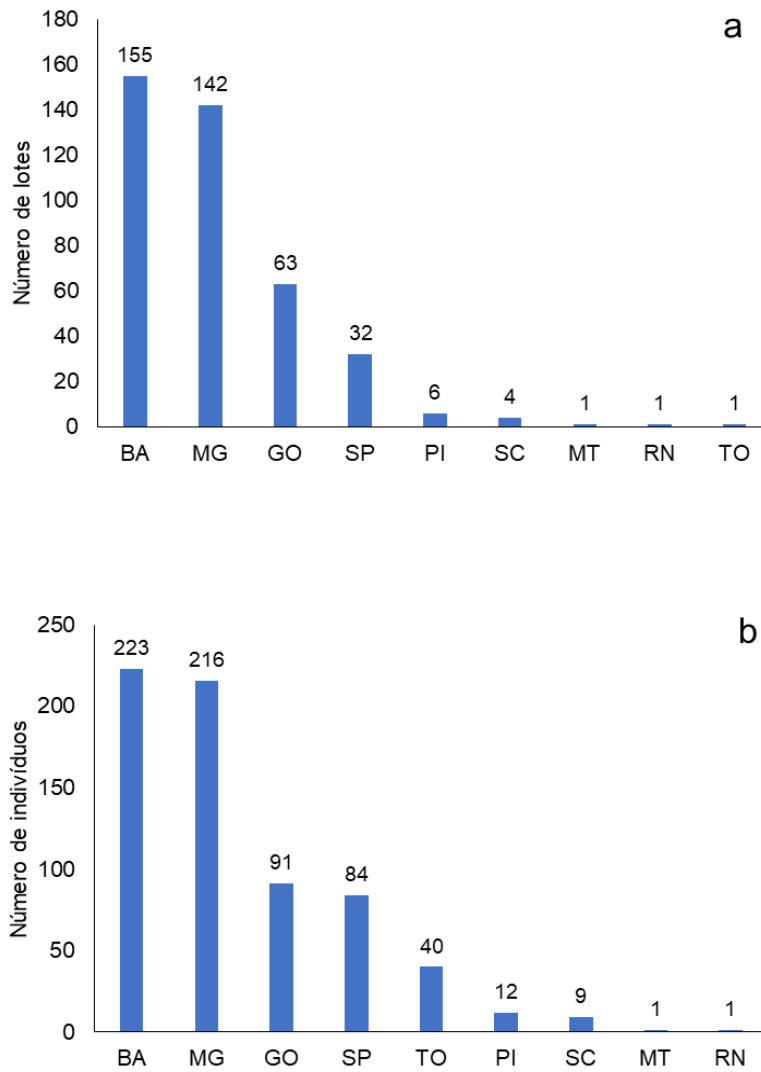


Figura 2. Estados amostrados pelo Laboratório de Estudos Subterrâneos com registro de espécies do gênero *Pseudonannolene*: a) número de lotes amostrados por estado; b) número de indivíduos amostrados por estado. MG: Minas Gerais, BA: Bahia. GO: Goiás, MT: Mato Grosso, PI: Piauí, RN: Rio Grande do Norte, SC: Santa Catarina, SP: São Paulo, TO: Tocantins.

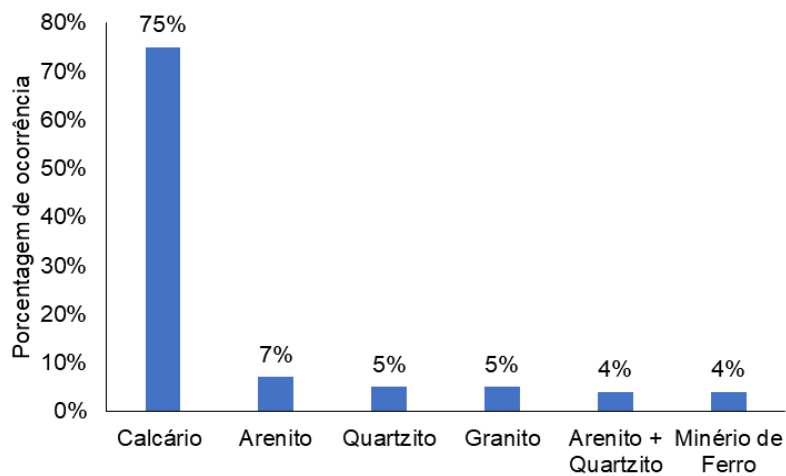


Figura 3. Representatividade das litologias de cavernas onde as espécies de *Pseudonannolene* foram registradas. Dados obtidos com a análise dos lotes presentes na Coleção Zoológica do Laboratório de Estudos Subterrâneos da Universidade Federal de São Carlos (LES/UFSCar) juntamente com registros de literatura.

Tabela 1. Ocorrência do gênero *Pseudonannolene* em cavernas no Brasil, dados oriundos de coletas do Laboratório de Estudos Subterrâneos e literatura. Bahia (BA), Goiás (GO), Minas Gerais (MG), Mato Grosso (MT), Piauí (PI), Rio Grande do Norte (RN), Santa Catarina (SC), São Paulo (SP) e Tocantins (TO). *: dados de Trajano et al. (2000), para os estados Paraná (PR) e Mato Grosso do Sul (MS); Iniesta; Ferreira (2015), para o estado do Pará (PA); Souza-Silva e Ferreira (2009), para o estado do Ceará (CE). OTUs: Operational Taxonomic Units. Indet: indivíduos fêmeas e juvenis que foram identificados até gênero, não podendo ser inserido em uma OTU. N°: número.

Estado	N° de Cavernas	Espécies Descritas	OTUs	Indet.	Total
BA	38	6	6	4	16
CE*	3	-	-	1	1
GO	16	2	6	2	10
MG	62	14	6	14	34
MS*	1	-	-	1	1
MT	1	-	-	1	1
PA*	9	1	-	-	1
PI	2	-	1	-	1
PR*	4	2	-	-	2
RN	1	-	-	1	1
SC	4	-	1	1	2
SP	20	4	0	9	13
TO	1	-	1	-	1

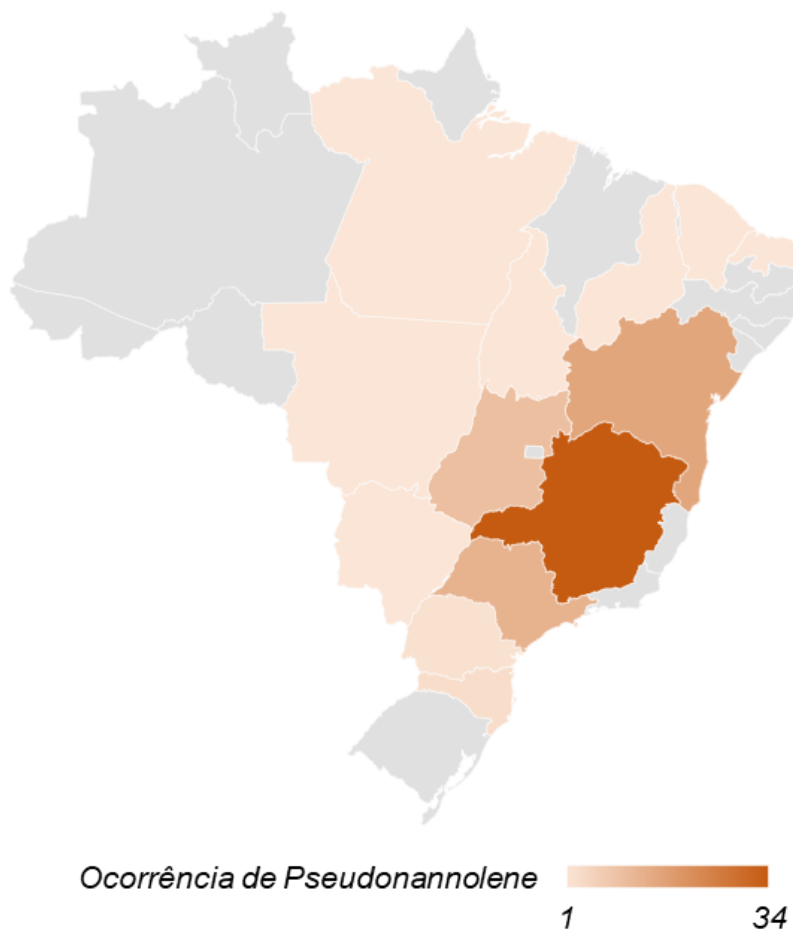


Figura 4. Distribuição das espécies de *Pseudonannolene* com ocorrência em cavernas. Mapa baseado em amostragens do Laboratório de Estudos Subterrâneos e dados de literatura (eg. TRAJANO et al. 2000, Iniesta; Ferreira, 2014). Modificado da plataforma Bing ©GeoNames, MSFT, Microsoft, Navteq.

Tabela 2. Distribuição de *Pseudonannolene* no meio subterrâneo, dados de literatura juntamente com as amostras do Laboratório de Estudos Subterrâneos. Em vermelho as espécies descritas troglóbias. Siglas: BA (Bahia), CE (Ceará), GO (Goiás), MG (Minas Gerais), MS (Mato Grosso do Sul), MT (Mato Grosso), PA (Pará), PI (Piauí), PR (Paraná), RN (Rio Grande do Norte), SC (Santa Catarina), SP (São Paulo).

Táxon	Estado	Município	Cavidade	Litologia
<i>Pseudonannolene ambuatinga</i> Iniesta; Ferreira, 2013	MG	Pains	Gruta Loca d'Água Gruta do Éden Gruta loca d'Água de baixo	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene anapophysis</i> Fontanetti, 1996	BA	Lençóis	Gruta do Lapão	Quartzito (Espinhaço Setentrional)
<i>Pseudonannolene caatinga</i> Iniesta; Ferreira, 2014	BA	Ourolândia	Toca dos Ossos	Calcário (Una)
<i>Pseudonannolene chaimowiczi</i> Fontanetti, 1996	MG	Lagoa Santa (Pedro Leopoldo)	Gruta Helictites	Calcário (Bambuí)
		Itacarambi	Gruta Olhos d'Água Lapa do Janelão	Calcário (Bambuí)
	BA	Campo Formoso Santana	Toca do Gonçalves Gruta do Padre	Calcário (Una) Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene erikae</i> Iniesta; Ferreira, 2014	MG	Sete Lagoas	Gruta Rei do Mato	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene fontanettiae</i> Iniesta; Ferreira, 2014	MG	Tiradentes	Caverna Casa de Pedra	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene gogo</i> Iniesta; Ferreira, 2013	MG	Mariana	SPA62, SPA66, SPA74, SPA30, SPA17	Minério de Ferro (Quadrilátero Ferrífero)
			Caverna São Mateus- Imbira III São Mateus II Caverna Passa Três	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene imbirensis</i> Fontanetti, 1996	GO	São Domingos	São Mateus II Caverna Passa Três	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene leopoldoi</i> Iniesta; Ferreira, 2014	MG	São João da Lagoa	Caverna Lapa do Zu	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene leucocephalus</i> Schubart, 1944	SP	Mogi-Guaçu	Cachoeira de Cima	Granito
	PR	Cerro Azul	Gruta do Rocha	Calcário (Açungui)
<i>Pseudonannolene longissima</i> Iniesta; Ferreira, 2014	MG	Sete Lagoas	Gruta Rei do Mato	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene lundii</i> Iniesta; Ferreira, 2015	MG	Luislândia	Lapa Sem Fim	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene marconii</i> Iniesta; Ferreira, 2014	BA	Pau Brasil	Gruta da Pedra Suspensa Caverna Califórnia Caverna Milagrosa	Grupo Carbonático Rio Pardo
<i>Pseudonannolene microzoporos</i> Mauriès, 1987	MG	Lagoa Santa	Gruta Lapa Vermelha	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene nitens</i> Schubart	SP	Altinópolis	Gruta de Altinópolis Caverna Olho de Cabra Caverna Cinco Bocas Caverna Prata Caverna Pratinha	Arenito (Serra Geral, formação Botucatu)
			Gruta Água Limpa Gruta do Bicho Desconhecido	
			Gruta Loca dos Negros Gruta Duas Bocas Gruta Zé da Fazenda Gruta das Cerâmicas Gruta Fumaça III Gruta Tio Rafa II Gruta Cinderela Gruta Dolina dos Angicos	
<i>Pseudonannolene robsoni</i> Iniesta; Ferreira, 2014	MG	Pains	Gruta Loca dos Negros Gruta Duas Bocas Gruta Zé da Fazenda Gruta das Cerâmicas Gruta Fumaça III Gruta Tio Rafa II Gruta Cinderela Gruta Dolina dos Angicos	Calcário (Bambuí)

Táxon	Estado	Município	Cavidade	Litologia
			Gruta Capoeirão	
	MG	Doresópolis	Gruta Ninfeta de baixo	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene rolamossa</i> Iniesta; Ferreira, 2013	MG	Nova Lima	Caverna Rola Moça	Minério de Ferro (Quadrilátero Ferrífero)
<i>Pseudonannolene rosineii</i> Iniesta; Ferreira, 2014	MG	Pains	Gruta Paranoá Gruta Ninfeta III	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene saguassu</i> Iniesta; Ferreira, 2013	MG	Pains	Gruta do Éden	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene spelaea</i> Iniesta; Ferreira, 2013	PA	Parauapebas	GEM1712, GEM1735, GEM1727, GEM1714, GEM1756, GEM1770, GEM1754, GEM1774, GEM1773	Minério de Ferro (Carajás)
<i>Pseudonannolene strinatii</i> Mauriès, 1974	SP	Iporanga	Gruta das Areias de Cima Ressurgência das Areias	Calcário (Açungui)
	SP	Ribeira	Gruta do Jeremias Toca do Tigre	Calcário (Açungui)
	PR	Cerro Azul	Gruta de Bonsucesso Gruta do Rocha	Calcário (Açungui)
	PR	Rio Branco do Sul	Gruta da Lancinha Gruta de Itacolombo	Calcário (Açungui)
	PR	Almirante Tamandaré	Gruta de Toca	Calcário (Açungui)
	PR	Campo Largo	Gruta de Terra Boa	Calcário (Açungui)
<i>Pseudonannolene taboa</i> Iniesta; Ferreira, 2014	MG	Sete Lagoas	Gruta do Pinheirinho	Calcário (Açungui)
<i>Pseudonannolene tocaiensis</i> Fontanetti, 1996	MG	Sete Lagoas	Gruta Taboa	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene tocaiensis</i> Fontanetti, 1996	SP	Itirapina	Gruta da Toca	Arenito (Serra Geral, formação Botucatu)
<i>Pseudonannolene tricolor</i> Broelemann, 1902	BA	Pau Brasil	Gruta California	Grupo Carbonático Rio Pardo
	GO	Formosa	Gruta Paineira	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene xavieri</i> Iniesta; Ferreira, 2014	BA	Iraquara	Gruta da Fumaça	Calcário (Bacia do Irecê)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 1	MG	Presidente Olegário	Gruta do Juruvá Lapa Arco da Lapa Lapa da Fazenda São Bernardo Lapa do Moacir Lapa Vereda da Palha Lapa Zé de Sidinei Toca do Charco	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 2	MG	Monjolos	Gruta Pau Ferro Lapa do Santo Antônio Toca do Geraldo	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 3	MG	Diamantina	Gruta do Manéu Gruta do Salitre Gruta Monte Cristo Lapa dos Pombos	Quartzito (Espinhaço Setentrional)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 4	MG	Caeté (Serra da Piedade)	Gruta da Piedade Gruta Chuveirinho	Minério de Ferro (Quadrilátero Ferrífero)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 5	MG	Vazante	Gruta dos Urubus	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 6	MG	Lima Duarte	Gruta dos Coelhos	Quartzito (Quartzitos da Mantiqueira)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 7	BA	Coribe (Serra do Ramalho)	Gruta do Enfurnado	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 8	BA	São Desidério	Buraco da Sopradeira Caverna Baixa Fria Gruta da Sucupira	Calcário (Bambuí)

Táxon	Estado	Município	Cavidade	Litologia
			Gruta do Juraci Gruta Ernesto Pereira Sumidouro do Engenho Gruta do Catão	
<i>Pseudonannolene</i> sp. 9	BA	São Desidério	Buraco da Sopradeira Gruta da Sucupira Gruta do Ventilador Gruta Lapa do Manga II Gruta Paulista Gruta Ressurgência da Sopradeira	Calcário (Bambuí)
	BA	Central	Toca do Valdemar Gruta Rolling Stones	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 10	BA	Central	Bem-Bom	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 11	BA	Iraquara	Fumaça Lapa doce Gruta da Torrinha	Calcário (Bacia do Irecê)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 12	BA	Andaraí (Povoado de Igatu)	Gruta das Torras Gruta Parede Vermelha Gruta Canal da Fumaça Gruta Rio dos Pombos Gruta Lava Pé	Arenito+ Quartzito (Espinhaço Setentrional)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 13	GO	São Domingos	Caverna Bezerra	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 14	GO	São Domingos	Caverna Angélica	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 15	GO	São Domingos	Caverna São Vicente II	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 16	GO	São Domingos	Caverna São Bernardo	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 17	GO	São Domingos	Terra Ronca I Terra Ronca II	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 18	SC	Florianópolis	Gruta da Laje Gruta do Monte Verde Gruta das Pedras Grandes	Granito
<i>Pseudonannolene</i> sp. 19	TO	Arraias	Lapa do Bom Jesus	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 20	PI	Caracol	Toca de cima dos Pilão Caverna Coroa do Frade	Arenito
<i>Pseudonannolene</i> sp. 21	GO	Mambaí	Gruta da Tarimba Pasto de Vacas I Gruta Judite Gruta das Dores	Calcário (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i> sp. 22	MG	São Roque de Minas	Gruta do Tesouro	Grupo (Bambuí)
<i>Pseudonannolene</i>	RN	Carnaúba dos Dantas	Casa de Pedra	Calcário (Apodi)
	MT	Nobres	Toca do Quati	Calcário (Alto Paraguai/ Grupo Araras)
	MS	Bonito	Gruta Pitangueiras	Calcário (Serra da Bodoquena)
	BA	Paripiranga	Caverna do Zumbi	Calcário
	BA	Central	Toca da Candeia	Calcário (Bambuí)
	BA	Santa Luzia	Gruta Pedra do Sino	Área Cárstica de Rio Pardo
	BA	Camacá	Gruta São Gotardo	Área Cárstica de Rio Pardo
	CE	Ubajara	Gruta de Ubajara Gruta Morcego Branco Gruta dos Mocós	Calcário (Serra do Ibiapaba)
	GO	Formosa	Gruta Suindara	Calcário (Bambuí)
	GO	Formosa	Gruta Jaboticaba	Calcário (Bambuí)

Táxon	Estado	Município	Cavidade	Litologia
	MG	Baldim	Gruta da Forquilha	Minério de Ferro (Quadrilátero Ferrífero)
	MG	Arinos	Gruta Três Colinas	Calcário (Bambuí)
	MG	Cordisburgo	Gruta da Morena	Calcário (Bambuí)
	MG	Pains	Sumidouro da Boca Torta Gruta da Cigarrinha Caverna C13 Gruta do Marco	Calcário (Bambuí)
	MG	Pedro Leopoldo	Gruta da Ciminias Gruta da Salmoura	Calcário (Bambuí)
	MG	Matozinhos	Gruta da Cinco Bocas Caverna Dente do Cão Gruta do Tombo Gruta do Meandro Abismante	Calcário (Bambuí)
	MG	Lagoa Santa (Pedro Leopoldo)	Gruta do Urubu	Calcário (Bambuí)
	SP	Arapeí	Gruta Izabel	Granito (Granitos da Serra da Mantiqueira)
	SP	Itu	Gruta do Riacho Subterrâneo	Granito (Suíte Granítica Pós-Tectônica de Itu)
	SP	Iporanga	Caverna Ouro Grosso Gruta do Alambari de Cima Gruta do Betari Gruta dos Buenos Gruta do Capinzal Caverna Buraco do Cão	Calcário (Açungui)
	SP	Paranapiacaba	Gruta do Quarto Patamar	Granito (Serra do Mar)
	SC	Botuverá	Gruta do Botuverá	Calcário (Centro-Leste de Santa Catarina)

4. DISCUSSÃO

O estudo de diplópodes brasileiros teve início com os pesquisadores Brölemann (1902) e Schubart (1942). Os primeiros diplópodes subterrâneos foram descritos para a Região do Vale do Ribeira no estado de São Paulo e tratam-se dos Polydesmida *Alocodesmus yporangae* Schubart, 1946 (Sistema Areias), *Yporangiella stygius* Schubart, 1946 (Caverna Monjolinho), *Peridontodesmella alba* Schubart, 1957 (Gruta do Betari). O primeiro *Pseudonannolene* descrito para cavernas brasileiras também é do Sistema Areias, e trata-se da espécie *Pseudonannolene strinatii* Mauriès, 1974 que apesar da despigmentação dos segmentos anteriores é considerada troglófila (Figura 1 d). As localidades com registros de diplópodes até então encontravam-se no estado de São Paulo e Minas Gerais. Trajano e colaboradores (2000) expandiram a distribuição e os diplópodes *Pseudonannolene* foram então registrados para os estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Goiás, Paraná, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul (TRAJANO et al. 2000). No presente estudo adicionamos os estados Mato Grosso, Piauí, Rio Grande do Norte e Tocantins, sendo estas ocorrências novas para a distribuição de *Pseudonannolene*. O grupo ocorre também no estado

do Ceará, na região de Ubajara, como observado por Souza-Silva; Ferreira (2009).

Os diplópodes subterrâneos parecem ser menos frequentes em latitudes mais baixas (TRAJANO et al. 2000), com poucos registros nos estados do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Tocantins e Pará. Este fato pode estar relacionado ao baixo esforço amostral nessas regiões, uma vez que nos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Santa Catarina também aparecem com poucos registros, especificamente para os diplópodes *Pseudonannolene*.

A diferença observada no número de lotes entre os estados está relacionada ao viés amostral do material examinado, uma vez que estes são provenientes da Coleção Zoológica, e de diferentes eventos de coleta referentes aos projetos em andamento do Laboratório de Estudos Subterrâneos. Dessa forma, destacam-se os estados da Bahia, Minas Gerais, Goiás e São Paulo, com o maior número de lotes e indivíduos amostrados, além da maior ocorrência de espécies descritas tendo em vista que esses são os mais amostrados pelo referido Laboratório (Figura 2 e Tabela 1).

Um fator regulador da distribuição destes diplópodes é a umidade. O grupo em questão é frequentemente encontrado próximo a drenagens perenes, ou seja, estão associados à água, pois a cutícula da maioria das espécies é permeável a água e isto restringe seus hábitos a áreas com alta umidade (HOPKINS; READ, 1992). Observações em campo mostram que os diplópodes estavam em solos profundos ou entre as concreções (espelotemas) nas cavidades durante as épocas secas, um comportamento para evitar a dessecação (Figura 5 a).

As espécies de *Pseudonannolene* estão distribuídas em cavidades de litologias calcária, arenítica, granítica e em minério de ferro (Tabela 2, Figura 5 b). Entretanto apresentam maiores ocorrências em cavidade calcárias devido ao viés amostral acima mencionado. Entretanto, alguns autores relatam que os diplópodes mostram maiores riquezas em áreas com solo calcário (pH neutro a alcalino) comparado a áreas com solo ácido (pH ácido) (KIME, 1992; TAJOVSKÝ, 1997), explicando a maior ocorrência do grupo em rochas dessa litologia. Cavernas de litologia arenítica podem apresentar alta densidade de diplópodes, pois ocorrem em menor número e são mais isoladas em relação às áreas cársticas. Por esse motivo, tendem a abrigar maiores colônias de morcegos (TRAJANO, 1987, 1995; TRAJANO; MOREIRA, 1991) e, conseqüentemente, maior quantidade de guano, sendo este um dos principais recursos para os *Pseudonannolene* (TRAJANO et al. 2000). Um estudo feito em cavernas areníticas de Altinópolis-SP registrou uma elevada abundância da espécie *P. nitens* (Figura 1 b) na Caverna Prata, a qual apresentou grandes e diversas manchas de guano, quando comparada a Caverna Olho de Cabra, onde esse recurso é mais escasso (GALLO, 2017).

Além disso, os diplópodes são bioindicadores da qualidade do solo e não toleram altas concentrações de poluentes (GODDOY; FONTANETTI, 2010). Assim como os demais organismos subterrâneos, os diplópodes são vulneráveis às alterações em seu ambiente, principalmente em resposta às ações antrópicas que acarretam diminuições populacionais podendo resultar em extinções locais de vários grupos (ELLIOTT, 2012). A preservação do meio epígeo, incluindo a vegetação e recursos hídricos do entorno das cavidades é igualmente necessária para a manutenção da riqueza de espécies subterrâneas (TRAJANO, 2010).

Entre as espécies de *Pseudonannolene* descritas, cinco estão ameaçadas de extinção: *P. ambuatinga*, *P. imbiensis* estão na categoria “Em Perigo” (CHAGAS-JR et al. 2018 a,b), *P. gogo* na categoria “Vulnerável” (CHAGAS-JR et al. 2018 c), *P. spelaea* e *P. tocaiensis* e categoria “Criticamente em Perigo” (CHAGAS-JR et al. 2018 d,e). Destas, duas são consideradas troglóbias: *P. ambuatinga* e *P. spelaea*, ou seja, são restritas ao ambiente subterrâneo e incapazes de estabelecer populações fonte no ambiente epígeo (TRAJANO; CARVALHO, 2017). Tais espécies são consideradas troglomórficas por apresentar troglomorfismos, isto é, convergências em traços morfológicos associadas ao isolamento em cavernas (WILKENS, 2010). Para o grupo os principais troglomorfismos são a despigmentação cutânea, redução no número de omatídeos e no tamanho do corpo (INIESTA; FERREIRA, 2015). Até a publicação da sinopse sobre diplópodes cavernícolas nenhum *Pseudonannolene* foi considerado troglomórfico (TRAJANO et al. 2000), sendo a espécie *P. spelaea* descrita em 2013, a primeira troglóbia e troglomórfica para o gênero (INIESTA; FERREIRA, 2013a).



Figura 5. *Pseudonannolene* em habitat natural. A) Indivíduo entre as concreções em caverna de litologia calcária em Presidente Olegário (Foto: M.P. Bolfarini). B) *Pseudonannolene* sp. no substrato em uma caverna de Minério de Ferro (Foto: A. Gambarini).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, de acordo com o objetivo proposto, a distribuição do gênero *Pseudonannolene* em cavernas foi ampliada para mais quatro estados. A litologia que se sobressai é a calcária, mas o grupo também ocorre em outros tipos de rochas como arenito, quartzito, granito e minério de ferro. Devido ao viés amostral relacionado as coletas realizadas, os estados da Bahia e Minas Gerais apresentam maiores registros e abundâncias para o Gênero.

Este estudo sistematizou e organizou dados já existentes sobre a distribuição dos *Pseudonannolene*, relacionando-a com aspectos biológicos do grupo. A riqueza amostrada juntamente com a ampliação na distribuição das espécies desse Gênero reforça a grande diversidade de diplópodes para cavernas brasileiras. Tais dados possuem grande importância para estudos futuros de cunho biogeográfico. É importante ressaltar que as OTUs encontradas não foram comparadas com todo material tipo, apenas com os que estavam depositados no MZUSP, ou seja, alguns OTUs podem ser espécies já descritas (eg. INIESTA; FERREIRA, 2013, 2014, 2015).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, processos 2008/05678-7 e 2010/08459-4), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, processos 303715/2011-1, 308557/2014-0 e 310378/2017-6; PROJETO UNIVERSAL- 457413/2014-0) pelo financiamento e suporte a MEB e pela bolsa de mestrado a JSG (132457/2015-6). O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos a Cimento Bravo (Paripiranga, Bahia); International Paper (Altinópolis, São Paulo); Agência de Desenvolvimento Econômico e Social de Itabirito (Adesita, troglóbios de Minas Gerais); BAMIN e

HIDROVIA (São Desidério/BA) pelo financiamento parcial. Aos grupos de espeleologia Grupo Pierre Martin de Espeleologia (GPME), Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE), por todo auxílio. Agradecemos aos ajudantes nas campanhas de campo que auxiliaram nas coletas dos lotes (B. Rantin, T. Scatolini, J.E. Gallão, D.R. Pedroso, C.S. Fernandes, D.M. von Schimonsky, A. Giupponi, L.B. Simões, N. Hattori, T. Zepon, E. Trajano, A. Chagas Jr, A.D. Rocha, L. Senna-Horta, M. Bolfarini, R. Fonseca-Ferreira, L.P.A. Resende, B.G.O. Monte, E.L.B. Carvalho; D. Gregolin; G. Schmaedecke; I.S. Arnone, E. Trajano; D. Sansone, P.P. Rizzato, F.D. Passos; B.S. Brito, M.P. Bolfarini, G.A. Nunes), aos guias de campo (R.H. dos Santos, J.S. de Sousa, E. Calvo, F.P. de Jesus, R. C. dos Santos, R. J. da Silva, S.O. Nascimento, J.A. dos Santos). Aos Programas de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos (PPGERN-UFSCar) Pós-Graduação em Biologia Comparada pela infraestrutura. Agradecemos aos órgãos ambientais pelas permissões de coletas: Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (SISBIO/ICMBIO); Goiás - Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA); PETAR e PEI/SP - Fundação Florestal/COTEC (FF/COTEC); Minas Gerais - Instituto Estadual de Florestas (IEF), Bahia - Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEMA). Agradecemos a Profa. Dra. Carmem Fontanetti, pelo empréstimo do material, bibliografia, pelas sugestões e auxílio no estudo da morfologia. A Amazonas Chagas Jr. pelo envio de bibliografia e sugestões; a Eleonora Trajano pela doação de parte do material estudado; a Ricardo Pinto-da-Rocha (curador) e Mauro Cardoso Jr. (técnico), ambos do Museu de Zoologia da USP (MZUSP) pelo empréstimo do material-tipo. Agradecemos a C.S. Fernandes, D.M. von Schimonsky, J.E. Gallão e T. Zepon pelas sugestões e críticas a este manuscrito. Agradecemos a Tamaris Gimenez pela revisão do manuscrito.

REFERÊNCIAS

- ALAGESAN, P. Millipedes: Diversity, Distribution and Ecology. In: Chakravarthy, A.K.; SHAKUNTHALA, S. (Eds). **Arthropod Diversity and Conservation in the Tropics and Sub-tropics**. Springer, Singapore, 2016. p. 119-137.
- BARR, T. C. Cave ecology and the evolution of troglobites. **Evolutionary Biology** v.2, p. 35-102, 1968.
- BINI, L.M; DINIZ-FILHO, J.A.F.; RANGEL, T.F.L.V.B.; BASTOS, R.P.; PINTO, M.P. Challenging Wallacean and Linnean shortfalls: knowledge gradients and conservation planning in a biodiversity hotspot. **Diversity and Distributions** v.12, p.475-482, 2006.

- BRÖLEMANN, H.W.; Myriapoda du Musée de São Paulo. **Museu Paulista**, v.5, p.35-237, 1902.
- CHAGAS-JR, A.; CASTRO-MARCATO, A.C.C.; FONTANETTI, C.S.; PENA-BARBOSA, J.P.P.; BATTIROLA, L.D.; BICHUETTE, M.E.; RODRIGUES, P.E.S. *Pseudonannolene ambuatinga* Iniesta & Ferreira, 2013. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.) **Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção: Volume II - Invertebrados**. Brasília, ICMBio, 2018a. p. 461-462.
- CHAGAS-JR, A.; CASTRO-MARCATO, A.C.C.; FONTANETTI, C.S.; PENA-BARBOSA, J.P.P.; BATTIROLA, L.D.; BICHUETTE, M.E.; RODRIGUES, P.E.S. *Pseudonannolene imbirensis* Fontanetti, 1996. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.) **Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção: Volume II - Invertebrados**. Brasília ICMBio, 2018b. p. 465-466.
- CHAGAS-JR, A.; CASTRO-MARCATO, A.C.C.; FONTANETTI, C.S.; PENA-BARBOSA, J.P.P.; BATTIROLA, L.D.; BICHUETTE, M.E.; RODRIGUES, P.E.S. *Pseudonannolene gogo* Iniesta & Ferreira, 2013. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.) **Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção: Volume II - Invertebrados**. Brasília ICMBio, 2018c. p. 463-464.
- CHAGAS-JR, A.; CASTRO-MARCATO, A.C.C.; FONTANETTI, C.S.; PENA-BARBOSA, J.P.P.; BATTIROLA, L.D.; BICHUETTE, M.E.; RODRIGUES, P.E.S. *Pseudonannolene spelaea* Iniesta & Ferreira, 2013. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.) **Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção: Volume II - Invertebrados**. Brasília ICMBio, 2018d. p. 467-468.
- CHAGAS-JR, A.; CASTRO-MARCATO, A.C.C.; FONTANETTI, C.S.; PENA-BARBOSA, J.P.P.; BATTIROLA, L.D.; BICHUETTE, M.E.; RODRIGUES, P.E.S. *Pseudonannolene tocaiensis* Fontanetti, 1996. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.) **Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção: Volume II - Invertebrados**. Brasília ICMBio, 2018e. p 467-468.
- CHRISTIANSEN, K.A. Proposition pour la classification des animaux cavernicoles. **Spelunca**, v.2, p.76-78, 1962.
- DAVID, J.F. Diplopoda: Ecology. In: MINELLI, A. (Eds.) **The Myriapoda, Volume 2**. Brill, 2015. p.363-453.
- ENGHOFF, H. Diplopoda: Geographical Distribution. In: Minelli, A. (Eds.) **The Myriapoda, Volume 2**. Brill, 2015. p.363-453.
- ELLIOTT, W.R. Protecting Caver and Cave Life. In: WHITE, W.B; CULVER, D.C (Eds.) **Encyclopedia of Caves**. 2nd ed. Elsevier/Academic Press, Amsterdam, 2012, p. 624-634.
- FONTANETTI, C.S. Taxonomic Importance of the Prefemoral Process of the first Pair of Legs in Males of the Genus *Pseudonannolene* (Diplopoda, Siprostreptida). **Folia Biologica Krakow**, v.50, p.199-202, 2002.
- GALLO, J.S. **Diversidade de invertebrados terrestres em cavernas areníticas do estado de São Paulo, com ênfase em Pseudonannolenidae (Diplopoda: Spirostreptida)**. 2017. 152p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.
- GODDOY, J.A.P.; FONTANETTI, C.S. Diplopods as Bioindicators of Soils: Analysis of Midgut of Individuals Maintained in Substract Containing Sewage Sludge. **Water Air Soil Pollute**, v. 210, p. 389-398, 2010.
- GOLOVATCH, S.I.; KIME, R.D. Millipede (Diplopoda) Distributions: A Review. **Soil Organisms**, v.81, n.3, p.565-597, 2009.

- HOFFMAN, R.L.; GOLOVATCH, S.I.; ADIS, J.; MORAIS, J.W. Practical keys to the orders and families of millipedes of the Neotropical region (Myriapoda: Diplopoda). **Amazoniana**, v.14, n.1/2, p.1-35, 1996.
- HOPKIN, S.P.; READ, H.J. **The Biology of Millipedes**. New York: Oxford University Press, 1992. 233p.
- INIESTA, L.F.M.; FERREIRA, R.L. The first troglobitic *Pseudonannolene* from Brazilian iron ore caves (Spirostreptida: Pseudonannolenidae). **Zootaxa**, v. 3669, n.1, p. 085–095, 2013a.
- INIESTA, L.F.M.; FERREIRA, R.L. Two new species of *Pseudonannolene* Silvestri, 1895 from Brazilian limestone caves (Spirostreptida: Pseudonannolenidae): syntopy of a trogliphilic and a troglobiotic species. **Zootaxa**, v.3702, n.4, p.357–369, 2013b.
- INIESTA, L.F.M.; FERREIRA, R.L. New Species of *Pseudonannolene* Silvestri, 1895 from Brazilian Limestone Caves with Comments on the Potential Distribution of the Genus in South America (Spirostreptida, Pseudonannolenidae). **Zootaxa**, v. 3846, p.361-397, 2014.
- INIESTA, L.F.M.; FERREIRA, R.L. *Pseudonannolene lundi* n. sp., a new troglobitic millipede from a Brazilian limestone cave (Spirostreptida: Pseudonannolenidae). **Zootaxa** v.3949, p.123-128, 2015.
- JUBERTHIE, C. The Diversity of the Karstic and Pseudokarstic Hypogean Habitats in the World. In: WILKENS, H.; CULVER, D.C.; HUMPHREYS, W. F. **Ecosystems of the World: Subterranean Ecosystems**. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 2000, p.17-39.
- KIME, R.D. On abundance of West-European millipedes. *Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck*. **Supplementum**, v.10, p.393-399, 1992.
- KRELL, F.T. Parataxonomy vs. taxonomy in biodiversity studies—pitfalls and applicability of ‘morphospecies’ sorting. **Biodiversity and Conservation**, v.13, p.795-812, 2004.
- MAURIÈS, J.P. Cambalides nouveaux et peu connus d'Asie, d'Amérique et d'Océanie. II. Pseudonannolenidae, Choctellidae (Myriapoda, Diplopoda). **Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle Paris**, v.9, p.169-199, 1987.
- POULSON, T. L.; WHITE, W. B. The cave environment. **Science**, v.165, p.971-981, 1969.
- SCHUBART, O. Diplopoda de Pirassununga I. Primeiro Diplopodo Europeu Encontrado no Brasil. **Papéis Avulsos do Departamento de Zoologia**, v.2, n.18, p.249-254, 1942.
- SCHUBART O. Os Diplopodos de Pirassununga. **Acta zool. Lilloana**, v.2 p.321-440, 1944.
- SIERWALD, P; SPELDA, J. MilliBase. *Pseudonannolene rugosetta* Silvestri, 1897, 2018. Accessed at: <http://millibase.org/aphia.php?p=taxdetails&id=941026> on 2018-11-23
- TAJOVSKÝ, K. Distribution of millipedes along an altitudinal gradient in three mountain regions in the Czech and Slovak Republics (Diplopoda). **Entomologica Scandinavica Supplementum**, p. 225-234, 1997.
- TRAJANO, E. Fauna Cavernícola Brasileira: Composição e Caracterização Preliminar. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.3, p.533-561, 1987.
- TRAJANO, E. Protecting Caves for Bats or Bats for Caves? **Chiroptera Neotropical**, v. 1, n. 2, p. 19-21, 1995.
- TRAJANO, E. Políticas de conservação e critérios ambientais: princípios, conceitos e protocolos. **Estudos Avançados**, v.24, n. 68, p.135- 146, 2010.

- TRAJANO, E.; MOREIRA, J.R.A. Estudo da Fauna de Cavernas da Província Espeleológica Arenítica Altamira-Itaituba, Pará. **Revista brasileira de Biologia**, v.51, n.1, p.13-29, 1991.
- TRAJANO, E.; CARVALHO, M.R. Towards a biologically meaningful classification of subterranean organisms: a critical analysis of the Schiner-Racovitza system from a historical perspective, difficulties of its application and implications for conservation. **Subterranean biology**, v.22, p.1-26, 2017.
- TRAJANO, E.; BICHUETTE, M.E.; BATALHA, M.A. Estudos ambientais em cavernas: os problemas da coleta, da identificação, da inclusão e dos índices. **Espeleo-Tema** v.23, n1, p.13-22, 2012. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/espeleo-tema/espeleo-tema_v23_n1_013-022.pdf
- TRAJANO, E.; GOLOVATCH, S.I.; GEOFFROY, J.J.; PINTO-DA-ROCHA, R.; FONTANETTI, C.S. Synopsis of Brazilian Cave-Dwelling Millipedes (Diplopoda). **Papéis Avulsos de Zoologia**, v.41, n.18, p.259-287, 2000.
- WHITE, W.B.; CULVER, D.C. **Encyclopedia of Caves**. 2nd ed. Elsevier/Academic Press, Amsterdam, 2012, 946 p.
- WILKENS, H. Genes, Modules, and the Evolution of Cave Fish. **Heredity**, v.105, p.413-422, 2010.

Fluxo editorial:

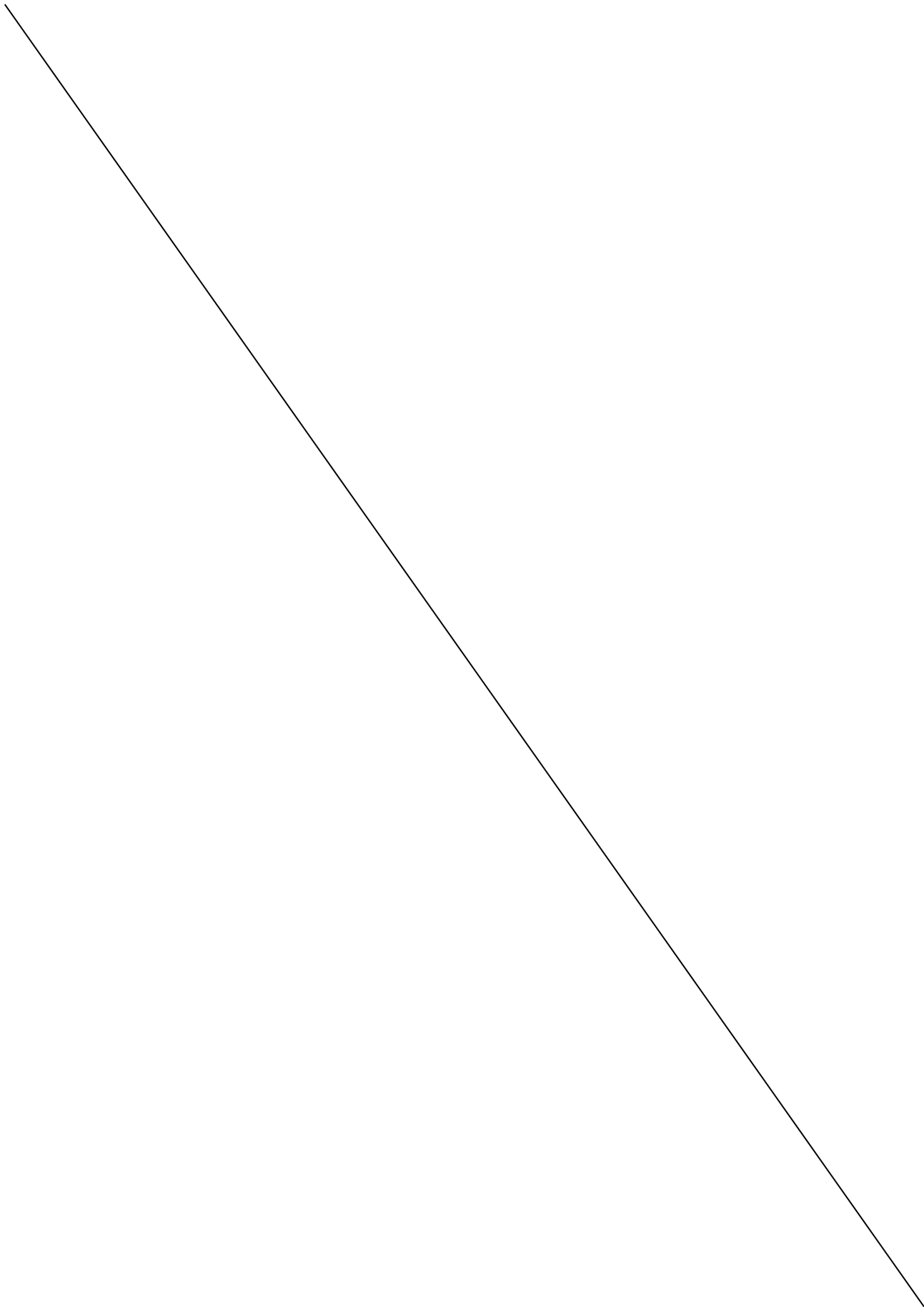
Recebido em: 08.12.2018

Aprovado em: 10.02.2019



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp



REPERTÓRIO COMPORTAMENTAL DE *CHARINUS MYSTICUS* GIUPPONI & KURY 2002

BEHAVIORAL REPERTOIRE OF CHARINUS MYSTICUS GIUPPONI & KURY 2002

Jéssica Tagliatela (1); Jonas Eduardo Gallão (1,2); Maria Elina Bichuette (1,3)

- (1) Laboratório de Estudos Subterrâneos, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos SP.
 (2) Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto SP.
 (3) Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, Belo Horizonte MG.

Contatos: jtagliatela@gmail.com; jonasgallao@gmail.com; lina.cave@gmail.com.

Resumo

Descrevemos o repertório comportamental do amblipígeo troglófilo *Charinus mysticus*, capturados em cavidades do município de Central, Bahia. Amblipígeos são aracnídeos de corpo achatado, que apresentam o primeiro par de pernas ou pernas anteniformes alongado e modificado, com diferentes estruturas sensoriais e pedipalpos raptorais. Observamos dois espécimes através do método *ad libitum*, totalizando 12 horas de observação. O ato comportamental mais frequente foi *repouso e movimento das pernas anteniformes*. Os resultados evidenciam a importância das pernas anteniformes para o grupo. Além disso, estudos sobre comportamento animal e entendimento da evolução são importantes para critérios para propostas de conservação de espécies.

Palavras-Chave: amblipígeos; ambiente subterrâneo; comportamento; cavernas; Bahia.

Abstract

We describe the behavioral repertoire of the troglophile amphipygids *Charinus mysticus*, captured in caves of Central, Bahia. Amphipygids are flat-bodied arachnids, which present the first pair of legs or antenniform legs elongated and modified, with different sensory structures and raptorial pedipalps. We observed two specimens through the *ad libitum* method, totaling 12 hours of observation. The most frequent behavioral act was resting and movement of the antenniform legs. The results evidenced the importance of the antenniform legs for the group. In addition, studies on animal behavior and understanding of evolution are important for criteria for species conservation proposals.

Key-Words: whip spiders; subterranean environment; behavior; caves; Bahia.

1. INTRODUÇÃO

Amblipígeos são aracnídeos caracterizados pelo corpo achatado dividido em cefalotórax, pedicelo e abdômen. Apresentam características peculiares, tais como seus pedipalpos raptorais armados de robustos espinhos e o primeiro par de pernas modificados em estruturas sensoriais com diversificado conjunto de órgãos especializados, apresentando funções tanto químico quanto mecanorreceptoras e sem função locomotora (WEYGOLDT, 2000; SANTER; HEBETS, 2009). Nas pernas locomotoras também há tricobótrios, com a função de enviar sinais para o sistema nervoso central (WEYGOLDT, 2000).

Os amblipígeos não apresentam glândulas de veneno, glândulas de defesa ou de seda, características distintas de algumas outras ordens de

aracnídeos (WEYGOLDT, 2000; FOELIX; HEBETS, 2001). São tipicamente noturnos, buscando abrigos durante o dia, seja sob troncos, rochas ou no ambiente subterrâneo (WEYGOLDT, 2000).

A família Charinidae distingue-se de outras da mesma ordem por possuir indivíduos diminutos (de um a três centímetros) sendo composta pelos gêneros *Catageus* Thorell 1889, *Sarax* Simon 1982 e *Charinus* Simon 1892 (WEYGOLDT, 2000). No Brasil, ocorre somente o gênero *Charinus* e atualmente há 24 espécies descritas no país (VASCONCELOS; FERREIRA, 2017).

A morfologia geral das espécies de *Charinus* é muito semelhante. Entretanto, *Charinus mysticus* Giupponi & Kury 2002 distingue-se de outras espécies do mesmo gênero por apresentarem seis

espinhos no fêmur do pedipalpo e 19 tricobótrios na basitibia e distitibia da perna IV (GIUPPONI; KURY, 2002). A espécie foi descrita para uma cavidade localizada no centro-norte do estado da Bahia, entretanto já há registro em outras cavidades da região bem como populações no meio epígeo (superfície). Desta forma, a espécie é troglófila (mantém populações fonte bem estabelecidas tanto no meio subterrâneo como no meio epígeo) (TRAJANO, 2012). Cabe ressaltar que troglófilos representam tipicamente a fauna subterrânea (TRAJANO, 2012).

Para Amblypygi a maioria dos estudos é de cunho taxonômico, com avanço em estudos filogenéticos (e.g. GARWOOD et al., 2017; MIRANDA et al., 2018). Estudos comportamentais foram realizados com algumas espécies (FOWLER-FINN; HEBETS, 2006; WEYGOLDT, 2009; CHAPIN; HEBETS, 2016). Entretanto, ainda são mais raros em comparação a outras ordens de aracnídeos (como opiliões e aranhas). Em relação ao gênero *Charinus*, há progresso em estudos de cunho além do taxonômico, como comportamentais (PINTO-DA-ROCHA et al., 2002; MIRANDA et al., 2016) ou mesmo utilização de diferentes habitats (SEGOVIA et al., 2018).

Realizamos observações do comportamento de *C. mysticus* buscando entender se estes apresentam modificações relacionadas à vida subterrânea ou se o comportamento é um caráter conservativo no grupo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Indivíduos de *C. mysticus* foram capturados em duas cavidades do município de Central, Bahia. Os amblipígeos foram mantidos individualizados em caixas térmicas (isopor) retangulares (10 cm de largura x 12,5 cm de comprimento x 12,5 cm de altura), com substrato composto de areia/argila e fonte de umidade (terrários umedecidos diariamente e placa de petri com água e substrato). A sala onde os espécimes são mantidos e os experimentos foram realizados permanece com temperatura constante (22°C) e completa escuridão.

O estudo do comportamento animal, etologia, busca observar e compreender as adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais (DELCARO, 2002), sendo considerada uma ciência interdisciplinar que correlaciona as tais características e o habitat dos organismos (ODUM, 1988).

As observações foram realizadas em dois indivíduos, totalizando 12 horas de observação).

Utilizamos o método *ad libitum* (ALTMANN, 1974) para todas as observações dos comportamentos. Para cada observação, foi realizada aclimatação de cada indivíduo no período de cinco minutos. Cada observação foi realizada em período de 40 minutos e durante as observações somente a luz vermelha foi utilizada (HOENEN; GNASPINI, 2005). O horário das observações sempre foi entre as 18:00 e 20:00 horas.

O comportamento foi observado com e sem a presença de presa no terrário. Para as observações com a presença de presa utilizamos exemplares juvenis de grilos (*Gryllus* sp.) e cupins da família Termitidae. Tais observações foram realizadas considerando o forrageio, a efetividade de captura e manipulação da presa até alimentação, o ato comportamental *contato ativo* foi determinante para observarmos o início do processo entre forrageio e alimentação pelos amblipígeos.

Todos os atos comportamentais foram anotados para a elaboração do etograma. Além disso, utilizamos as seqüências dos atos comportamentais para a construção de um fluxograma, cuja metodologia de construção foi baseada nos estudos de Costa, et al (2016). O fluxograma foi elaborado com os comportamentos observados e com suas frequências distribuídas para situações com a presença da presa.



Figura 1. Exemplar de *Charinus mysticus* mantido vivo em laboratório. Foto: Jonas E. Gallão.

3. RESULTADOS

Foram observadas e descritas quatro categorias e 18 atos comportamentais de *C. mysticus* para seu repertório comportamental, os etogramas foram diferenciados quanto a presença (Tabela 1) ou ausência (Tabela 2) de presa no terrário. Os atos mais frequentes foram *repouso e movimento das pernas anteniformes* e *locomção e movimento das pernas anteniformes*, sendo o mais frequente

repouso e movimento das pernas anteniformes. Para os comportamentos observados sem a presença de presa no terrário, os atos comportamentais *repouso e movimento das pernas anteniformes* se mostraram mais frequentes no fluxograma (Figura 2).

Tabela 1. Etograma e frequência dos atos comportamentais de *Charinus mysticus* para observações sem a presença de presa no substrato

Categoria	Ato comportamental	Frequência	
Exploração espacial	<u>Locomoção:</u> Movimento que altera sua posição.	8,50%	
	<u>Locomoção e exploração:</u> Movimento que altera sua posição e movendo as pernas anteniformes.	27,83%	
	<u>Movimento sem locomoção:</u> Movimentar suas pernas sem alterar sua localização no ambiente, somente rotacionando seu corpo.	0,51%	
Limpeza	<u>Grooming nos pedipalpos:</u> Passar os pedipalpos entre as quelíceras.	9,54%	
	<u>Grooming nas pernas anteniformes:</u> Passar as pernas anteniformes nas quelíceras.	1,55%	
	<u>Grooming no 2º par de pernas:</u> Passar o segundo par de pernas nas quelíceras.	3,35%	
	<u>Grooming no 3º par de pernas:</u> Passar o terceiro par de pernas nas quelíceras.	1,80%	
	<u>Grooming no 4º par de pernas:</u> Passar o quarto par de pernas nas quelíceras.	2,32%	
	Imobilidade	<u>Repouso e movimento da ponta das pernas anteniformes:</u> Imobilidade do corpo e movendo somente o basitarso das pernas anteniformes.	3,86%
		<u>Repouso com os pedipalpos abertos:</u> Imobilidade do corpo, entretanto com os pedipalpos abertos.	0,51%
<u>Repouso e movimento das pernas anteniformes:</u> Imobilidade do corpo e movendo toda extensão das pernas anteniformes.		40,20%	

Tabela 2. Etograma e frequência dos atos comportamentais de *Charinus mysticus* para observações com a presença de presa no substrato

Categoria	Ato comportamental	Frequência
Forrageio	<u>Ataque:</u> Move-se rapidamente até a presa com os pedipalpos abertos.	0,71%
	<u>Locomoção com a presa:</u> Movimento que altera sua posição com manipulação da presa.	5,0%
	<u>Alimentando:</u> Segurando a presa com os pedipalpos e extraíndo pedaços da presa com as quelíceras.	4,27%
	<u>Pernas anteniformes em movimento enquanto se alimenta:</u> Mantém a alimentação e ocorre movimento das pernas anteniformes.	8,57%
	<u>Contato ativo:</u> Tocar a presa com as pernas anteniformes.	6,43%
Limpeza	<u>Recuo:</u> Afastamento ao perceber a presa.	2,14%
	<u>Grooming nos pedipalpos:</u> Passar os pedipalpos entre as quelíceras.	6,43%
	<u>Grooming nas pernas anteniformes:</u> Passar as pernas anteniformes nas quelíceras.	0,71%
	<u>Grooming no 2º par de pernas:</u> Passar o segundo par de pernas nas quelíceras.	4,28%
	<u>Grooming no 3º par de pernas:</u> Passar o terceiro par de pernas nas quelíceras.	2,14%
	<u>Grooming no 4º par de pernas:</u> Passar o quarto par de pernas nas quelíceras.	0,71%
	Imobilidade	<u>Repouso e movimento das pernas anteniformes:</u> Imobilidade do corpo e movendo toda extensão das pernas anteniformes.
<u>Exploração Espacial:</u> Locomoção e exploração Movimento que altera sua posição e movendo as pernas anteniformes.		26,43%

tamanhos de territórios, interações ecológicas, comportamentos reprodutivos, possibilita a efetiva aplicação de métodos robustos como realocação e reintrodução de espécies (SNOWDON, 1999). Além disso, os registros de atos comportamentais únicos, e possíveis autapomorfias, são de grande importância para a conservação da espécie e de seu habitat, já que atos comportamentais compartilhados entre espécies do grupo respondem perguntas no âmbito evolutivo (e. g. caracteres conservados ou derivados). Para cavernas, a análise comportamental pode resultar no conhecimento de interações ecológicas únicas exercidas pelo grupo, o que levaria a cavidade ao grau de relevância máxima (BRASIL, 2017).

5. CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho demonstram que, para os comportamentos observados, a utilização das pernas anteniformes apresentam destaque, corroborando outros estudos comportamentais realizados com o gênero *Charinus* ou mesmo com outros grupos de ambliptígeos. Desta forma, a elevada utilização das pernas anteniformes em ambliptígeos pode apresentar um caráter

comportamental conservativo. No âmbito de conservação seriam necessários estudos com mais espécies e abordagens comparativas entre organismos troglóbios, troglófilos e epígeos, a fim de detectar se o meio ambiente é um filtro ou não para o comportamento do grupo, o que elevaria seu grau de fragilidade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos especialmente Fabiano Pereira de Jesus pelo auxílio nas coletas e projeto em Central; a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, processos 2008/05678-7 e 2010/08459-4) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq processos 303715/2011-1, 308557/2014-0, 310378/2017-6 e 457413/2014-0) pelo suporte financeiro a MEB e bolsa concedida a JEG (CNPq processo 142276/2013-8); ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pela concessão de licença de coleta a MEB. Agradecemos também ao Dr. Rodrigo Willemart pelas sugestões e críticas ao presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALI, M.A. Sensory Ecology. Review and Perspectives. **Plenum Press**: New York and London, 1978.
- ALTMANN, J. Observational study of behavior: sampling methods. **Behaviour** 49: 227-267, 1974.
- BENTON, T. G. The ecology of the scorpion *Euscorpium flavicaudis* in England. **Journal of Zoology**, v. 226, n. 3, p. 351-368, 1992.
- BRASIL, Instrução Normativa nº 2 de 30 de agosto de 2017. **Define a metodologia para a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas, conforme previsto no art. 5º do Decreto nº 99.556 de 1º de outubro de 1990**. Diário Oficial da União. Brasília, 01 de setembro de 2017. Seção 1, p. 161-163.
- CHAPIN, K.J.; HEBETS, E.A. The behavioral ecology of Amblypygids. **Journal of Arachnology**, 44: 1-14, 2016.
- COSTA, T.M.; SILVA, N.F.S; WILLEMART, R.H. Prey capture behavior in three Neotropical armored harvestmen (Arachnida, Opiliones). **Journal of ethology**, v. 34, n. 2, p. 183-190, 2016.
- DEL-CLARO, K. **Comportamento animal**: uma introdução à ecologia comportamental. Livraria Conceito, 2004.
- FOWLER-FINN, K.D.; HEBETS, E.A. An examination of agonistic interactions in the whip spider *Phrynus marginemaculatus* (Arachnida, Amblypygi). **Journal of Arachnology**, 34: 62-76, 2006.
- FOELIX, R.F.; HEBETS, E.A. Sensory biology of whip spiders (Arachnida, Amblypygi). **Andrias**, 15:129-140, 2001.

- GARWOOD, R.J. et al. The phylogeny of fossil whip spiders. **BMC evolutionary biology**, v. 17, n. 1, p. 105, 2017.
- GIUPPONI, A.P.L.; KURY, A.B. A new species of *Charinus* from northeastern Brazil. **Boletim do Museu Nacional**, 477:1-7, 2002.
- HOENEN, S.; GNASPINI, P. Activity rhythms and behavioral characterization of epigeal and cavernicolous harvestmen (Arachnida: Opiliones). **Journal of Arachnology**, 27: 159-164, 1999.
- JUBERTHIE, C. The diversity of the karstic and pseudokarstic hypogean habitats in the world. Pp. 17-39. In: Wilkens, H., D.C. Culver & W.F. Humphreys (Eds.). **Ecosystems of the world, subterranean ecosystems**, Amsterdam, Elsevier Academic Press, 2000.
- MIRANDA, G.S.; MILLERI-PINTO, M.; GONÇALVES-SOUZA, T.; GIUPPONI, A. P.L.; SCHARFF, N. A new species of *Charinus* Simon 1892 from Brazil, with notes on behavior (Amblypygi, Charinidae). **Zookeys**, 621: 15-36, 2016.
- MIRANDA, G.S.; KURY, A.B.; DE LEÃO GIUPPONI, A.P. Review of *Trichodamon* Mello-Leitão 1935 and phylogenetic placement of the genus in Phrynichidae (Arachnida, Amblypygi). **Zoologischer Anzeiger**, v. 273, p. 33-55, 2018.
- ODUM, E.P. Fundamentos da ecologia. Lisboa, PT. **Calouste Gulbenkian**, 1988.
- PINTO-DA-ROCHA, R.; MACHADO, G.; WEYGOLDT, P. Two new species of *Charinus* Simon, 1892 from Brazil with biological notes (Arachnida; Amblypygi; Charinidae). **Journal of Natural History**, 36: 107-118, 2002.
- POULSON, T.L.; WHITE, W.B. The cave environment. **Science**, 165:971-980, 1969.
- POULSON, T.L.; LAVOIE, K.H. The trophic basis of subsurface ecosystems. Pp. 231-249. In: Wilkens, H., D.C. Culver & W.F. Humphreys (Eds.). **Ecosystems of the world, subterranean ecosystems**, Amsterdam, Elsevier Academic Press, 2000.
- SANTER, R.D.; HEBETS, E.A. Agonistic signals received by an arthropod filiform hair allude to the prevalence of near-field sound communication. **Proceedings of The Royal Society of London B**, 275, 363-368, 2007.
- SANTER, R.D.; HEBETS, E.A. Tactile learning by a whip spider, *Phrynus marginemaculatus* C.L. Koch (Arachnida, Amblypygi). **Journal of Comparative Physiology A**, 195:393-399, 2009.
- SEGOVIA, J.M.G.; NECO, J.C.; WILLEMART, R.H. On the habitat use of the Neotropical whip spider *Charinus asturius* (Arachnida: Amblypygi). **Zoologia**, 35: e12874, 2018.
- SEITER, M.; WOLFF, J.; HORWEG, C. A new species of the South East Asian genus *Sarax* Simon, 1892 (Arachnida: Amblypygi: Charinidae) and synonymization of *Sarax mediterraneus* Delle Cave, 1986. **Zootaxa**, 4012 (3): 542-552, 2015.
- TRAJANO, E. Estudo do comportamento espontâneo e alimentar e da dieta do bagre cavernícola, *Pimelodella kronei*, e seu provável ancestral epígeo, *Pimelodella transitória* (Siluriformes, Pimelodidae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 49, n.3, p. 757-769, 1989.
- TRAJANO, E.; BICHUETTE, M.E. **Biologia Subterrânea: Introdução**. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2006.
- TRAJANO, E. Ecological classification of subterranean organisms. Pp. 275-277. In: White, W.B. & Culver, D.C. (Eds.). **Encyclopedia of caves**. Oxford, Elsevier Academic Press, 2012.

- TRAJANO, E.; CARVALHO, M.R. Towards a biologically meaningful classification of subterranean organisms: a critical analysis of the Schiner-Racovitza system from a historical perspective, difficulties of its application and implications for conservation. **Subterranean Biology**, 22: 1-26, 2017.
- UETZ, George W. Foraging strategies of spiders. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 7, n. 5, p. 155-159, 1992
- VASCONCELOS, A.C.O.; FERREIRA, R.L. Two new species of cave-dwelling *Charinus* Simon, 1892 from Brazil (Arachnida: Amblypygi: Charinidae). **Zootaxa**, 4312 (2): 277-292, 2017.
- WEYGOLDT, P. **Whip Spiders (Chelicerata: Amblypygi): Their Biology, Morphology and Systematics**. Volume 1. Stenstrup: Apollo Books, 2000.
- WEYGOLDT, P. Spermatophores, female genitalia, and courtship behaviour of two whip spider species, *Charinus africanus* and *Damon tibialis* (Chelicerata: Amblypygi). **Zoologischer Anzeiger-A Journal of Comparative Zoology**, v. 247, n. 3, p. 223-232, 2008.
- WEYGOLDT, P. Courtship and mating in the whip spider *Phrynychus orientalis* Weygoldt, 1998 (Chelicerata: Amblypygi). **Zoologischer Anzeiger**, 248: 177-181, 2009.
-

Fluxo editorial:

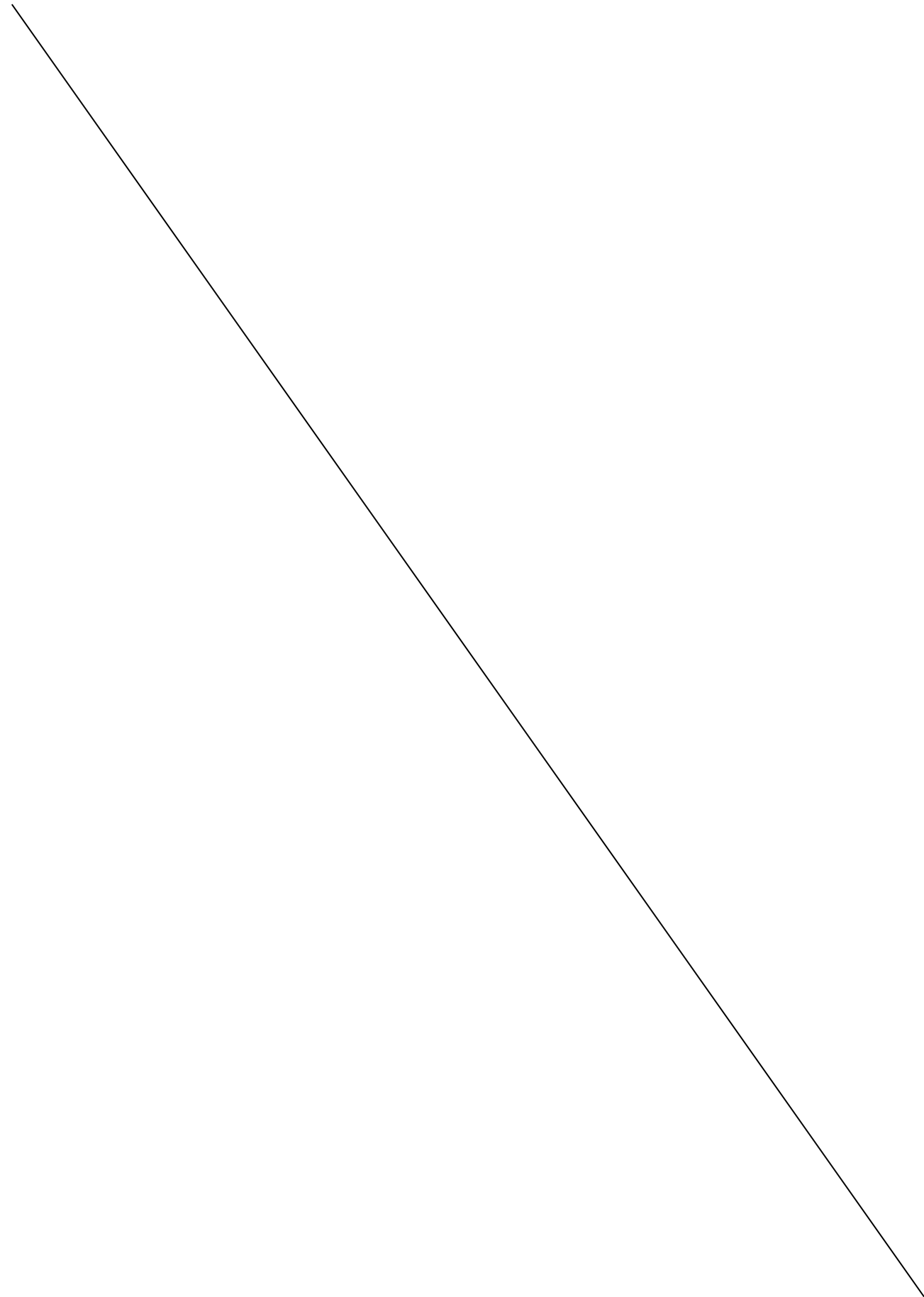
Recebido em: 07.12.2018

Aprovado em: 24.04.2019



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp



PUBLIC SUPPORT AS A KEY ELEMENT FOR FAUNA CONSERVATION IN MAQUINÉ AND REI DO MATO SHOW CAVES

O APOIO DO PÚBLICO COMO ELEMENTO-CHAVE PARA A CONSERVAÇÃO DA FAUNA DAS CAVERNAS TURÍSTICAS MAQUINÉ E REI DO MATO

Marconi Souza Silva (1); Rodrigo Lopes Ferreira (1); Laise Vieira Gonçalves (2)

(1) Departamento de Biologia, Setor de Biodiversidade Subterrânea, Centro de Estudos em Biologia Subterrânea, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras MG.

(2) Departamento de Biologia, Setor de Educação Científica e Ambiental, Universidade Federal de Lavras, (UFLA), Lavras MG.

Contatos: marconisilva@ufla.br; drops@ufla.br; laisebiologa@gmail.com.

Abstract

Once the public support is a key element for the show cave maintenance, we aimed to understand environmental behavior and perception from visitors at Maquiné and Rei do Mato show caves to help on building more informative visits. We used data from questionnaires applied to show caves visitors. School excursions (44.3%) had a high contribution on bringing visitors and providing the first direct contact with caves. Regarding the way participants constructed a context about life in the caves and the need for their conservation, although bats (70.1%) and insects (40.6%) were properly referred as the main cave dwellers, obligate cave fauna was not mentioned (troglotic). The perception of the link among landscape and cave conservation (42.1%) and necessity of educational practices (29.6%) were prevalent. Based on the environmental behavior and acceptance of participants, the use of more instructive visits was suggested in order to provide a broader view of the environment for the cave tourists and then induce more interest by the preservation of those unique and endangered habitats. Moreover, pedagogical exercises provided inside the cave environment can lead visitors to appropriate from environmental education issues and therefore apply them in the practices developed in the caves of Brazil.

Key-Words: recreational caves; educational practices; outdoor activities.

Resumo

Uma vez que o apoio público é um elemento chave para a conservação das cavernas, buscamos compreender o comportamento e a percepção ambiental dos visitantes das cavernas Maquiné e Rei do Mato, no Brasil e fornecer dados que ajudem na construção de visitas mais informativas. Utilizamos dados qualitativos, extraídos de questionários aplicados aos visitantes. As excursões escolares (44,3%) tiveram uma elevada contribuição em trazer visitantes e fornecer o primeiro contato direto com as cavernas. Embora morcegos (70,1%) e insetos (40,6%) fossem propriamente referidos como os principais habitantes das cavernas, a ocorrência de fauna troglótica não foi mencionada. A percepção da ligação entre conservação de paisagem e das cavernas (42,1%) e necessidade de práticas educativas (29,6%) foram prevalentes. Com base no comportamento ambiental e aceitação dos participantes, foi sugerido o uso de visitas mais instrutivas, a fim de fornecer uma visão mais ampla do ambiente para os turistas das cavernas e, em seguida, induzir mais interesse pela preservação desses ambientes únicos e ameaçados. Além disso, os exercícios pedagógicos fornecidos dentro das cavernas podem levar os visitantes a se apropriarem das questões de educação ambiental e, portanto, aplicá-los nas práticas desenvolvidas nas cavernas do Brasil.

Palavras-Chave: cavernas recreativas; práticas educativas; atividades ao ar livre.

1. INTRODUCTION

Cave exploration as a job, hobby or recreational activity (caving) is a growing outdoor activity for people interested in exploring to produce knowledge, in adventure and leisure activities similar to visiting thematic parks, zoos, botanical gardens and museums or in having fun outdoor like

camping or hiking. Each cave provides a unique experience to visitors and excellent opportunities for learning (HAMILTON-SMITH, 2004; VAR 2004). Furthermore, caves are protected from the sun light, rain and storms and may provide protected and clean passages, suitable to be visited by a broad public (especially in show caves).

Nowadays, caves are important as social and economic tools because people sometimes must pay to visit show caves and this kind of activity support surrounding stores and may attract millions of people (VAN-BEYNEN; BIALKOWSKA-JELINSKA, 2012). There are different kinds of show caves around the world in which people must pay and enter walking, by boat, cable car, elevator or train. Some caves are used as snack bars, restaurants, cabins, aqua parks, medical therapy and motels that are located inside them or nearby (TIBOR, 1986; PAVLOVICH, 2003; VAR, 2004; CIGNA; FORTI, 2013). Most of the show caves operate with regular tours and educational programs and some of them offer adventure tours and have gift and craft shops, trading posts, or country stores (VAR, 2004).

In order to reduce risk of accident and mitigate environmental impacts from all these activities, several caving organizations recommend good education as the best solution (VAR 2004). A special protection for caves is required since it takes thousands of years to repair damages to formations and the fauna endemic to the cave can disappear forever. The pollution above the caves can easily seep and reach the water source, what may led to health problems due to contamination (GILLIESON, 2004). For this reason, preserving the surface area is as important as preserving the cave to protect water resources (VAR, 2004; CHEEPTAM et al., 2013). Restoring damaged caves is difficult because of the possibility of contamination during cleaning processes (Var, 2004). Furthermore, the narrow range distribution of obligate cave fauna makes re-colonization extremely difficult in most cases (FONG, 2011).

Show caves located close to urban centers or protected areas (usually with easy access) receive thousands of visitors along the year, with or without tourist guides (WOLF, 2005; FERNANDEZ-CORTES et al., 2011; FONG, 2011; CHEEPTAM et al., 2013). On the other hand, there are few studies about the likely impacts caused by tourism in cave environments and about the viewpoint of visitors regarding the risks of accidents and environmental importance of these systems (CIGNA; BURRI, 2000; VAN-BEYNEN; TOWNSEND, 2005; VAN BEYNEN, 2011; VAN-BEYNEN et al., 2012; VAN-BEYNEN; BIALKOWSKA-JELINSKA, 2012; TAYLOR et al., 2013).

Caves in Brazil have been exploited for tourism for over 60 years, some of them which are located close to urban centers and are altered with lighting installations, buildings, soil compaction (LINO, 2001; MARRA, 2001; LOBO, 2012; LOBO et al., 2013; LOBO; TRAVASSOS, 2013; LOBO et

al., 2015) and introduction of exotic microbiota (TAYLOR et al., 2013; SAIZ-JIMENEZ, 2015). There are governmental, academic and social incentives to disseminate tourism activities in cave environments in Brazil (LOBO; MORETTI, 2009; LOBO; TRAVASSOS, 2013; IEF, 2015; MAQUINETUR, 2015). However, the lack of professionals trained to conduct and coordinate tourism activities in a sustainable manner in cave environments is evident (LOBO; TRAVASSOS, 2013; SOUZA-SILVA et al., 2014). The efficient management of caves, considering economic, environmental and social elements is virtually non-existent in many parts of the world (VAN-BEYNEN et al., 2012; CHEEPTAM et al., 2013).

Outdoor environmental activities have a direct influence in the environmental behavior of the visitors because it provides experience and encourages individuals to cherish the nature (KUHLEMEIER et al., 1999; RICKINSON et al., 2009; DUERDEN; WITT, 2010). Show caves not only provides the opportunity to learn information about the physical habitat, but also can provide experiences with animals, increasing public engagement for wildlife conservation. Accessing the visitor opinion about environmental cave integrity may be a good tool to know the main ways to invest in cave management requirements. Thus, this study aimed to evaluate how visitors deal with issues related to show caves environments after direct experience and the implications of those perceptions for informative practices construction. Do the visitors have positive attitudes toward show caves? How do these visitors perceive the cave as fragile habitats? What are their concerns and expectations regarding the show caves use and conservation? We predicted that show visitors have a high connection with the environment and a low understanding of biodiversity, ecological dynamics and risk of a visitation without prior knowledge, what reinforces the need for frequent pedagogical practices to raise awareness of people and insert appropriate environmental education practices.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Study site

The study was conducted in the Lapa Nova de Maquiné (MAQUINETUR, 2015) and Rei do Mato show caves (IEF, 2015), both located in Minas Gerais state, Brazil (Figure 1). Maquiné cave receives around 40,000 visitors and Rei do Mato around 22,500 along the year (PAN-CAVERNAS, 2014; IEF, 2015). None of these two show caves have religious appeal to visitors.

The Maquiné cave was discovered in 1825 by Joaquim Maria Maquiné. The cave was scientifically explored for the first time in 1834 by the Danish naturalist Dr. Peter Wilhelm Lund. The cave has seven explored halls, 650 m long and a vertical drop of 18 m. The cave was fitted with lighting and fixed pathways that enable visitors to observe the formations, but always accompanied by a guide (SOUZA, 2012; MAQUINETUR, 2015). The Management Plan and other studies in Maquiné cave so far have revealed 14 troglomorphic/troglobitic species including *Eukoenenia maquinensis*, one of the most troglomorphic Palpigradi of the world (Souza and Ferreira, 2010). Currently, the Maquiné cave and other 25 caves (non-tourist) are inserted in

a Natural Protected Area (Natural Monument Peter Lund).

Rei do Mato cave has 998m length and a vertical drop of 30 m and presents unusual features and very beautiful speleothems, especially in the Hall of rarities, where there are two symmetrical columns with about 12m height and 25cm in diameter (IEF, 2015). The cave was fitted with lighting and metal walkways that allow visitors to view the formations, also always accompanied by a guide (IEF, 2015). The management plan and other studies in the Rei do Mato cave, thus far, have revealed 4 troglomorphic/troglobitic species (IEF, 2015). Currently Rei do Mato cave and other 35 caves (non-tourist) are inserted in a Natural Protected Area (Natural Monument Rei do Mato).

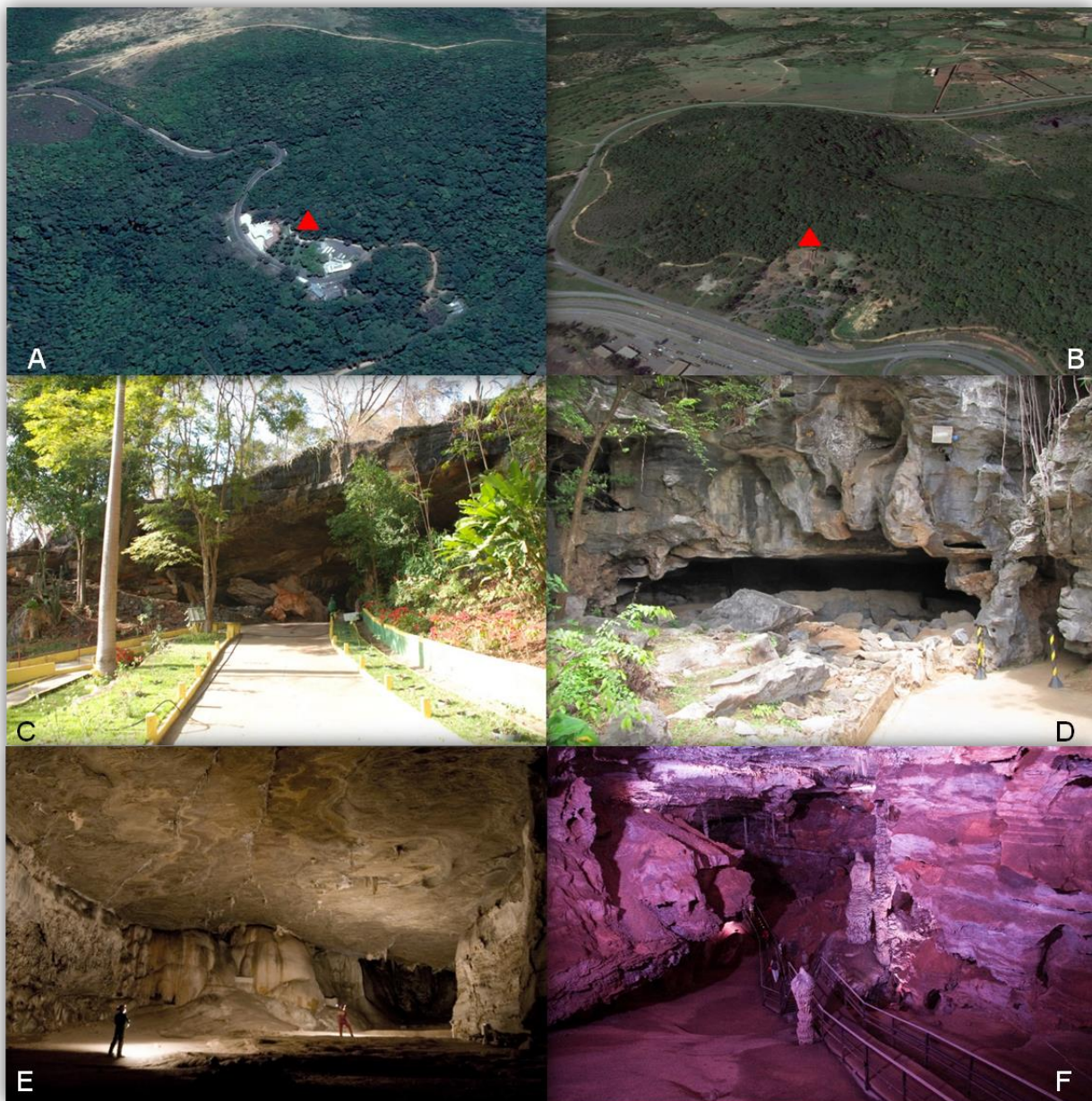


Figure 1. Lapa Nova de Maquiné (A, C, E) and Rei do Mato show caves (B, D, F) surroundings areas (A, B, C, D) and interior (E, F). Pictures: Vitor Moura (E) and Augusto Milagres (F).

2.2. Environmental perception survey

In order to obtain information regarding the reasons that led visitors to the Maquiné and Rei do Mato show caves, as well as observe how they construct a context regarding life in the caves and the need for their conservation, we used semi-structured printed questionnaire that were applied to show cave visitors in loco, right after the person has had direct experiences with the caves (Maquiné or Rei do Mato) (DONATO; DANTAS, 2009; NEWING, 2011; MACIEJEWSKI; KERLEY, 2014). Although in the questionnaire there were fields regarding data from the responders (gender, age, city/country etc.), nobody fulfilled such fields. Accordingly, we did not present those data or any analysis correlating perceptions and responder traits. The questions were: why did you come to see the cave? Have you ever visited non-tourist caves? What kind of life do you imagine can exist in caves? If any, what would they feed on? Do you believe that the preservation of the cave surroundings can help on preserving its interior? If so, what measures would you suggest preserving it?

The results about cave fauna composition and conservation needs, support the creation of an informative pamphlet to spread knowledge about cave life and to be used in environmental education programs.

2.3. Data processing

The answers built by respondents were grouped into distinct categories of key words, which were analyzed based on grounded theory methodology (GLASER; STRAUSS, 1967). The frequency for each answer was not mutually exclusive. We used descriptive information from the questionnaires as a starting point to build formal tools (pamphlet) that encourage individuals to care about show and pristine caves.

3. RESULTS

Overall, 281 questionnaires applied during week and weekends days from January to November 2000, were analyzed. Most of the participants (44.3%) have attended the show caves via school excursions, but curiosity also stood out (42.4%) as a reason (Figure 2A). Past experiences of participants visiting caves varied greatly. About 67.0% of visitors had visited only show caves, while 22.7% visited both tourist and non-tourist caves. Finally, 9.0% of the visitors had visited a cave for the first time (Figure 2B). The oldest show caves open to

visitors in Minas Gerais state and with speleological and paleontological appeal seem to be the preferred among participants. Among the main show caves occurring in this state (those adapted to large scale tourism - Maquiné, Rei do Mato and Lapinha), Maquiné was the most cited by the respondents as the most visited cave (Figure 2 C).

Regarding the living beings that inhabit caves, bats were the most cited animals (70.1%), with insects also represented (40.6%). Plants were also commonly cited (Figure 2 D), although troglobitic fauna was not mentioned by any visitor. Visitors characterized insects (25.7%) and plants (21.8%) as the main food items used by living beings in caves (Figure 2E). However, other items were also mentioned, even in small proportions, as other animals, fruits, blood and microbes. The conservation of caves is a concern for most visitors, since 90% of them considered that it is important to preserve such environments. Furthermore, they were aware of the need to preserve the external environment for the maintenance of life inside the caves, a concern shared by the majority (42.1%) (Figure 2 E and F and Table 1).

Table 1 Measures suggested by interviewed participants considered important for efficient conservation of the cave environment and its surroundings. At least, 17.6 % of respondents did not suggest anything.

Conservation actions	Responses (%)
Environmental education	29.6
Avoid depredation	23.8
Control visits	21.8
Protection of surroundings	15.7
Do not pollute the environment	13.4
Trash collection	12.6
Training of monitors	8.0
Financial incentives	5.4
Scientific research	5.4
Disclosure	4.6
Fines	3.8
Do not kill the animals	3.4
Investment and infrastructure	3.4

Visitors suggested integrated measures to conserve the cave environment and its surroundings. Environmental education practices (29.6%) were considered important for cave conservation, as well as training and information provided to visitors, but measurements towards restrained visits and depredation were also cited (Table 1). However, many visitors (17.6%) did not know what measures would be important for the conservation of the cave environment.

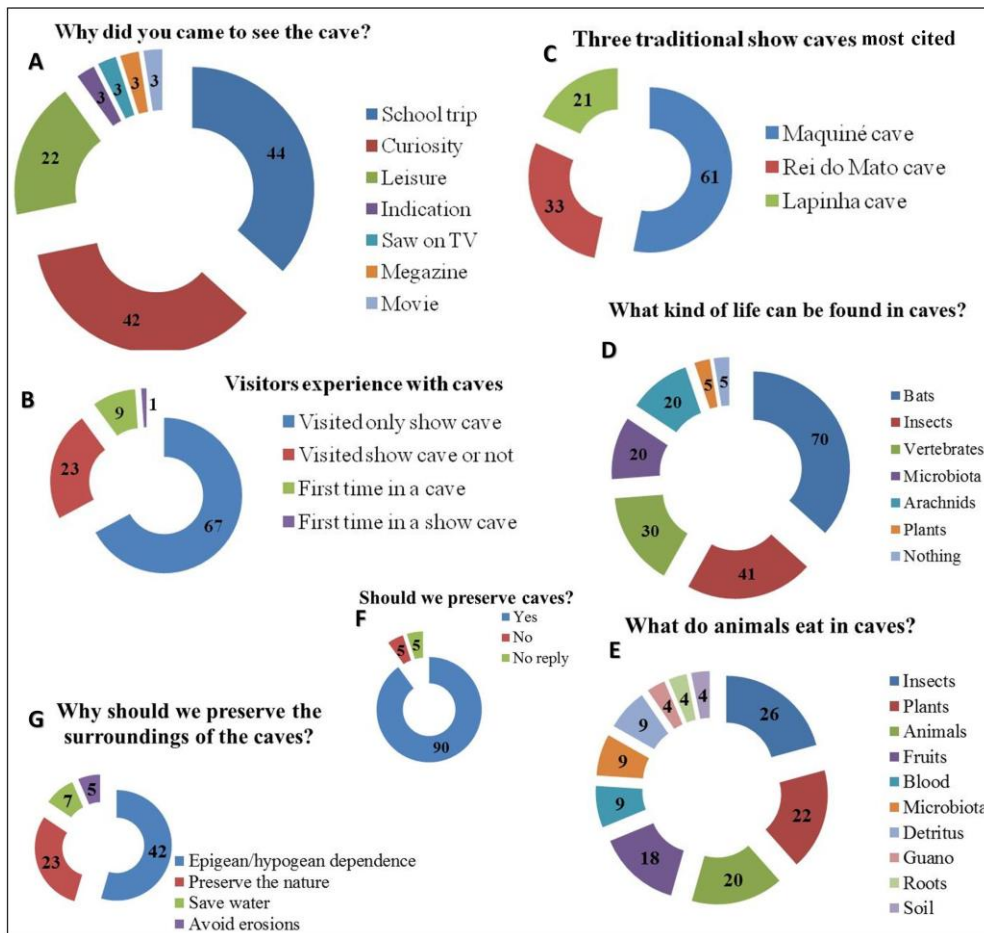


Figure 2. Frequency distribution (percentage) of the reasons that encouraged people to visit show caves in Minas Gerais state, Brazil (A), the favorite show caves (B and C) and sense about cave fauna (D and E) and environmental conservation (F and G).

Since, student were the most representative visitors, the informative pamphlet to spread knowledge about cave life was elaborated mainly focused in a young audience, what led us to use personages representing the Brazilian cave fauna with a playful aspect (Figure 3). We aimed to show the importance to aggregate values present in the local reality in order to intensify the learning and divulgate the cave life as a heritage.

4. DISCUSSION

The knowledge and popularity of a cave, the ease of access to internal areas, the travel distance to reach the cave, the legal permission for any visitor and the presence of agencies that promote organized visits are considered the main factors that contribute to a recreational visit (VAR, 2004; BOČIĆ et al., 2009; WILSON, 2012). However, environmental protection, visitor safety and profits are the main elements related to the development of caving and/or economic exploration programs. The optimization of such aspects ensures the balance and reduction of negative effects (CIGNA, 2011; RACHMAWATI; SUNKAR, 2013). Understanding the environmental

behavior and the preferences of the cave audience may be an important tool for managing and balancing the three important pillars in show cave use: environmental protection-safety-economic viability, once visit promote a positive impact on knowledge and concern and has the potential to influence future behavior.

In the present study, schools were important vehicles for the dissemination of tourism in Maquiné and Rei do Mato show caves, what also highlighted the importance of caves in teaching practices. However, in Brazil very few studies have assessed how caves should be treated in an educational manner, aiming to effectively inform and educate regarding the need for instructive visits and minimal impacts (DONATO; DANTAS, 2009; FERREIRA et al., 2014; CUSTÓDIO et al., 2014; SOUZA-SILVA et al., 2014). In such studies, the use of indoor and outdoor activities was suggested (use of booklets, field trips, multimedia, drawings etc.), however it is important to consider that an individual environmental attitude would be more improved in a natural environment than in a classroom (DUERDEN; WITT, 2010).

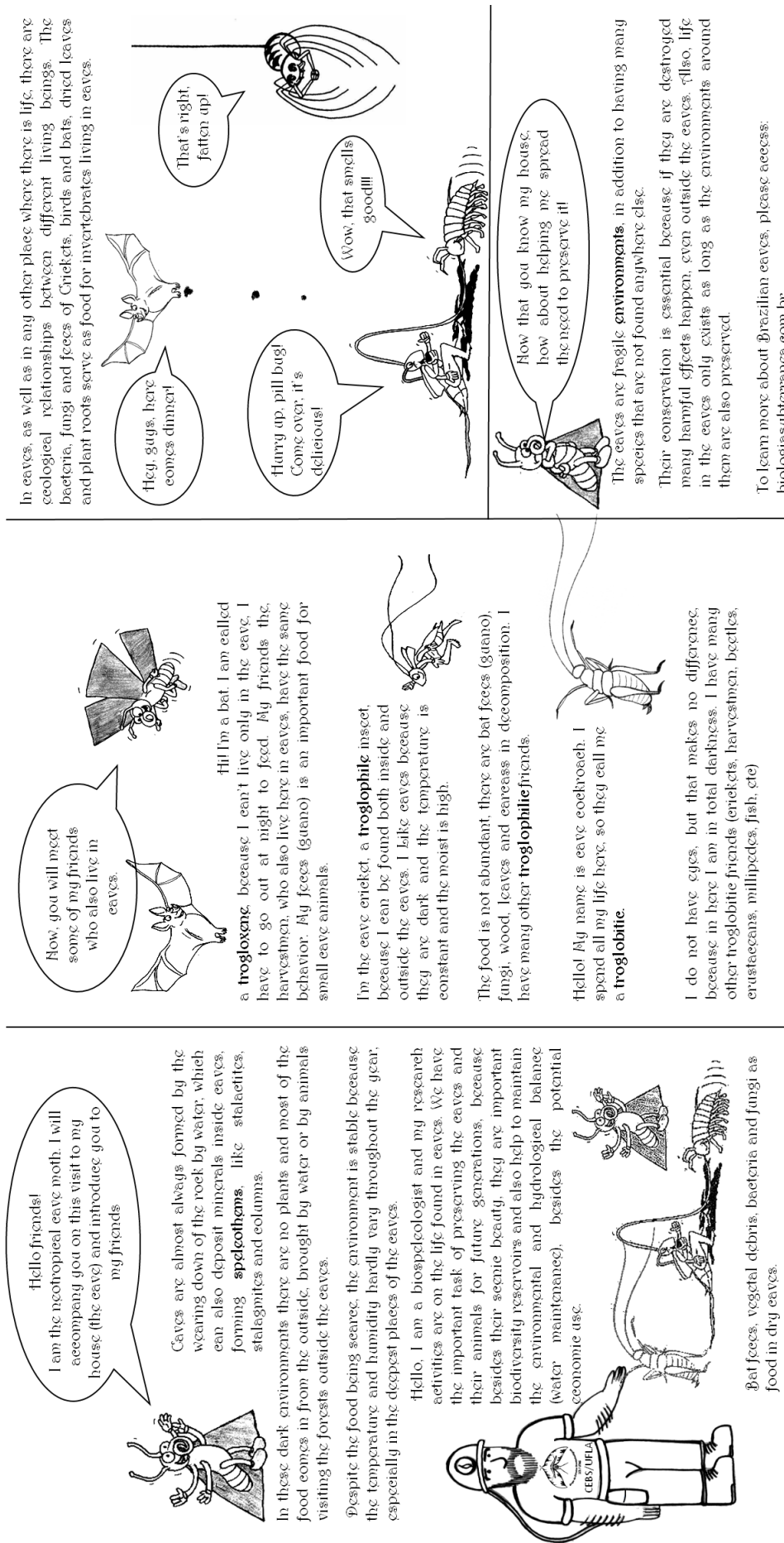


Figure 3. Educational tool suggested to be used in show caves as optional educational activity, using the common sense as anchor.

Participants mentioned animals that do not exist in Brazil, but that are common in caves along the world like bears, salamanders, or even imaginary beings like dragons, fairies or elves (Figure 2D Vertebrates). This reinforces the importance of the local and regional context on the perception of such environments and also the importance of bringing such regional components when intending to improve the visitor comprehension about caves. Therefore, it is important to mention that information on cave environments produced in regions very distant from the local reality may be ineffective in terms of disclosure and fixing knowledge. Learning is always located in some kind of social, cultural, economic or physical context and notions of such context draw attention to varying degrees of formality and also indoor/outdoor settings (RICKINSON et al., 2004).

A fact mentioned by participants is that the fauna needs to go out of the cave to look for food items. This opinion shows that many respondents only recognize animals that use caves as shelter (troglodens and troglophile), but they do not know about organisms specialized and restricted to the subterranean habitats, the troglotic ones (SKET, 2008; FONG, 2011; MACA, 2015). In Brazil, actions and vehicle of the disclosure of basic information about cave fauna for a broad audience is scarce. Furthermore, the small body size of most of the cave species (excepting, salamanders, cave fish and bats) hampers the interest and disclosure. According to Cardoso et al., (2011) the public tends to disregard invertebrate species as in need of protection because they do not recognize invertebrates or their roles in the ecosystem. However, better information and marketing can help to solve this kind of problems. Producing courses for disclosure as videos, workshops, posters, souvenirs related to cave animals or even visits to caves may help changing such point of view (DONATO; DANTAS, 2009, FERREIRA et al., 2014; CUSTÓDIO et al., 2014; SOUZA-SILVA et al., 2014). The need to share information regarding cave and their ecological and evolutionary importance as well as biotechnological potential of cave species is evident and essential both considering cultural and conservation aspects, although it is not easy assigning a popular appeal for them, since microorganisms, invertebrates and some vertebrates are not so welcome to the society (CARDOSO et al., 2011; HOFFMASTER et al., 2016). In general, bats are the most cited by the public as cave dwellers (SOUZA-SILVA et al., 2014). The public perception of bats has historically been largely negative, however people can be educated and inspired to save

bats through oriented events and exhibitions (HOFFMASTER et al., 2016).

The considerations about conservation needs and environmental education practices among participants reinforce the acceptance and importance of divulging the knowledge using popular perceptions about cave environment as an anchor to build an epistemological start point. The problem of the evidence of senses involves descriptive or "phenomenological" questions about aspects of our experience, what represents a source of evidence about the external world, normative questions on what previous experiences justify us believing and epistemic questions about the nature of these basic relations (CHISHOLM, 1988; KELLEY et al., 1988; MUNZ 1988).

The lack of professionals to apply and coordinate activities in a sustainable manner (economically, environmentally and socially) in cave environments is evident in Brazil (FERREIRA et al., 2008; FERREIRA et al., 2014; SOUZA-SILVA et al., 2014; BRUNN; SILVA, 2014). Studies related to the conservation of the cave physical environment are more frequent than those intending to preserve the biodiversity in show caves in Brazil (INIESTA et al., 2012; PELLEGRINI; FERREIRA, 2012; TAYLOR et al., 2013). Therefore, specific education efforts about biodiversity are needed to promote positive attitudes and practical conservation efforts in caves and karst areas under tourist or threatened use (KASTNING; KASTNING, 1999; VAN-BEYNEN et al., 2012; CIGNA; FORTI, 2013).

The effectiveness of educational programs regarding karst landscapes should be evaluated to select the most adequate approaches. Exhibitions, media campaigns or animated films with conservationist contents are used to stimulate positive attitudes and increase public commitment with conservation efforts, but the information is usually absorbed in an ephemeral form (NOVACEK, 2008; PILGRIM et al., 2008; ROBÉLIA; MURPHY, 2012). During transmitting formal knowledge, important factors such as interdisciplinary and informal knowledge should be fully exploited, since caves harbor many school themes like Biology, Zoology, Ecology, Evolution, Archeology, Paleontology, Hydrology, Mineralogy, Chemistry, among other (MORGADO et al., 1996; DONATO; DANTAS, 2009; CRNČEVIĆ et al., 2010; CUSTÓDIO et al., 2014; SOUZA-SILVA et al., 2014).

The development of teaching materials for training personnel that work in cave education and tourism (interpreter) may create a strong link

between the means of knowledge production and its dissemination, besides improving the quality of work offered by those professionals (FERREIRA et al., 2008; DONATO; DANTAS, 2009; CUSTÓDIO et al., 2014). Reception from an interpreter reassures clients that they are welcome and permits them to relax and become involved in the communication (LIPMAN; HODGSON, 1978).

The design of plans for show caves use are essential to mitigate impacts and provide information to help on the comprehension of the need to reduce depredations or alterations. The awareness can better educate the visitors by means of focused trainings and practices for the development of critical thinking about environmental issues. Moreover, activities involving human communities are useful for cave conservation (KASTNING; KASTNING, 1999).

5. FINAL CONSIDERATIONS

One of the most effective approaches to promote the sustainable use of karst landscapes and their caves is education. As presented in this study, schools in a karst region should offer some sort of educational activities related to the karst and its features. In this sense, show caves offer a rare opportunity to educate the general audience, mainly

because during visits technical information can be transmitted, thus providing a subtle inclusion of information and concepts, expanding the vision as well as providing the human interaction with the subterranean environment. The use of prior knowledge of visitors is, from the pedagogical point of view, a good way to begin the construction of formal knowledge about issues related to the karst. It is followed by the observation and, consequently, by the problematizations derived from it, and posteriorly by the production of hypotheses. This pedagogical exercise provided in the cave environment can lead visitors to appropriate from environmental education issues and therefore insert them in the practices developed in the caves of Brazil.

ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks to Maquinetur and Rei do Mato show caves companies for the help in field work and Heros Lobo for provide suggestion on the manuscript. Rodrigo Lopes Ferreira is grateful to the National Council of Technological and Scientific Development (CNPq) (grant no 304682/2014-4) and Marconi Souza Silva was grateful to Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

REFERENCES

- BOČIĆ, N.; LUKIĆ, A.; OPAČIĆ, V.T. Management models and development of show caves as tourist destinations in Croatia. *Acta Carsologica*, 2(35):13–21, 2006.
- BRUM, W.P.; SILVA, S.C.R. The caves of Botuverá: a non-formal place ownership of scientific knowledge. *Experiências em Ensino de Ciências*, 2(9):1-16, 2014.
- CARDOSO, P.; ERWIN, T.L.; BORGES, P.A.V.; NEW, T.R. The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. *Biological Conservation* 144:2647–2655, 2001.
- CHEEPHAM, N.; SADOWAY, T.; RULE, D.; WATSON, K.; MOOTE, P.; SOLIMAN, L.C.; AZAD, N.; DONKOR, K.K.; HORNE, D. Cure from the cave: volcanic cave actinomycetes and their potential in drug discovery. *International Journal of Speleology*, 42 (1): 35-47, 2013
- CIGNA, A.A. Show cave development with special references to active caves. *Tourism and karst Areas*, 4(1):7-16, 2011. http://www.cavernas.org.br/ptpc/tka_v4_n1_007-016.pdf.
- CIGNA, A.A.; FORTI, P. Caves: the most important geotouristic feature in the world. *Tourism and Karst Areas* 6(1):9–26, 2013. http://www.cavernas.org.br/ptpc/tka_v6_n1_009-026.pdf.
- CIGNA, A.A.; BURRI, E. Development, Management and Economy of Show Caves. *International Journal of Speleology* 29 (01): 01-27, 2000.
- CHISHOLM, R.M. The Evidence of the Senses. Philosophical Perspectives. *Epistemology*, (2):71-90, 1988.

- CUSTÓDIO, R.P.; DONATO, C.R.; DANTAS, M.A.T.; MAKNAMARA, M.; PRATA, A.P.N. Teaching Science through a Cd-Rom About Speleology, **Espeleo-Tema**. 1(25):5-10, 2014. http://www.cavernas.org.br/espeleo-tema/espeleo-tema_v25_n1_005-010.pdf.
- DONATO, C.R.; DANTAS, M.A.T. Cd-Rom como instrumento de aprendizagem significativa sobre a Bioespeleologia Sergipana. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, 2(4):39-47, 2009.
- DUERDEN, M.D.; WITT, P.A. The impact of direct and indirect experiences on the development of environmental knowledge, attitudes and behavior. **Journal of Environmental Psychology** 30:379–392, 2010
- FERNANDEZ-CORTES, A.; CUEZVA, S.; SANCHEZ-MORAL, S.; CAÑAVERAS, J.C.; PORCA, E.; JURADO, V.; MARTIN-SANCHEZ, P.M.; SAIZ-JIMENEZ, C. Detection of human-induced environmental disturbances in a show cave, **Environmental Science and Pollution Research** 18:1037-1045, 2011.
- FERREIRA, R.L.; GOMES, F.T.M.C.; SOUZA-SILVA, M. Uso da cartilha “aventura da vida nas cavernas” como ferramenta de educação nas atividades de turismo em paisagens cársticas. **Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas**, 1(2):139-158, 2008. http://www.cavernas.org.br/ptpc/ptpc_v1_n2_145-164.pdf.
- FERREIRA, R.L.; GONÇALVES, L.S.; RAPOSO, T.M.; MORGADO, A.C.; NETO, V.C. Da formação da caverna à formação do educador, **Revista Brasileira de Espeleologia**, 4(1):1-9, 2014
- FONG, D.W. **Management of Subterranean fauna in karst**. In Karst management New York, Springer, pages 201-224, ISBN 978-94-007-1206-5, 2011.
- GILLIESON, D. Management of Caves, In: Van Beynen, P (ed) **Karst and Cave Management**, New York, Springer, pages 141-158. ISBN 978-94-007-1206-5, 2011.
- GLASER, B. G.; STRAUSS A.L. **Discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research**. Routledge, 2017.
- HAMILTON-SMITH, E. Tourist caves. In: Gunn J (ed.) **The encyclopedia of caves and karst science**. Taylor and Francis - Routledge, New York, pp 726–730, 2004.
- HOFFMASTER, E.; VONK, J.; MIES, R. Education to Action: Improving Public Perception of Bats, **Animals** 6(1), 2-9, 2016.
- IEF. Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais. **Plano de Manejo da gruta Rei do Mato**. <http://www.ief.mg.gov.br/areas-protegidas/gestao/1691-plano-de-manejo>, 2015. Accessed in 4th, june, 2018.
- INIESTA, L.F.M.; ÁZARA, L.N.; SOUZA-SILVA, M.; FERREIRA, R.L. Biodiversidade em seis cavernas no Parque Estadual do Sumidouro (Lagoa Santa, MG). **Revista Brasileira de Espeleologia**, (2):18-37, 2012
- KASTNING, E.H.; KASTNING, K.M. Misconceptions about Caves and Karst: Common Problems and Educational Solutions. **National Cave and Karst Management Symposium**, 99-107, 1999.
- KELLEY, D.; MACHAN, T.R.; MUNZ, P. Letters, Critical Review: **A Journal of Politics and Society**, 2(4): 183-187, 1988.
- KUHLEMEIER, H.; VAN DEN BERGH, H.; LAGERWEIJ, N. Environmental knowledge, attitudes and behavior in Dutch secondary education. **Journal of Environmental Education** 30(2):4–14, 1999.

- LIPMAN, D.S.; HODGSON, R.W. The influence of interpersonal interpretation on the effectiveness of self-guided cave Tours. **The Journal of Environmental Education**, 10(1): 32-34, 1978.
- LINO, F. **Cavernas: O fascinante Brasil subterrâneo**. 288pp. Editora Gaia LTDA. São Paulo, 2001
- LOBO, H.A.S. Speleoclimate and Its applications in tourism management in Caves, **Journal of Geography Department – USP**, Issue 23: 27-54, 2012
- LOBO, H.A.S., MORETTI, E.C. Tourism in Caves and the Conservation of the Speleological Heritage: The case of Serra da Bodoquena (Mato Grosso do Sul State, Brazil), **Acta Carsologica** 38/2-3: 265-276, 2009.
- LOBO, H.A.S.; BOGGIANI, P.C.; PERINOTTO, J.A.J. Speleoclimate dynamics in Santana Cave (PETAR, São Paulo State, Brazil): general characterization and implications for tourist management. **International Journal of Speleology**, 44 (1): 61-73, 2015
- LOBO, HAS.; TRAJANO, E.; MARINHO, M.A.; BICHUETTE, M.E.; SCALEANTE, J.A.B.; SCALEANTE, O.A.F.; ROCHA, B.N.; LATERZA, F.V. Projection of tourist scenarios onto fragility maps: Framework for determination of provisional tourist carrying capacity in a Brazilian show cave. **Tourism Management**, 35: 234-243, 2013.
- LOBO, HAS; TRAVASSOS, L.E.P. Cave tourism in Brazil: General aspects and trends from the beginning of the 21st century. **Journal of the Australasian Cave and Karst Management Association**, (93):6-14, 2013
- MACA. **Mammoth cave: Biology and cave life**. <http://www.nps.gov/macaplanyourvisit/loader.cfm?csModule=security/getfile&PageID=904273>, 2015.
- MACIEJEWSKI, K.; KERLEY, G.I.H. Understanding Tourists' Preference for Mammal Species in Private Protected Areas: Is There a Case for Extralimital Species for Ecotourism? **PlosOne** 9(2): e88192. doi:10.1371/journal.pone.0088192, 2014
- MAQUINETUR. Fundação Maquinetur. **A gruta de Maquiné**, <http://www.grutadomaquine.tur.br/>, 2015.
- MARRA, R.J.C. **Espeleoturismo: planejamento e manejo de cavernas**, Editora W. D. Ambiental, 224 pages, 2001
- MARTIN-SANCHEZ, P.M.; SAIZ-JIMENEZ, C. Detection of human-induced environmental disturbances in a show cave. **Environmental Science and Pollution Research**18:1037-1045, 2011.
- MORGADO, A.C.; FERREIRA, R.L.; NETO, V.C. Como ensinar espeleologia em escola de 1º e 2º graus? **O Carste**. 3 (8): 65, 1996.
- MUNZ, P. Sense perception and the reality of the world, Critical Review: **A Journal of Politics and Society**, 2:1, 65-77, DOI: 10.1080/08913818908459514, 1988.
- NEWING, H.; EAGLE, C.; PURI, R.; WATSON, C. Conducting research in conservation: **social science methods and practice**, Taylor & Francis e-Library, 2011.
- NOVACEK, M.J. **Engaging the public in biodiversity issues**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 105, 11571–11578, 2008.
- PAN-CAVERNAS. **Oficina de cavernas turísticas - Parte I - Orientações para a elaboração de planos de manejo espeleológico**. Plano de Ação Nacional para a Conservação do Patrimônio Espeleológico nas áreas cársticas da bacia do Rio São Francisco – PAN Cavernas do São Francisco. <http://www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/pan-cavernas-do-sao-francisco.html>, 2014.

- PAVLOVICH, K. The evolution and transformation of a tourism destination network: the Waitomo Caves, New Zealand, **Tourism Management** 24:203–216, 2003.
- PELLEGRINI, T.G.; FERREIRA, R.L. Management in a neotropical show cave: planning for invertebrates conservation. **International Journal of Speleology** 41(2):359–366, 2012
- PILGRIM, S.E.; CULLEN, L.C.; SMITH, D.J.; PRETTY, J. Ecological knowledge is lost in wealthier communities and countries. **Environmental Science and Technology**, 42: 1004–1009, 2008
- RACHMAWATI, E.; SUNKAR, A. "Consumer-Based Cave Travel and Tourism Market Characteristic in West Java, Indonesia". **Tourism and Karst Areas**, 6(1):57-71, 2013. http://www.cavernas.org.br/ptpc/tka_v6_n1_057-071.pdf.
- RICKINSON, M.; DILLON, J.; TEAMEY, K.; MORRIS, M.; CHOI, M.; SANDERS, D.; BENEFIELD, P.A. review of research on outdoor learning. **Field Studies Council, Shrewsbury**, 68 pages, 2004.
- RICKINSON, M.; LUNDHOLM, C.; HOPWOOD, N. **Environmental Learning: Insights from research into the student experience**, ISBN 978-90-481-2955-3, e-ISBN 978-90-481-2956-0, DOI 10.1007/978-90-481-2956-0, Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 147 pages, 2009.
- ROBELIA, B.; MURPHY, T. What do people know about key environmental issues? A review of environmental knowledge surveys. **Environmental Education Research**, 18: 299–321, 2012
- SAIZ-JIMENEZ, C. Microbiological and environmental issues in show caves, **World Journal of Microbiology and Biotechnology** 28:2453–2464, 2012.
- SAIZ-JIMENEZ, C. The Microbiology of Show Caves, Mines, Tunnels, and Tombs: Implications for Management and Conservation, in Annette Summers Engel (Ed.) **Microbial Life of Cave Systems Life in Extreme Environments**, pages 231- 261, 2015.
- SKET, B. Can we agree on an ecological classification of subterranean animals? **Journal of Natural History** 42(21):1549-1563, 2008.
- SOUZA, M.F.V.R.; FERREIRA, R.L. *Eukoenaenia* (Palpigradi: Eukoenaeniidae) in Brazilian caves with the first troglotic palpigrade from South America, **The Journal of Arachnology** 38:415–424, 2010.
- SOUZA, M.F.V.R. Diversidade de invertebrados subterrâneos da região de Cordisburgo, Minas Gerais: subsídios para definição de cavernas prioritárias para conservação e para o manejo biológico de cavidades turísticas. 149 p. **Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada)** - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- SOUZA-SILVA, M.; FERREIRA, R.L.; DAMASCENO, R. Cavernas e o desenvolvimento de práticas no estudo de ciências: um estudo com alunos do sexto ano escolar. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, (7):102-123, 2014
- SOUZA-SILVA, M.; MARTINS, R.P.; FERREIRA, R.L. Cave Conservation Priority Index to Adopt a Rapid Protection Strategy: A Case Study in Brazilian Atlantic Rain Forest. **Environmental Management** 55: 279–295, 2015.
- GLASER, B.G.; STRAUSS, A.L. **The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research**. New York: Aldine Publishing Company, 272 pages, 1967.
- TAYLOR, E.L.S.; RESENDE-STOIANOFF, M.A.A.; FERREIRA, R.L. Mycological study for a management plan of a Neotropical show cave (Brazil). **International Journal of Speleology**, 42 (3): 267-277, 2013.

- TIBOR, H. Speleotherapy: a special kind of climatotherapy, its role in respiratory rehabilitation. **Disability Rehabilitation**, 8: 2, 90 – 92, 1986.
- VAN BEYNEN, P.E. **Karst management**. Netherlands: Springer, ISBN 978-94-007-1207-2, 2011.
- VAN BEYNEN, P.E.; BIALKOWSKA-JELINSKA, E. Human disturbance of the Waitomo catchment, New Zealand. **Journal of Environmental Management**, 130-140, 2012.
- VAN-BEYNEN, P.V.; TOWNSEND, K.A disturbance index for karst environments. **Environmental Management** 1(36):101–116, 2005.
- VAN-BEYNEN, P.; BRINKMANN, R.; VAN-BEYNEN, K. A sustainability index for karst environments. **Journal of Cave and Karst Studies** 2(74):221–234, 2012.
- VAR, T. Caving in **Encyclopedia of recreation and leisure in America** / Gary S. Cross, editor in chief. pages 149-151, ISBN 0-684-31450-9, Printed in the United States of America, 2004.
- WILSON, J.M. Recreational caving, in **Encyclopedia of Caves** edited by William B. White, David C. Culver pages 648, 2012.

Fluxo editorial:

Recebido em: 06.12.2018

Aprovado em: 10.02.2019



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp

ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DAS ASSEMBLEIAS DE MORCEGOS NA SERRA DE SÃO JOSÉ, MINAS GERAIS, BRASIL

STRUCTURE AND COMPOSITION OF BAT ASSEMBLAGES IN THE SERRA DE SÃO JOSÉ, MINAS GERAIS, BRAZIL

Bárbara Goulart Costa (1); Roberto Franco Junior (2); Jennifer de Sousa Barros (3); Marconi Souza Silva (1); Rodrigo Lopes Ferreira (1)

- (1) Centro de Estudos em Biologia Subterrânea, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras MG.
 (2) Prados Vertical Speleo, Consultoria Ambiental, Prados MG.
 (3) Laboratório de Ciência Aplicada à Conservação da Biodiversidade - Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife PE.

Contatos: baaarbara_3@hotmail.com.

Resumo

Morcegos compõem a segunda maior ordem entre os mamíferos. Devido à alta diversidade e às várias guildas tróficas encontradas na região tropical, desempenham importantes funções ecológicas, como polinização, dispersão de sementes e controle de pragas. Possuem alta plasticidade para utilizar ambientes, podendo ser encontrados tanto em fragmentos florestais, quanto em ambientes mais restritos, como as cavernas. O presente estudo traz o levantamento dos morcegos presentes em cavidades naturais subterrâneas e em um fragmento florestal do Refúgio de Vida Silvestre Libélulas da Serra de São José, localizado no sul de Minas Gerais, que conta com áreas de vegetação constituída por formações de Mata Atlântica, Campos Rupestres e Cerrado; e um carste formado por quartzito. Foram capturados 145 morcegos pertencentes a sete espécies representantes das famílias Phyllostomidae e Vespertilionidae. Nas cavernas foram capturados 84 morcegos de cinco espécies enquanto que no fragmento foram 61 indivíduos de quatro espécies. As cavernas podem atuar como ótimos abrigos para os morcegos, fornecendo proteção contra as temperaturas mais baixas características das altitudes elevadas, enquanto que o fragmento florestal, ainda que em fase de regeneração, serve de refúgio em meio à fragmentação das áreas de entorno da Unidade de Conservação.

Palavras-Chave: chiroptera; cavernas; Mata Atlântica; Unidades de Conservação.

Abstract

Bats make up the second largest order among mammals. Due to the high diversity and the various trophic guilds found in the tropical region, they play important ecological functions, such as pollination, seed dispersal and pest control. They have high plasticity to use environments, and can be found in forest fragments as well as in more restricted environments, such as caves. The present study surveyed the bats present in natural subterranean cavities and in a forest fragment of the Refúgio da Vida Silvestre Libélulas da Serra de São José, located in the south of Minas Gerais, which has areas of vegetation constituted by Atlantic Forest formations, Campos Rupestres and Cerrado; and a karst formed by quartzite. A total of 145 bats belonging to seven species of the families Phyllostomidae and Vespertilionidae were captured. In the caves were captured 84 bats of five species while in the fragment were 61 individuals of four species. So the caves can act as a good roost for the bats, providing protection against the lower temperatures characteristic of high altitudes, while the forest fragment, even in the regeneration phase, serves as a refuge amid the fragmentation of the surrounding areas of the Conservation Unit.

Key-Words: chiroptera; caves; Atlantic Forest; Conservation Units.

1. INTRODUÇÃO

Os morcegos pertencem à Ordem Chiroptera, que compreende a segunda maior entre os mamíferos em relação ao número de espécies (PAGLIA et al., 2012; NOGUEIRA et al., 2018). Tal ordem apresenta cerca de 1300 espécies

registradas no mundo e 182 no Brasil (NOGUEIRA et al., 2018). O sucesso evolutivo do grupo está associado a características como diversidade de hábitos alimentares, capacidade de vôo, variedade de estratégias reprodutivas e diferentes formas de exploração do espaço (OLIVEIRA, 2010).

Morcegos possuem grande potencial como indicadores de qualidade ambiental. Sendo assim, a avaliação das populações de morcegos encontrados em uma dada região é uma forma de verificar os níveis de perturbação daquela determinada área (PASSOS et al., 2003). Além disso, em função da elevada diversidade e das várias guildas tróficas encontradas no grupo na região tropical (insetívoros, nectarívoros, frugívoros, animalívoros, piscívoros e hematófagos), os quirópteros podem desempenhar importantes funções ecológicas, como a polinização, dispersão de sementes e o controle de pragas agrícolas (BERNARD, 2012).

Além de sua plasticidade trófica, os morcegos ainda possuem uma grande plasticidade em relação aos seus habitats, podendo ocupar uma variedade de abrigos (BERNARD, 2001). Assim, tais organismos podem ser encontrados tanto em fragmentos florestais quanto em ambientes mais restritos próximos a áreas de forrageio, como as cavernas.

Cavernas são habitats subterrâneos de grande importância biológica, pois possuem atributos bióticos e/ou abióticos de considerável relevância (TEIXEIRA-SILVA et al., 2016). No que tange aos morcegos, esses ambientes são considerados bons locais para repouso e reprodução, pois apresentam elevada estabilidade ambiental e fornecem proteção contra as adversidades climáticas e também contra outros mamíferos, aves ou artrópodes especializados, que possam funcionar como predadores, competidores ou parasitos (BREDET et al., 1999). Morcegos são um dos poucos vertebrados que frequentemente usam cavernas como abrigo, de modo eficiente e permanente (BREDET et al., 1999).

As cavernas são consideradas abrigos bastante vantajosos, pois uma única caverna pode oferecer uma enorme variedade de micro habitats (podendo apresentar escavações laterais, fendas nas paredes, concavidades no teto, etc), fornecendo abrigo para diversas espécies de morcegos com diferentes necessidades (ESBÉRARD et al., 2009). Tornando-se assim, refúgios essenciais para muitas espécies de morcegos, que por sua vez, contribuem na entrada de aporte energético nos ambientes subterrâneos, por meio da deposição de guano, o que permite a permanência de uma ampla gama de invertebrados (PELLEGRINI; FERREIRA, 2011).

No Brasil, um terço das cavernas registradas se encontra dentro de Unidades de Conservação (CECAV, 2017). No entanto, poucas foram criadas especificamente com o objetivo de proteger o patrimônio espeleológico (CECAV, 2013), que são áreas de alto interesse à exploração econômica, destacando-se as atividades de mineração (DE OLIVEIRA-GALVÃO, 2011). O estado de Minas

Gerais é o que possui maior número de cavernas registradas em seu território, com um total de 6.403 cavernas (CECAV, 2017). Entretanto, até 2013, o estado apresentava cerca de apenas 410 cavernas protegidas em um total de 23 Unidades de Conservação (UC's) de proteção integral (CECAV, 2013).

Apesar da importância dos morcegos em relação às cavernas (e vice-versa) existem poucos estudos sobre a quiróptero-fauna associada a esses ambientes em unidades de conservação (TRAJANO, 1984; SEKIAMA et al., 2001; ESBÉRARD, 2003; MARTINS et al., 2006). Além disso, os morcegos estão sujeitos a impactos oriundos do desmatamento e da fragmentação das áreas do entorno das cavernas, fazendo com que estudos que tratem da composição de morcegos em cavernas e fragmentos florestais sejam muito relevantes, uma vez que podem contribuir diretamente para o manejo e gestão de unidades de conservação. Adicionalmente, existe uma grande lacuna no conhecimento sobre a distribuição das espécies de morcegos de forma geral, sendo que grande parte do território brasileiro ainda não possui nenhum registro formal da ocorrência de morcegos (BERNARD, 2012).

2. OBJETIVO

O trabalho teve como objetivo realizar o primeiro levantamento de espécies de morcegos presentes no Refúgio Estadual da Vida Silvestre Libélulas da Serra de São José a fim de fornecer dados sobre a riqueza e diversidade de espécies da região e contribuir para futuras estratégias de manejo e conservação da Unidade.

3. MATERIAIS & MÉTODOS

Área de estudo

O Refúgio Estadual de Vida Silvestre Libélulas da Serra de São José, localizado no centro sul de Minas Gerais, nos municípios de Tiradentes, Santa Cruz de Minas, Prados, São João Del Rei e Coronel Xavier Chaves no estado de Minas Gerais, Brasil (21° 06,30' S e 44° 11,00' W) (Figura 1). Esta UC conta com uma área total de 371.700 ha, contemplando um afloramento rochoso de cerca de 12 km de extensão, e áreas de vegetação constituída por formações de Mata Atlântica, Campos Rupestres e Cerrado. Entretanto, a APA da Serra de São José vem sofrendo ocupação antrópica, desmatamentos, retirada de espécies nativas, incêndios florestais, atividades mineradoras e a expansão urbana (Figura 2) (CIRINO et al., 2008). Há anos a criação de gado no interior da APA tem sido um grande problema,

uma vez que a atividade que vem comprometendo a existência de uma grande variedade de ambientes juntamente com sua flora, fauna e recursos hídricos, (FABRANDT, 2000), porém, há uma tendência nos últimos anos, que visa à compra de terras, antes usadas para manejo de gado, e hoje destinadas para fins turísticos e recreativos, o que resulta em bons atos para as terras lindeiras a serra de São José, como por exemplo, a revegetação de áreas que eram destinadas ao pasto.

Além da diversificada composição de ambientes apresentados pela vegetação, o Refúgio também possui cavernas em suas formações rochosas. Segundo um estudo realizado recentemente, foram encontradas seis cavidades em seus domínios (TEIXEIRA-SILVA et al., 2016), na região conhecida como ‘Serra Nova’, que possui um carste constituído por quartzito (TEIXEIRA-SILVA et al., 2016).

A serra de São José como uma unidade geoambiental abrigava antes um ambiente costeiro, pretérito, porém não extinto, pois este ambiente hoje está fossilizado e preservado em deposições distintas que são subdivididas em seis sequências,

constituíntes da mega sequência de São João Del Rei (Figura 3). São elas: Psjr6, Quartzitos, quartzitos seixosos e metaconglomerados quartzolíticos; Psjr5, Quartzitos finos; Psjr4, Metapelitos; Psjr3, Quartzitos, metapelitos e metacalcários estromatolíticos da sequência Tejuco; Psjr2, Quartzitos da sequência São José; Psjr1, Quartzitos e metaconglomerado da sequência Tiradentes. Até o presente momento, o esforço de prospecção na serra de São José se deparou com cavidades desenvolvidas somente na sequência Tiradentes (Psjr1), sendo esta, fortemente fraturadas pelos movimentos crustais associados à formação do Cratón São Francisco.

Assim, as cavernas encontram-se localizadas na face nordeste da Serra, sendo que quatro possuíam condições seguras para acesso e amostragem dos morcegos, de maneira que as outras duas não foram incluídas no estudo. Enquanto que a amostragem do fragmento florestal, localizado na face sul, foi possível apenas por meio de trilhas pré-existentes. A altitude na região varia entre 840 e 1440 metros.

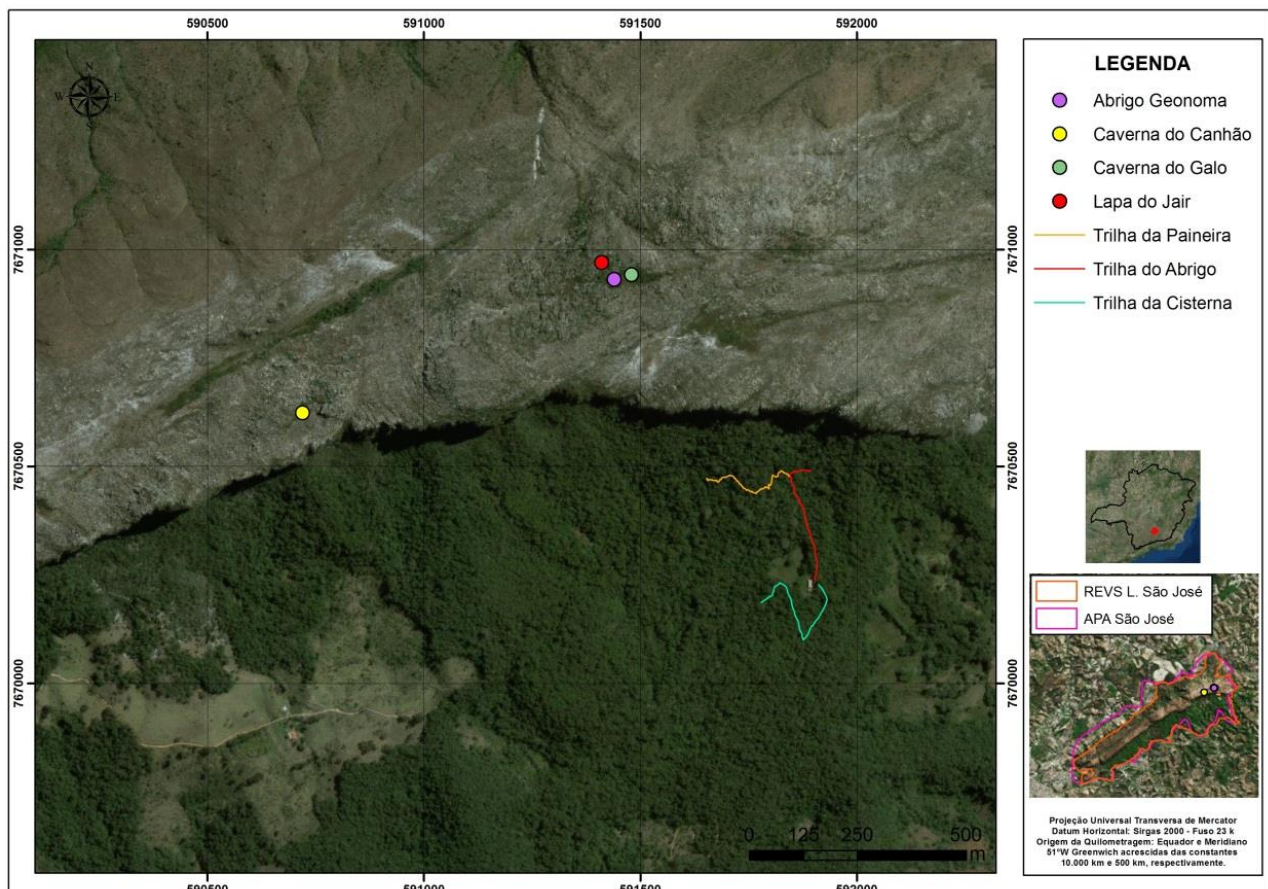


Figura 1: Mapa de localização do Refúgio Estadual da Vida Silvestre Libélulas da Serra de São José e localização das cavidades e trilhas amostradas na Unidade.

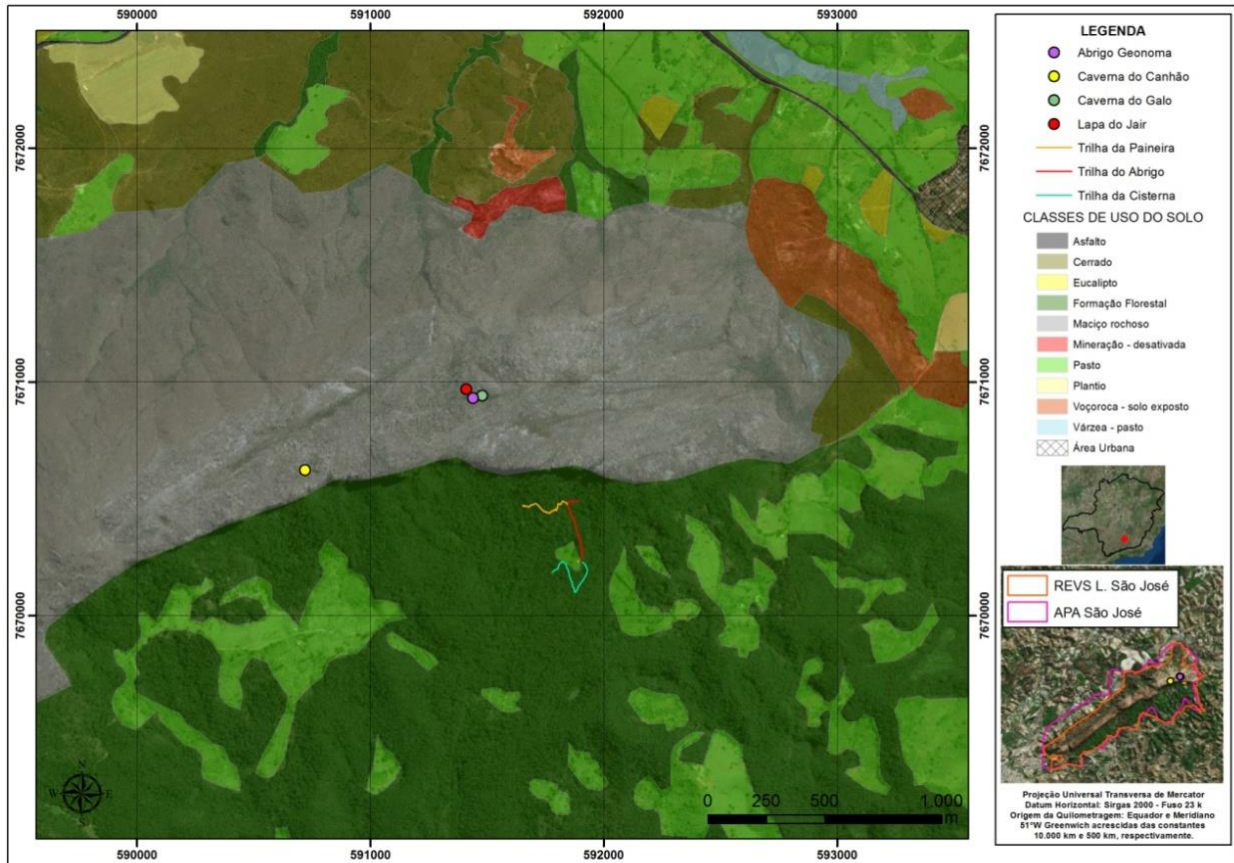


Figura 2: Mapa de uso do solo na porção leste da serra de São José.

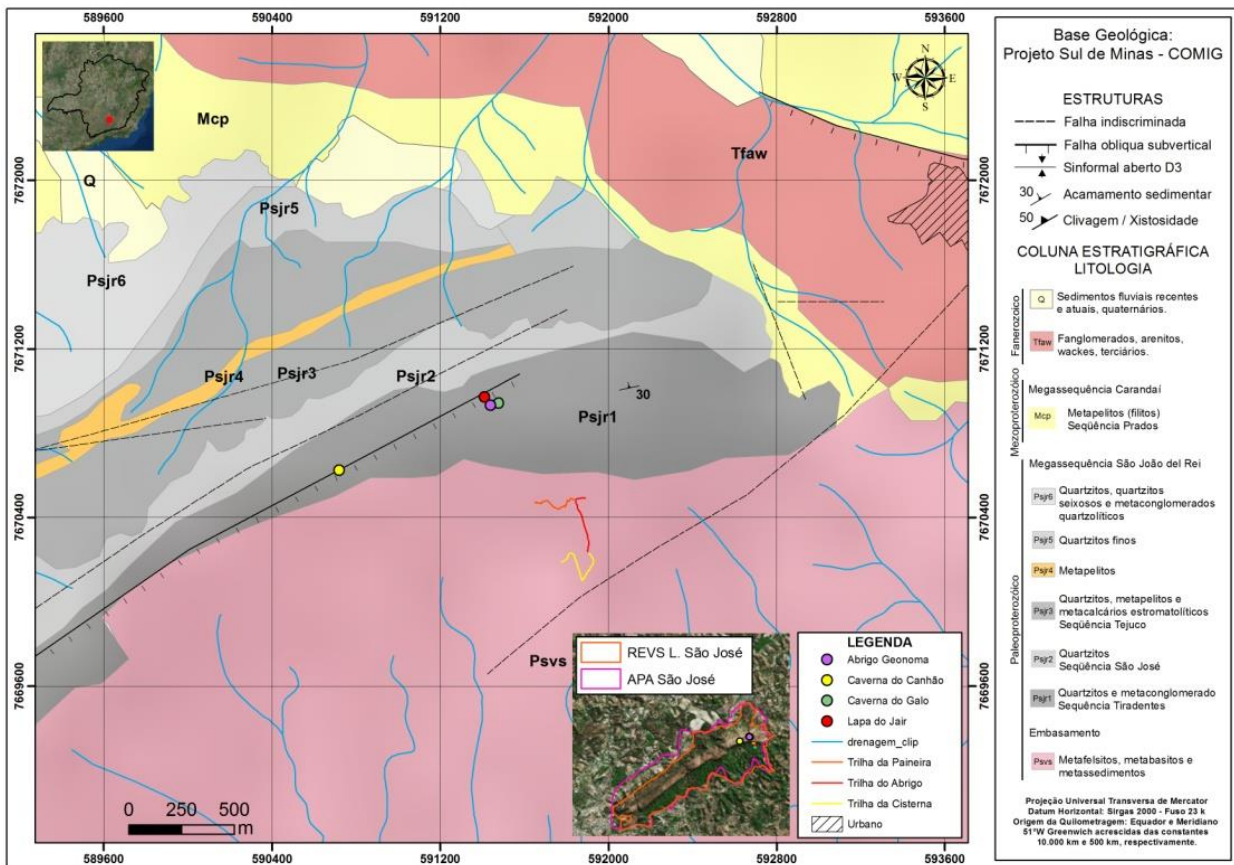


Figura 3: Mapa Geológico da porção leste da serra de São José. (Folha SF-23-X-C-II - Folha São João Del Rei – COMIG, 2003)

Aa

O clima da região enquadra-se no tipo subtropical moderado úmido, também chamado tropical de altitude, com temperatura média dos meses mais quente e mais frio sendo de 22°C e de 15°C, respectivamente (SILVA et al., 2004). Apresenta duas estações bem definidas, com a precipitação média anual em torno de 1.500mm (SILVA et al., 2004).

Captura e Coleta da Quiropterofauna

Foram realizadas duas amostragens para captura dos morcegos, (uma em setembro de 2017 e outra em maio de 2018). Cada caverna foi amostrada por duas noites (uma em cada campanha), enquanto que no fragmento florestal foram realizadas três noites de captura, em três trilhas distintas para abranger uma maior área amostral.

Foi realizada uma observação diurna em cada caverna para levantamento prévio das espécies. A captura noturna foi realizada com redes de neblina (mist-nets), expostas na entrada das cavernas, e em meio à floresta por um período de seis horas a partir do pôr-do-sol. O número de redes foi definido de acordo com o número e extensão das entradas das cavernas. Nas trilhas amostradas em meio ao fragmento florestal, o número de redes variou entre seis e oito redes de tamanhos entre sete e 12 metros. O tamanho e número de redes nas trilhas foram adequados para cobrir toda a extensão das trilhas

que juntas somavam um percurso de em torno um quilometro de extensão.

Identificação

Os morcegos capturados foram identificados em nível de espécie, com o auxílio de chaves de identificação (GARDNER, 2008; DIAZ et al., 2016). Em seguida, foram feitas marcações temporárias em suas asas, sendo os indivíduos posteriormente fotografados e soltos (Figura 4). As marcações foram realizadas para identificar possíveis recapturas. Espécimes testemunho e aqueles de difícil identificação (apenas por medidas do crânio) foram coletados, fixados em formol e foram depositados em via líquida (álcool) na Coleção de Mamíferos da UFLA (CMUFLA) (Material Suplementar).

Análise de dados

O esforço amostral foi calculado conforme Straube & Bianconi (2002): esforço amostral = área da rede x tempo de exposição x número total de redes (Tabela 1). As taxas de captura e de riqueza foram calculadas a partir da razão entre o número de indivíduos/riqueza e o esforço amostral (Tabela 1). As taxas de captura e de riqueza permitem a comparação dos resultados obtidos com outros estudos, pois consideram o esforço amostral despendido em cada estudo.



Figura 4: Métodos: A e B - Identificação. C - Medidas morfométricas. D – Marcação. Fotos: Roberto Franco

Tabela 1: Cavernas e trilhas do fragmento florestal, amostrados no Refúgio das Libélulas da Serra de São José, em setembro de 2017 e maio de 2018. São apresentadas as coordenadas de localização, o esforço amostral, abundância, riqueza e as taxas de capturas e riqueza.

LOCAL	COORDENADA	ESFORÇO AMOSTRAL (m ² .h)	ABUNDÂNCIA (n)	TAXA DE CAPTURA (mor/m ² .h)	RIQUEZA	TAXA DE RIQUEZA (esp/m ² .h)
Gruta do Canhão	21°3'46.98"S 44°7'37.45"O	180	7	0,0388	3	0,0166
Caverna do Galo	21°3'35.66"S 44°7'10.53"O	180	5	0,0277	3	0,0166
Abrigo Geonoma	21°3'36.57"S 44°7'10.45"O	180	1	0,0055	1	0,0055
Lapa do Jair	21°3'35.60"S 44°7'12.33"O	2100	71	0,0338	1	0,0004
Trilha da Cisterna	21°3'60.00"S 44°6'54.64"O	9720	18	0,0018	3	0,0003
Trilha do Abrigo	21°3'58.47"S 44°6'55.12"O	9240	37	0,0040	4	0,0004
Trilha da Paineira	21°3'51.31"S 44°6'58.10"O	4185	6	0,0014	1	0,0002

O sucesso da amostragem foi avaliado a partir da curva de acumulação de espécies, sendo baseada no número cumulativo de capturas. O número de espécies esperado foi calculado a partir do estimador de riqueza não-paramétrico Jackknife de primeira ordem, que foi escolhido por levar em consideração as espécies raras (MAGURRAN, 2011) e por apresentar menor desvio padrão quando comparado a outros índices (SANTOS, 2003). Os valores da curva de acumulação e a riqueza estimada foram obtidos pelo programa EstimateS 9.1.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O esforço amostral total foi de 25.785 m²/h. Foram capturados 145 morcegos, pertencentes a sete espécies (Figura 5): *Desmodus rotundus* (É. Geoffroy, 1810) (n=90), *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758) (n=27), *Sturnira lilium* (É. Geoffroy, 1810) (n=21), *Chrotopterus auritus* (Peters, 1856) (n=2), *Anoura caudifer* (É. Geoffroy, 1818) (n=2), *Myotis nigricans* (Schinz, 1821) (n=2) e *Myotis levis* (I. Geoffroy, 1824) (n=1). Entre as trilhas do fragmento florestal e as

cavernas o esforço variou de 180 m².h a 9720 m².h (Tabela 2). Foram 61 indivíduos capturados no fragmento florestal, e 84 nas cavernas, destes 86 eram machos e 59 eram fêmeas, sendo 33 fêmeas e 28 machos no fragmento, e 58 machos e 26 fêmeas nas cavernas (Figura 6).

A curva de acumulação de espécies não demonstrou estar próxima da assíntota (Figura 7), sendo que o número de espécies esperado para amostra geral seria nove, segundo o estimador de riqueza Jackknife (Figura 7). Assim, a amostragem registrou 77% da riqueza estimada para a região. E embora essa porcentagem seja considerável, a curva de acumulação demonstra que com um esforço amostral maior seria possível registrar ainda mais espécies. Desta forma, amostragens futuras incluindo a estação chuvosa poderão contribuir para o aumento da riqueza encontrada na região. Considerando as cavernas e o fragmento florestal separadamente, o número de espécies esperado seria de oito espécies para as cavernas e cinco espécies para as trilhas, sendo assim, a riqueza observada representou respectivamente 62% e 80% da riqueza esperada para cada área.

Tabela 2: Abundância e distribuição de espécies de morcegos nas cavernas e nas trilhas no fragmento florestal amostrados no REVS Libélulas da Serra de São José.

Família	Espécies	Abund. Total	Lapa do Jair	Caverna do Galo	Abrigo Geonoma	Gruta do Canhão	Trilha do Abrigo	Trilha Paineira	Trilha Cisterna
PHYLOSTOMIDAE	<i>Desmodus rotundus</i>	90	71	3		1	9		6
	<i>Carollia perspicillata</i>	27				4	9	6	8
	<i>Sturnira lilium</i>	21					17		4
	<i>Anoura caudifer</i>	2		1	1				
	<i>Chrotopterus auritus</i>	2				2			
VESPRTLIONIDAE	<i>Myotis nigricans</i>	2					2		
	<i>Myotis levis</i>	1		1					



Figura 5. Espécies registradas no REVS Libélulas da Serra de São José: A -*Sturnira lilium*; B - *Chrotopterus auritus*; C - *Anoura caudifer*; D - *Carollia perspicillata*; E - *Myotis nigricans*; F - *Myotis levis*; G - *Desmodus rotundus*.
Fotos: Roberto Franco e Rodrigo Souza

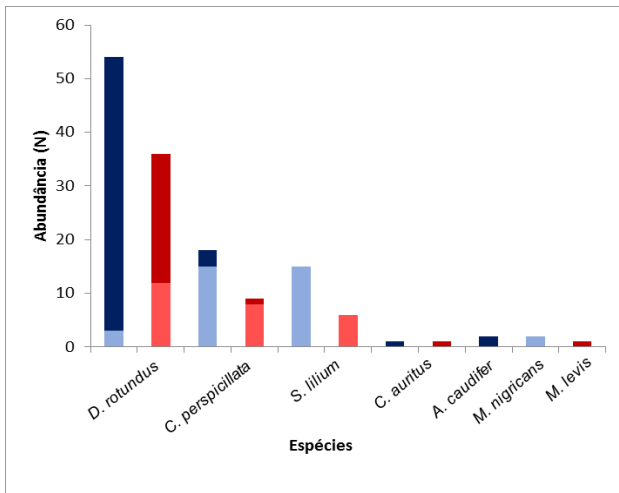


Figura 6: Número de machos (em azul) e fêmeas (em vermelho) de cada espécie encontrada no fragmento florestal (cores claras) e nas cavernas (cores escuras) amostrados no REVS Libélulas da Serra de São José. *A. caudifer* e *M. nigricans* foram representados apenas por machos, enquanto que *M. levis* apenas por uma fêmea, as outras quatro espécies tiveram indivíduos de ambos os sexos capturados.

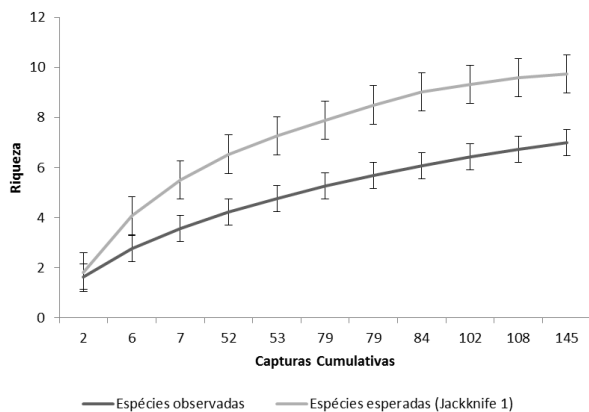


Figura 7: Curva de acumulação de espécies de morcegos capturados nas na região do REVS Libélulas da Serra de São José, levando em consideração o número de espécies capturadas e estimadas (Jackknife1).

A predominância de espécies de filostomídeos no estudo pode ser decorrente da elevada riqueza encontrada nessa família, uma vez que são os mais diversos na região Neotropical (NOGUEIRA et al., 2018). A ausência ou baixa diversidade de outras famílias, como Molossidae e Vespertilionidae, pode ser consequência de sua maior capacidade para detectarem as redes, pois estas espécies voam muito acima do nível do chão e possuem maior acuidade no sonar (GONÇALVES et al., 2004).

Estudos indicam a existência de associações entre o alto número de filostomídeos a baixos níveis de alteração ambiental (BIANCONI, 2009). Porém, a abundância elevada (80% da amostra) das espécies *Desmodus rotundus* e *Carollia perspicillata* geralmente está associada à habitats mais

degradados, uma vez que *Carollia perspicillata* é uma espécie considerada generalista (PAROLIN, 2012), se alimentando de uma maior variedade de alimentos e *Desmodus rotundus*, por ser uma espécie hematófaga, se beneficia principalmente de regiões influenciadas pela pecuária (GOMES et al., 2007). Além disso, estudos indicam a preferência de *D. rotundus* por cavernas, quando localizados perto de regiões com desenvolvimento de atividades agropecuárias (DE ALMEIDA, 2000).

Desmodus rotundus foi de fato a espécie mais abundante no estudo, representando 62% dos indivíduos capturados, o que corrobora estudos sobre a preferência da espécie, uma vez que as atividades agropecuárias na região são bastante desenvolvidas. Embora se trate de uma unidade de conservação, foi possível observar a presença de vacas e cavalos dentro dos limites do Refúgio (Figura 8), em áreas relativamente próximas às cavernas, o que pode favorecer a manutenção das populações da espécie hematófaga (GOMES & UIEDA, 2004; GOMES, 2007).

As transformações decorrentes das pressões antrópicas podem modificar as condições ótimas para a sobrevivência e reprodução de muitas espécies, o que pode conduzir à perda de biodiversidade e desequilíbrio dos ecossistemas naturais (MEDINA et al., 2017). Essa situação torna-se agravante quando isso ocorre em Unidades de Conservação, que supostamente deveriam ser áreas protegidas e livre de impactos. Assim, contínuas atividades fiscalizadoras são de extrema importância para garantir a manutenção do equilíbrio ecossistêmico em Unidades de Conservação. Neste sentido destaca-se a necessidade de maior fiscalização dentro dos limites do REVS Libélulas da Serra de São José, a fim de impedir que o gado das propriedades de entorno não permaneça e afete a biodiversidade na Unidade.

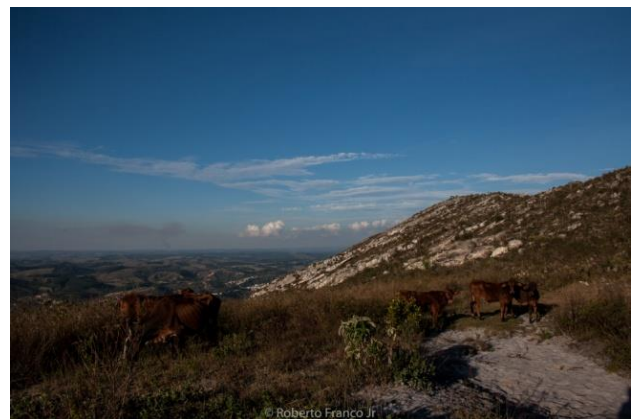


Figura 8: Vacas presentes e vagando livremente no topo da serra de São José. Platô localizado acima das cavernas do Canhão e Lapa do Jair. Foto: Roberto Franco.

Considerando apenas as cavernas, a taxa de captura variou entre 0,005 e 0,033 mor/m².h (Tabela 1), sendo capturados 84 indivíduos pertencentes a cinco espécies: *Desmodus rotundus*, *Carollia perspicillata*, *Chrotopterus auritus*, *Anoura caudifer* e *Myotis levis*. A caverna com maior número de capturas foi a Lapa do Jair, que representou 81,6% das capturas nas cavernas, seguida pelas Cavernas do Canhão, do Galo e Abrigo Geonoma (Tabela 1).

A abundância na Lapa do Jair foi toda representada por *D. rotundus*. Apesar de sua relação com cavernas, já mencionada anteriormente, indivíduos dessa espécie quando fora do período reprodutivo não são considerados fiéis a um abrigo específico, possuindo grande versatilidade adaptativa para utilizar diferentes abrigos (LEWIS, 1995; SANTANA, 2012). No entanto, colônias maternidade, como parece ser o caso da Lapa do Jair (foram observadas fêmeas com filhotes e alguns jovens foram capturados), tendem a ser fiéis a um determinado lugar que apresente melhor custo benefício, tais como ausência de predadores, parasitas e microclima mais ameno (LEWIS, 1995). Estudos indicam que fatores como temperatura, umidade e características do teto podem influenciar a abundância de determinadas espécies nas cavernas (PEREIRA, 2018), entretanto no presente estudo não foram mensurados tais parâmetros, de forma que sugere-se a realização de estudos futuros sobre a ecologia dos morcegos presentes nas cavernas nesta UC.

No fragmento florestal foram capturados 61 morcegos: A trilha com maior número de indivíduos foi a do Abrigo, representando 60,6% das capturas no fragmento florestal, seguida pelas trilhas da Cisterna e da Paineira, respectivamente (Tabela 1). Foram registradas quatro espécies: *D. rotundus*, *C. perspicillata*, *Sturnira lilium* e *Myotis nigricans* (Tabela 1). *C. perspicillata* e *S. lilium* foram as mais abundantes no fragmento florestal, tais espécies são frugívoras que utilizam o sub-bosque para se alimentar e assim geralmente são facilmente capturadas em redes de neblina (CALOURO et al., 2010). Além disso, *C. perspicillata* é uma espécie generalista, que se beneficia em ambientes ricos de espécies pioneiras (CALOURO et al., 2010; PAROLIN, 2012), como no caso da região florestal amostrada.

O esforço amostral total (25.785 m²/h) foi relativamente baixo e resultou em uma taxa de riqueza de 0,0002 esp/m².h, valor menor do que o encontrado em outros estudos realizados também em áreas protegidas, que apresentaram taxas variando de 0,004 esp/m².h, a 0,064 esp/m² (GUEDES et al., 2000; RODRIGUES et al., 2002; MARTINS et al.,

2006). Entretanto, o estudo de Brito e Bocchiglieri (2012) realizado no Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco, localizado em Sergipe, também em áreas de Mata Atlântica, porém com um esforço amostral ainda menor (21.168 m².h), encontrou um total de 14 espécies, totalizando uma taxa de riqueza de 0,0006 esp/m².h.

Desta maneira, a baixa riqueza encontrada no presente estudo pode estar relacionada a outros fatores além do baixo esforço amostral. A área estudada se trata de uma floresta secundária ainda em processo de recuperação, onde no passado se encontrava uma importante propriedade rural, a fazenda Ponta do Morro (MPMG), dominada principalmente por pastagens. Em comparação com outro estudo em floresta secundária, feito em uma área de Mata Atlântica regenerada, localizada na cidade do Rio de Janeiro, foram encontradas taxas de riqueza semelhantes, correspondentes a 0,0003 esp/m².h (ESBÉRARD, 2009). Apesar da riqueza de espécies do estudo citado ter sido muito maior (40 espécies), o esforço amostral despendido foi também consideravelmente maior, 119.519 m².h.

Outro fator que pode ter influenciado a riqueza é a altitude. Diversas características ambientais podem variar de acordo com a altitude, podendo influenciar na distribuição das espécies (CURRAN, 2012; COELHO, 2016). Estudos têm mostrado que a altitude é um dos fatores que influenciam a comunidade de morcegos, aumentando ou reduzindo de acordo com o gradiente altitudinal (JABERG; GUIBAN, 2001; CURRAN, 2012; COELHO, 2016). As características do habitat, fatores abióticos e disponibilidade de recursos são determinantes para a riqueza de espécies ao longo do gradiente altitudinal (ESBÉRARD, 2004; MORAS et al., 2013; COELHO, 2016).

Regiões que compreendem variações de altitude apresentam, em geral, uma heterogeneidade de habitats e de condições climáticas ao longo de pequenas extensões espaciais (SANDERS; RAHBEK, 2012). Assim, tais regiões tendem a apresentar uma maior riqueza em altitudes intermediárias, e uma riqueza mais baixa nas altitudes elevadas. No Brasil existem poucos trabalhos que avaliam a diversidade de morcegos em relação às variações altitudinais (ESBÉRARD; 2004; MORAS et al., 2013; COELHO, 2016). Em um estudo recente, no Parque Estadual do Rio Preto, Minas Gerais, localizado na Serra do Espinhaço, Coelho (2016) encontrou uma maior riqueza no gradiente intermediário da serra, entre 1000 – 1200 metros (15 espécies). No presente estudo, as altitudes variaram de 1189 metros a 1263 metros nas

trilhas do fragmento florestal e de 1306 metros a 1348 metros nas cavernas. De forma geral a diferença entre as altitudes amostradas não é tão discrepante, no entanto, as cavernas, que se localizam na parte de maior altitude da Serra, apresentaram maior riqueza e abundância de espécies, em comparação com as trilhas. Tal fato não era esperado, mas pode estar relacionado com a amostragem direcionada realizada nas cavernas, visto que os morcegos são capturados na saída de seus abrigos, enquanto os fragmentos são áreas mais amplas e heterogêneas. Além disso, isso pode indicar o importante papel das cavernas como abrigo, uma vez que estas oferecem estabilidade e proteção contra adversidades climáticas (ESBÉRARD, 2009; CAJAIBA, 2014), permitindo que, mesmo nas temperaturas mais baixas proporcionadas pelas altas altitudes, os morcegos consigam se estabelecer nessas regiões.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo é a primeira contribuição para o conhecimento sobre os morcegos da região da Serra de São José. E embora seja uma modesta contribuição, o trabalho reforça o alto potencial das cavernas como abrigo e proteção para espécies de morcegos em altitudes elevadas e ressalta mais uma vez a importância de estudos detalhados acerca dos ambientes subterrâneos, visando um maior entendimento de como os morcegos se relacionam com as cavernas. Destaca-se ainda a necessidade de estudos futuros na região que considerem a relação das comunidades de morcegos e as áreas de regeneração florestal, uma vez que tais áreas tornam-se importantes refúgios para a biodiversidade em meio à crescente fragmentação do meio ambiente de entorno. Além disso, sugere-se um aumento na fiscalização dentro da UC, para minimizar os efeitos negativos que a presença do gado tende a causar sobre o ecossistema. Assim, os

dados obtidos no estudo servem de base para estudos futuros, uma vez que ainda há muito para se entender a respeito da quiropterofauna no Refúgio Estadual de Vida Silvestre Libélulas da Serra de São José, incluindo pesquisas com maiores esforços amostrais, monitoramentos de longo prazo que possam acompanhar o desenvolvimento da floresta secundária e estudos que avaliem a riqueza e diversidade ao longo do gradiente altitudinal da Serra.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Estadual de Floresta e Instituto Chico Mendes de Biodiversidade, pelas licenças de coleta (IEF: 033/2017 e ICMBIO: 56654-1)

À empresa Vale pela bolsa de iniciação científica concedida. Além disso, o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, através de uma bolsa de mestrado.

A toda equipe de campo (Ana Carolina Martins, Débora Morgan, Rafael Cardoso, Roberta Cerqueira, Roberto Franco, Rodrigo Meireles e Rodrigo Souza) por toda ajuda na execução do projeto, sem os quais não seria possível a realização.

Agradecemos ao Prof. Dr. Renato Gregorin pela identificação das espécies do gênero *Myotis* e pelo tombo dos espécimes coletados, na Coleção de Mamíferos da UFLA.

Agradecemos ao Roberto Franco pela confecção do mapa e pelas fotos de todo o trabalho. Ao Rodrigo Meireles pelo pequeno documentário produzido sobre o projeto (<https://youtu.be/wplA8XEeR4A>) e ao Rodrigo Souza pelas fotos dos morcegos.

REFERÊNCIAS

- BERNARD, E. Vertical stratification of bat communities in primary forest of Central Amazon, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, n. 1, p. 115-126, 2001.
- BERNARD, E. Uma análise de horizontes sobre a conservação de morcegos no Brasil. **Mamíferos do Brasil: genética, sistemática, ecologia e conservação**, v. 2, p. 19- 35, 2012.
- BIANCONI, G.V. **Morcegos frugívoros no uso do hábitat fragmentado e seu potencial para recuperação de áreas degradadas: subsídios para uma nova ferramenta voltada à conservação**. 2009.97 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro.
- BREDT, A.; UIEDA, W.; MAGALHÃES, E.D. Morcegos cavernícolas da região do Distrito Federal, centro-oeste do Brasil (Mammalia, Chiroptera). **Revista Brasileira de Zoologia**, p. 731-770, 1999.

- BRITO, D.V.; BOCCHIGLIERI, A. Bats community (Mammalia, Chiroptera) in Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco, Sergipe, North eastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 3, p. 254-262, 2012.
- CAJAIBA, R.L. Morcegos (Mammalia, Chiroptera) em cavernas no município de Uruará, Pará, norte do Brasil. **Biota Amazônia**, v. 4, n. 1, p. 81-86, 2014.
- CALOURO, A.M.; DE ARAÚJO SANTOS, F. G.; DE LIMA FAUSTINO, C.; DE SOUZA, S. F.; LAGUE, B. M.; DA SILVA, R. M. T. & DE OLIVEIRA CUNHA, A.. Riqueza e abundância de morcegos capturados na borda e no interior de um fragmento florestal do estado do Acre, Brasil. **Biotemas**, v. 23, n. 4, p. 109-117, 2010.
- CECAV (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas). **Oficina de Áreas Prioritárias para a Conservação do Patrimônio Espeleológico**. 2013. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/projetos-e-atividades/PAN/PAN_Cavernas_São_Francisco_relatorio_final_oficina_areas_prioritarias_15ago2013-cor1.pdf. Acesso em: 29/11/2018
- CECAV (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas). **Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas**. 2017. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>. Acesso em: 29/11/2018
- CIRINO, J. F.; LIMA, J. E. Valoração contingente da Área de Proteção Ambiental (APA) São José - MG: um estudo de caso. **Revista Economia e Sociedade**. Brasília, v.46, n.3, p.647-672, Set. 2008.
- COELHO, E. R. **Morcegos do Parque Estadual do Rio Preto, MG: estrutura da comunidade e variação altitudinal**. 2016. 49 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Biomas Tropicais) - Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto.
- COMIG – UFMG – UFRJ - UERJ. **Mapa Geológico Projeto Sul de Minas**. Etapa I, Folha São João Del Rei, SF-23-X-C-II. Convênio; 2003.
- CURRAN, M. Species diversity of bats along an altitudinal gradient on Mount Mulanje, southern Malawi. **Journal of Tropical ecology**, v. 28, n. 3, p. 243-253, 2012.
- DE ALMEIDA, E. O. **Combate ao *Desmodus rotundus* (E. Geoffroy, 1810) na região cárstica de Cordisburgo e Curvelo, Minas Gerais, Brasil**. 2000. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- DE OLIVEIRA-GALVÃO, A.C. **O uso do geoprocessamento como ferramenta de apoio ao cadastramento e caracterização geoambiental de cavernas pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas-CECAV**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 15, p. 3687-3694, 2011.
- DIAZ, M.; SOLARI, S.; AGUIRRE, L.F.; AGUIAR, L.M.S.; BARQUEZ, R.M. **Clavee de identificacion de los murciélagos de Sudamerica**. Publicacions especial n 2, PCMA (Programa de Conservación de los Murciélagos de Argentina), 2016.
- ESBÉRARD, C.E.L. Diversidade de morcegos em área de Mata Atlântica regenerada no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 5, n. 2, 2003.
- ESBÉRARD, C. E. L. **Morcegos no estado do Rio de Janeiro**. Dissertação De Doutorado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.
- ESBÉRARD, C.E.L. Diversidade de morcegos em área de Mata Atlântica regenerada no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 5, n. 2, 2009.

- ESBÉRARD, C. E.L.; MOTTA, J.A.; PERIGO, C. Morcegos cavernícolas da Área de Proteção Ambiental (APA) Nascentes do Rio vermelho, Goiás. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 7, n. 2, 2009.
- Fundação Alexander Brandt – FABRANDT. **Zoneamento Ecológico-Econômico da Área de Proteção Ambiental (APA) São José, MG**. Belo Horizonte: Convênio FNMA/FABRANDT (008/98), 2000. 117 p
- GARDNER, Alfred L. (Ed.). **Mammals of South America, volume 1: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats**. University of Chicago Press, 2008.
- GOMES, M.N; UIEDA, W. Abrigos diurnos, composição de colônias, dimorfismo sexual e reprodução do morcego hematófago *Desmodus rotundus* (E. Geoffroy) (Chiroptera, Phyllostomidae) no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, p. 629-638, 2004.
- GOMES, M.N. Áreas propícias para o ataque de morcegos hematófagos *Desmodus rotundus* em bovinos na região de São João da Boa Vista, Estado de São Paulo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 27, n. 7, p. 307-313, 2007.
- GONÇALVES, E.; GREGORIN, R. Quirópteros da Estação Ecológica da Serra das Araras, Mato Grosso, Brasil, com o primeiro registro de *Artibeus gnomus* e *A. anderseni* para o Cerrado. **Lundiana**, p. 143-149, 2004.
- GUEDES, P. G.; SILVA, S. D.; CAMARDELLA, A. R.; ABREU, M. D.; BORGES-NOJOSA, D. M.; SILVA, J. D., & SILVA, A. A. Diversidade de mamíferos do Parque Nacional de Ubajara (Ceará, Brasil). **Mastozoologia Neotropical**, v. 7, n. 2, p. 95-100, 2000.
- JABERG, C.; GUIBAN, A. Modelling the distribution of bats in relation to landscape structure in a temperate mountain environment. **Journal of Applied Ecology**, v. 38, n. 6, p. 1169-1181, 2001.
- LEWIS, S.E. Roost fidelity of bats: a review. **Journal of Mammalogy**, v. 76, n. 2, p. 481-496, 1995.
- MAGURRAN, A.E. **Medindo a Diversidade Biológica**. Curitiba: Editora da UFPR, v. 261, 2011.
- MARTINS, A.C.M.; BERNARD, E.; GREGORIN, R. Inventários biológicos rápidos de morcegos (Mammalia, Chiroptera) em três unidades de conservação do Amapá, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 4, p. 1175- 1184, 2006.
- MEDINA, A.; HARVEY, C.; SÁNCHEZ, D.; VILCHEZ, S.; & HERNÁNDEZ, B. Diversidad y composición de Chiropteros em um paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua. **Encuentro**, (68), 24-43. 2017.
- MORAS, L. M.; de OLIVEIRA BERNARD, L. F.; GRACIOLLI, G.; & GREGORIN, R. Bat flies (Diptera: Streblidae, Nycteribiidae) and mites (Acari) sociated with bats (Mammalia: Chiroptera) in a high-altitude region in southern Minas Gerais, Brazil. **Acta Parasitologica**, v. 58, n.4, p. 556-563, 2013
- MPMG. **Fazenda Ponta do Morro, Prados**. Disponível em: http://patrimoniocultural.blog.br/patrimoniocultural_inconfidente/fazenda-ponta-do-morro/ Acesso em: 16 de junho de 2018
- NOGUEIRA, M.R.; LIMA, I.P.; GARBINO, G.S.T.; MORATELLI, R.; TAVARES, V.C.; GREGORIN, R.; PERACCHI, A.L. **Updated Check list of Brazilian Bats: version 2018.1**. Comitê da Lista de Morcegos do Brasil—CLMB. Sociedade Brasileira para o Estudo de Quirópteros (SBEQ). <http://www.sbeq.net/updatelist>. Acessado em: 29/11/2018
- OLIVEIRA, N. **Estrutura de comunidade, reprodução e dinâmica populacional de morcegos (Mammalia, Chiroptera) na Reserva Natural do Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná**. 2010. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná. Paraná

- PAGLIA, A. P.; DA FONSECA, G. A.; RYLANDS, A. B.; HERMANN, G.; AGUIAR, L. M.; CHIARELLO, A. G. & MENDES, S. L. **Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil 2ª Edição**. Occasional papers In Conservation Biology, 6, 76. 2012.
- PAROLIN, L.C.; MIKICH, S.B.; BIANCONI, G.V. **Dieta frugívora dos gêneros de morcegos *Artibeus*, *Carollia* e *Sturnira* (Phyllostomidae, Chiroptera) ao longo de sua distribuição geográfica**. Evento de Iniciação Científica da Embrapa Florestas, 2012.
- PASSOS, F. C.; SILVA, W. R., PEDRO, W. A., & BONIM, M. R. Frugivoria em morcegos (Mammalia, Chiroptera) no Parque Estadual Intervales, sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 511-517. 2003.
- PELLEGRINI, T.G.; FERREIRA R.L. **Relações de presa-predador de uma comunidade de invertebrados associados a um grande depósito de guano**. In: 31º Congresso Brasileiro de Espeleologia, Ponta Grossa - PR, Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2011. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anais31cbe/31cbe_421-426.pdf
- PEREIRA, J. de S. B. **Ecologia e conservação de morcegos (Chiroptera) em cavernas no Sudeste do Tocantins, Brasil**. 2018. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- RODRIGUES, F. H.; SILVEIRA, L.; JÁCOMO, A. T.; CARMIGNOTTO, A. P.; BEZERRA, A. M.; COELHO, D. C.; & HASS, A. Composição e caracterização da fauna de mamíferos do Parque Nacional das Emas, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 2, p. 589-600, 2002.
- SANDERS, N.J.; RAHBEK, C. The patterns and causes of elevational diversity gradients. **Ecography**, v. 35, n. 1, p. 1-3, 2012.
- SANTANA, A.P.L. **Controle da população de morcego hematófagos na região de Andradina, São Paulo**. 2012. 50 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária. São Paulo.
- SANTOS, A. **Estimativas de riqueza em espécies**. Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre, UFPR, Curitiba, p. 19-41, 2003.
- SEKIAMA, M. L., REIS, N. R. D., PERACCHI, A. L., & ROCHA, V. J. Morcegos do Parque Nacional do Iguaçu, Paraná (Chiroptera, Mammalia). **Revista Brasileira de Zoologia**, 18(3), 749-754, 2001.
- SILVA, A. C., VIDAL-TORRADO, P., MARTINEZ CORTIZAS, A., & GARCIA-RODEJA, E. Solos do topo da Serra São José (Minas Gerais) e suas relações com o paleoclima no Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, 2004.
- STRAUBE, F.C.; BIANCONI, G.V. Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimar esforço de captura com utilização de redes-de-neblina. **Chiroptera Neotropical**, v. 8, n. 1-2, p. 150-152, 2014.
- TEIXEIRA-SILVA, R.; CARDOSO, R.C.; FRANCO JR, R. **Prospecção de cavernas em rochas quartzíticas encontradas dentro dos limites de duas unidades de conservação do estado de Minas Gerais – APA São José e REVS Libélulas da Serra de São José**, Em: II Semana Acadêmica da Geografia, UFSJ, 2016.
- TRAJANO, E. Ecologia de populações de morcegos cavernícolas em uma região cárstica do sudeste do Brasil. **Revista brasileira de Zoologia**, v. 2, n. 5, p. 255-320, 1984.

ANEXO: MATERIAL SUPLEMENTAR

Lista de espécimes coletados, sua destinação e seu número de tomo.

Caverna	Município	Espécie	Tomo	Instituição
Gruta do Galo	Prados	<i>Myotis nigricans</i>	CMUFLA 3266	UFLA
Caverna Geonoma	Prados	<i>Anoura caudifer</i>	CMUFLA 3264	UFLA
Gruta do Galo	Prados	<i>Desmodus rotundus</i>	CMUFLA 3263	UFLA
Lapa do Jair	Prados	<i>Desmodus rotundus</i>	CMUFLA 3262	UFLA
Trilha do Abrigo	Prados	<i>Carollia perspicillata</i>	CMUFLA 3261	UFLA
Trilha da Cisterna	Prados	<i>Sturnira lilium</i>	CMUFLA 3265	UFLA
Trilha da Cisterna	Prados	<i>Myotis levis</i>	CMUFLA 3267	UFLA

Fluxo editorial:

Recebido em: 07.12.2018

Aprovado em: 24.04.2019



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp

QUIROPTEROFAUNA DE CAVERNAS ARENÍTICAS DA FORMAÇÃO BOTUCATU, REGIÃO CENTRAL DE SÃO PAULO, BRASIL

CHIROPTEROFAUNA OF SANDSTONE CAVES FROM FORMAÇÃO BOTUCATU, CENTRAL REGION OF SÃO PAULO, BRAZIL

Gabriela Schmaedecke (1); Danilo Tavares Gregolin; Dayana Ferreira Torres (2);
Maria Elina Bichuette (2,3)

- (1) Centro de Ciências Naturais e Humanas, Universidade Federal do ABC (UFABC). São Bernardo do Campo SP.
(2) Laboratório de Estudos Subterrâneos, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). São Carlos SP.
(3) Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE), Belo Horizonte MG.

Contatos: babischmae@yahoo.com.br; dtgregolin@gmail.com; dayanaftorres@gmail.com;
lina.cave@gmail.com.

Resumo

Foram investigadas comunidades de quirópteros em três cavernas areníticas localizadas na Área de Proteção Ambiental de Corumbataí (APA Corumbataí), nos municípios de Itirapina e Ipeúna, São Paulo. Foram determinados a riqueza, abundância e os estádios reprodutivos, além da observação de impactos antrópicos. As capturas foram feitas entre Abril de 2007 e Maio de 2008, com o uso de redes de neblina. Cinco espécies foram registradas: *Desmodus rotundus*, *Glossophaga soricina*, *Chrotopterus auritus*, *Carollia perspicillata* e *Myotis nigricans*, riqueza pequena comparada aos registros anteriores feitos em cavernas da mesma região. As diferenças na composição de espécies entre as três cavidades e nos padrões reprodutivos demonstram que ambientes com menor visitação e alterações antrópicas são mais favoráveis para a ocorrência dos morcegos em épocas reprodutivas. Os resultados mostram a importância destas localidades como abrigo para quirópteros, e mostram a necessidade de projetos de monitoramento e planos de ação para proteção. Ainda, aparentemente, a existência de uma unidade de conservação na região (APA Corumbataí) não tem efetivamente protegido as cavidades e sua fauna associada.

Palavras-Chave: APA Corumbataí; sudeste do Brasil; morcegos; cavernas; arenito.

Abstract

We investigated the Chiroptera communities in three sandstone caves located in the Corumbataí Environmental Protection Area (APA Corumbataí), in the municipalities of Itirapina and Ipeúna, São Paulo. We determined the richness, abundance and reproductive stages, as well as the observation of anthropic impacts. The collections were made between April 2007 and May 2008, with the use of mist nets. Five species were recorded: *Desmodus rotundus*, *Glossophaga soricina*, *Chrotopterus auritus*, *Carollia perspicillata* and *Myotis nigricans*, a small richness compared to previous records made in caves of the same region. The differences in the species composition and reproductive patterns between the three cavities reinforce the idea that environments with less visitation and anthropic alterations would be more favorable for the occurrence of bats in reproductive seasons. This study shows the importance of these localities as a shelter for bats, and show the need for monitoring projects and action plans for protection. Also, apparently, the existence of a conservation unit in the region (APA Corumbataí) has not effectively protected the caves and their associated fauna.

Key-Words: APA Corumbataí, southeastern of Brazil, bats, caves, sandstone.

1. INTRODUÇÃO

A ordem Chiroptera corresponde ao grupo de mamíferos mais diversificado em termos mundiais (SIMMONS, 2005). Para o Brasil, são conhecidas 182 espécies de morcegos (NOGUEIRA *et al.*, 2014, 2018), os quais apresentam ampla variedade de

hábitos alimentares, estratégias de forrageamento e uso diferencial de áreas de alimentação e de abrigos (REIS *et al.*, 2007).

Como animais noturnos, os morcegos necessitam de abrigos diurnos que garantam sua proteção contra predadores. Entre esses abrigos

estão os rochosos, incluindo as cavidades subterrâneas. Devido às atividades humanas que constantemente modificam o ambiente natural, esses animais passaram a ocupar abrigos artificiais (FENTON, 1992; HILL; SMITH, 1992). Sato *et al.* (2015), observaram riqueza elevada de morcegos que ocupam abrigos diurnos artificiais em áreas abertas. Contudo, no Brasil, pode-se afirmar que poucas espécies adaptam-se a ambientes antrópicos ou urbanos, enquanto que a maioria é dependente de seu ambiente natural para conseguir alimento e abrigo (FENTON, 1997).

Os quirópteros, além de contribuírem para o controle de populações de insetos e pequenos vertebrados, e a polinização e dispersão de sementes de diversas espécies vegetais (KUNZ, 1988), possuem especial importância ecológica dentro dos ambientes cavernícolas em geral. Por importarem grande quantidade de matéria orgânica para o interior das cavernas na forma de guano, influenciam significativamente as características do habitat, afetando, deste modo, a estrutura de comunidade nesses locais (GNASPINI; TRAJANO, 2004).

Poucos trabalhos foram iniciados com a fauna de Chiroptera utilizando abrigos em rocha na região de Ipeúna e Itirapina, a qual inclui diversas cavernas e abrigos, configurando uma região de grande potencial para novos estudos. Uma exceção que se destaca é a publicação de Campanhã; Fowler (1993) sobre morcegos abrigando-se em cavernas areníticas situadas em remanescentes florestais da região da APA (Área de Proteção Ambiental) de Corumbataí, a qual inclui áreas dos municípios de Ipeúna e Itirapina, entre outros. Nesse trabalho foram registradas oito espécies de morcegos em três cavernas, Gruta do Fazendão, Caverna Paredão e Caverna Cachoeira, na qual constataram a maior abundância da espécie hematófaga *Desmodus rotundus*, em especial na Gruta do Fazendão.

O estudo da comunidade de quirópteros de três cavernas areníticas com distintos graus de impacto antrópico, localizadas nos municípios de Itirapina e Ipeúna, São Paulo, foi realizado considerando-se os seguintes aspectos: determinação da riqueza; relação entre grau de impacto antrópico (visualmente detectáveis, tais como pisoteamento e compactação do solo devido a visitação intensa, pichações, acúmulo de resíduos sólidos ou

desmatamentos no entorno) de cada cavidade e parâmetros biológicos como comprimento corporal, peso e variações na abundância das espécies; verificação de padrões reprodutivos para as diferentes populações de morcegos registradas nas cavidades.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

As três cavidades estudadas localizam-se na Área de Proteção Ambiental (APA) das Cuestas de Corumbataí, criada em 1981 no estado de São Paulo. A APA cobre aproximadamente 2.700 Km² e abrange as cidades de Itirapina e Ipeúna, entre outros 12 municípios (Figura 1A, B e C). Conserva alguns remanescentes de Floresta Atlântica e suas variações e apresenta mais de 26 cavidades naturais (CANIE, 2018).

Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima da região apresenta verão quente e úmido, com temperatura média acima de 22°C, e inverno frio e seco (Cwa).

As cavidades estudadas localizam-se nos municípios de Itirapina (Gruta da Toca, 22S 11'56''; 47O 44'49'') e Ipeúna (Gruta do Fazendão, 22S 24'37''; 47O 47'34''; Gruta Boca do Sapo, 22S 24'05''; 47O 47'41'') (Figuras 2A, 2B e 2C). Essas cavernas são formadas por rocha arenítica da Formação Botucatu e possuem pequeno desenvolvimento (Gruta da Toca, 371 m; Gruta Fazendão, 267 m; Gruta Boca do Sapo, 155 m) quando comparadas às calcárias.

A Gruta da Toca e a Gruta Boca do Sapo estão relativamente protegidas, sem impactos significativos e entorno pouco alterado ao longo dos anos. A Gruta do Fazendão apresenta um impacto significativo em suas galerias e salões (pisoteamento, lixo, etc.), devido à visitação intensa e facilidade de acesso. No entorno das três cavidades há drenagens superficiais, sendo que a Gruta da Toca é a única que possui drenagem subterrânea presente. O entorno das cavidades é composto por Floresta Mesófila Semidecídua com matriz de *Eucalyptus* spp. e plantações agrícolas. Observa-se que mesmo com uma cobertura vegetal significativa no entorno das cavidades, esta é formada principalmente por espécies não nativas, muitas de interesse econômico, o que configura um impacto também significativo (Figura 1A, B e C).

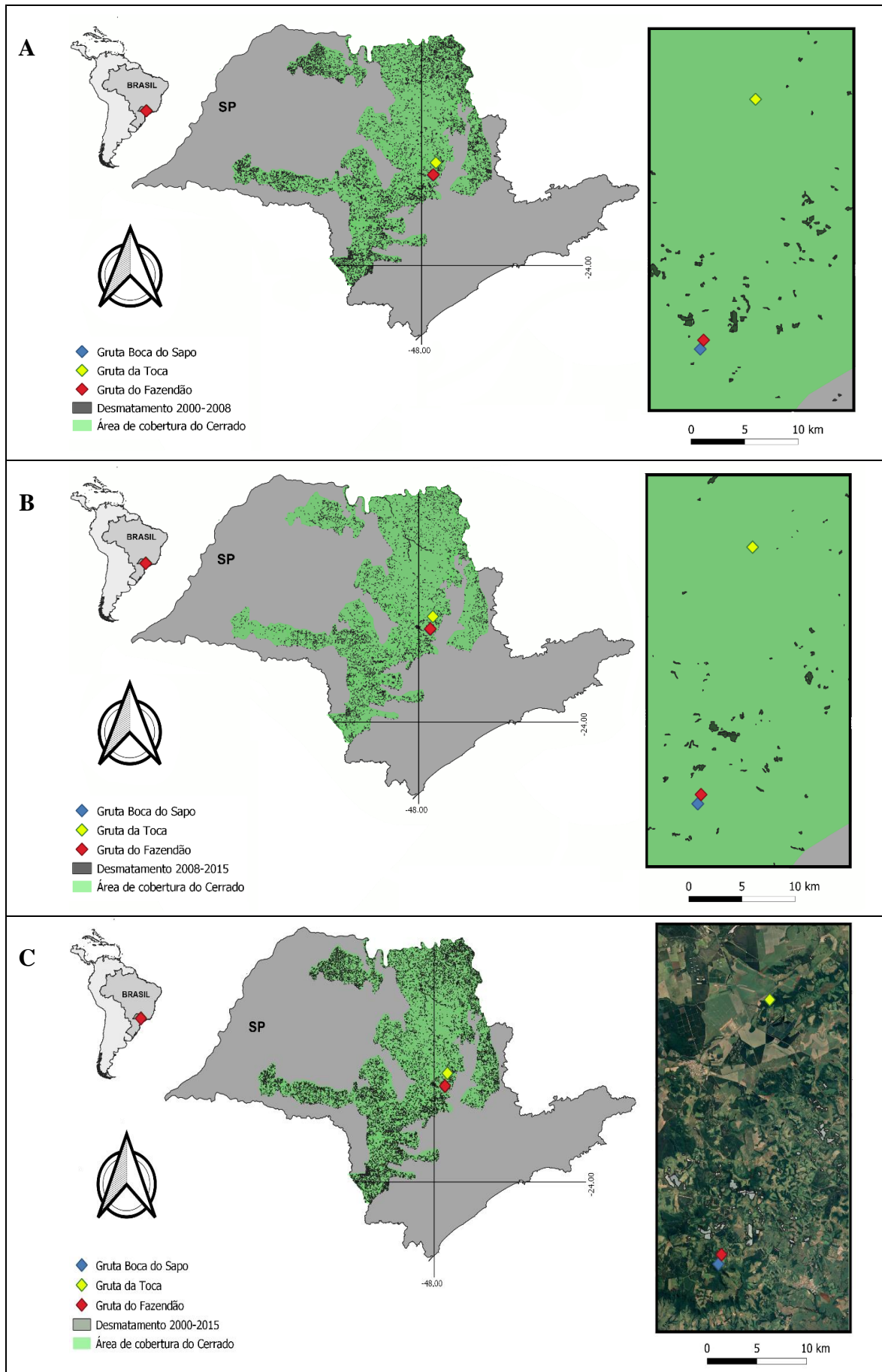


Figura 1. Área de estudo no estado de São Paulo mostrando as alterações na cobertura vegetal ao longo dos anos, municípios de Itirapina e Ipeúna. A. 2000-2008, B. 2008-2015 e C. 2000-2015.

Autoria dos mapas: Diego M. von Schimonsky.

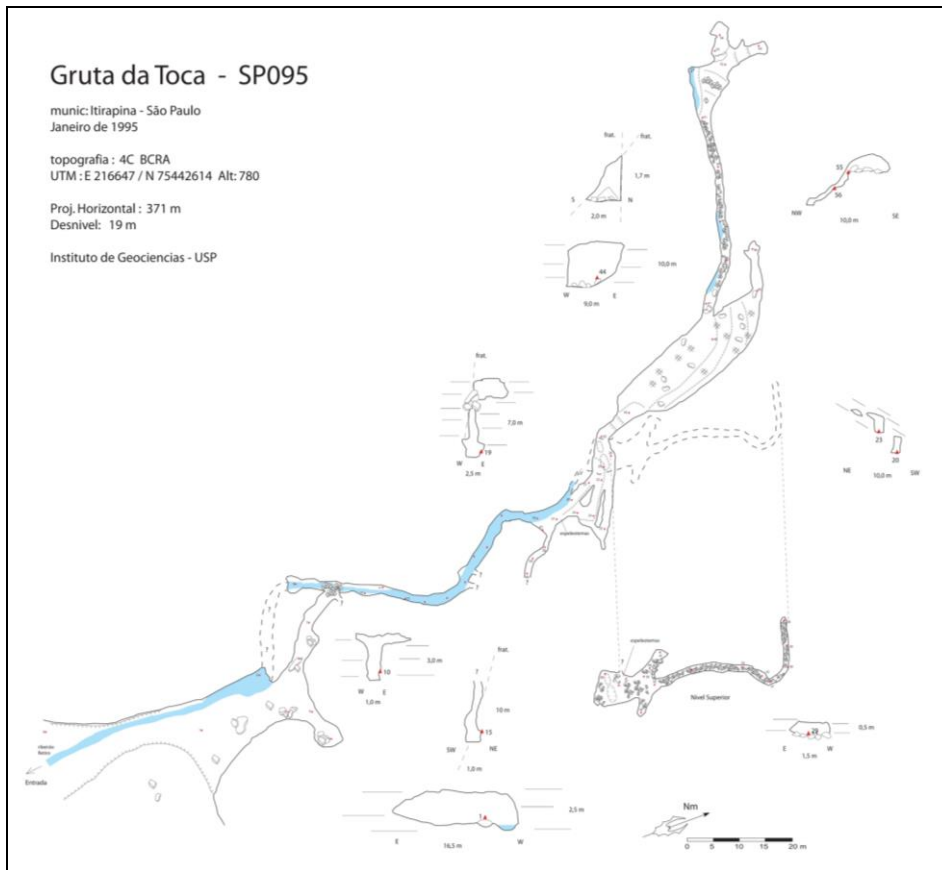


Figura 2A. Mapa da Gruta da Toca. Autoria: Instituto de Geociências - USP (IG-USP).

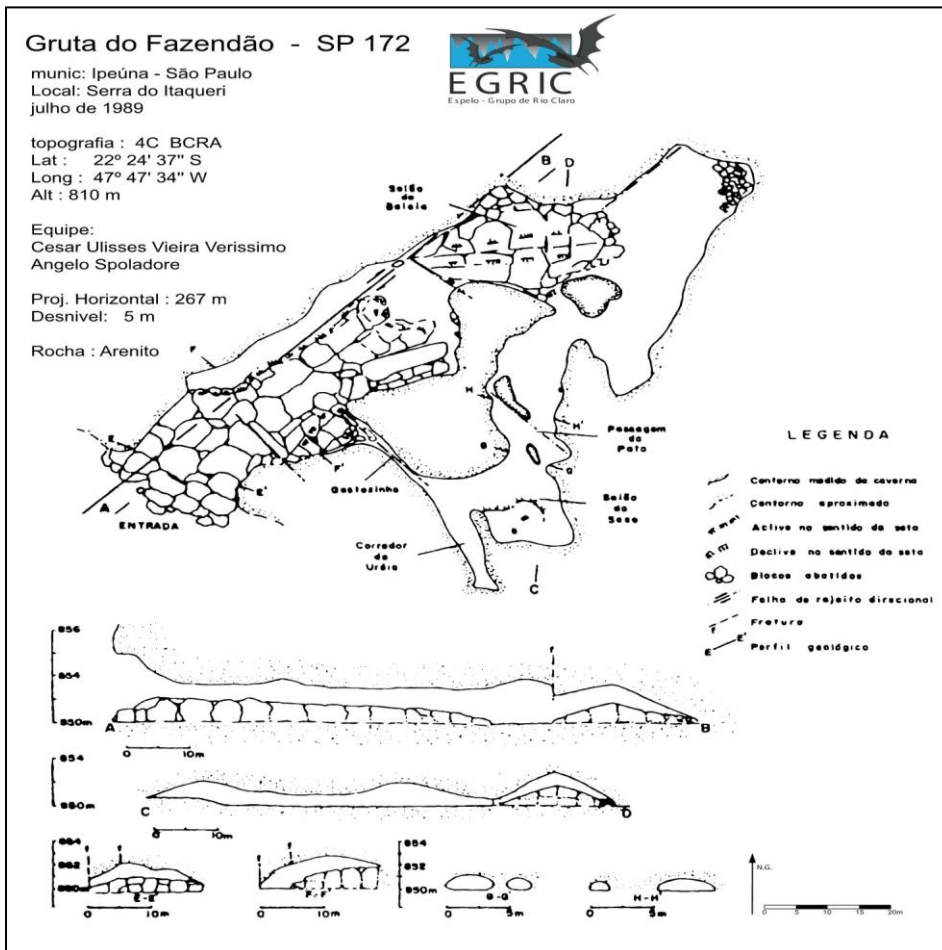


Figura 2B. Mapa da Gruta do Fazendão. Autoria: Espeleol Grupo Rio Claro (EGRIC).

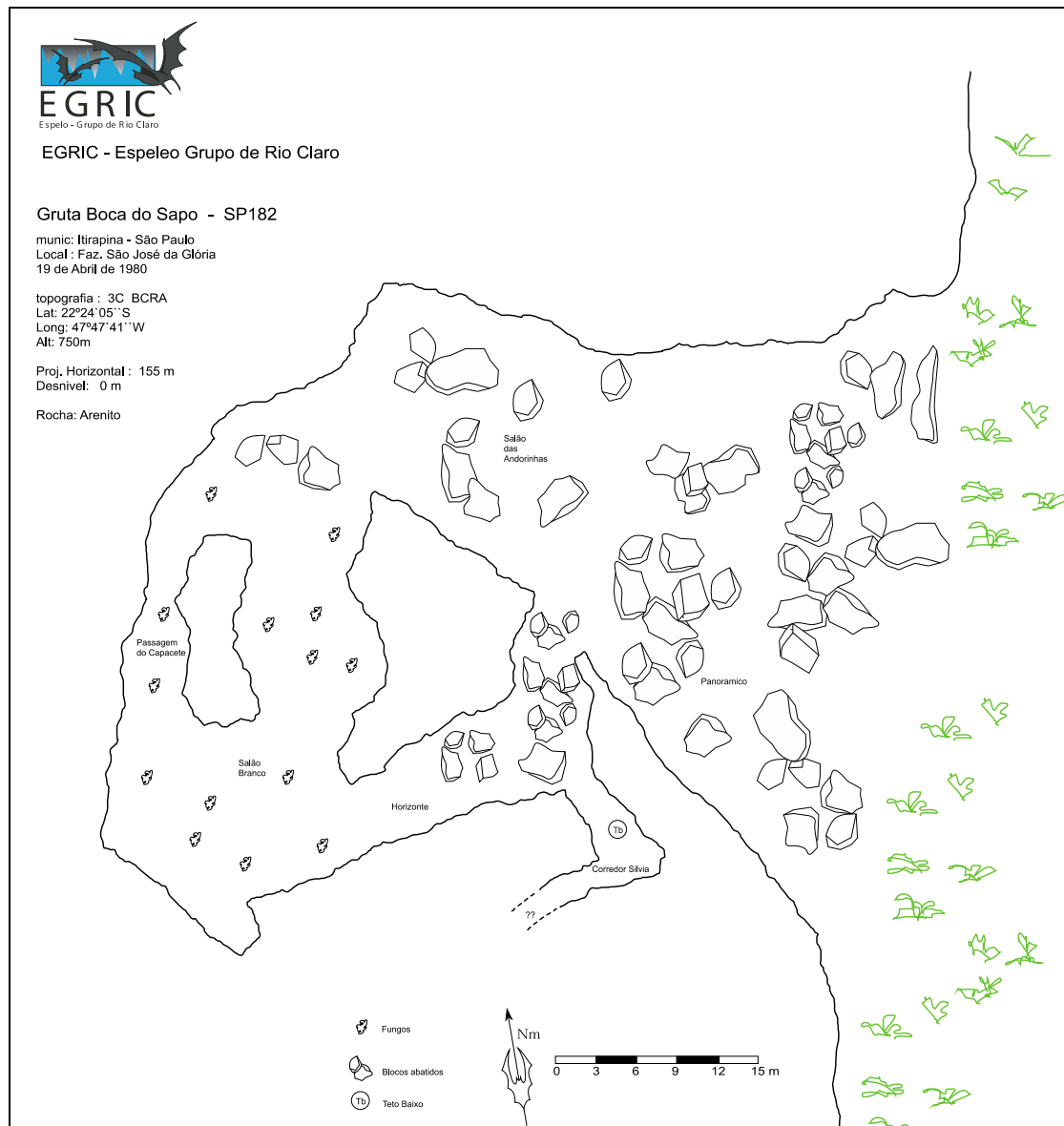


Figura 2C. Mapa da Gruta Boca do Sapo. Autoria: Espeleo Grupo Rio Claro (EGRIC).

2.2. Coletas

As amostragens foram realizadas tanto na estação seca (Abril a Setembro) quanto na chuvosa (Outubro a Março), entre 2007 e 2008. Cada cavidade foi amostrada em campanhas distintas, totalizando 13 campanhas, sendo cinco realizadas na Gruta da Toca (Abril, Outubro e Dezembro de 2007; Fevereiro e Maio de 2008), outras cinco na Gruta do Fazendão (Agosto, Setembro e Dezembro de 2007; Março e Maio de 2008) e três na Gruta Boca do Sapo (Dezembro de 2007; Fevereiro e Maio de 2008). A Gruta Boca do Sapo teve menor número de visitas devido a dificuldades de acesso no início do estudo.

Os morcegos foram capturados com redes de neblina (7,0 x 2,5m) estendidas nas entradas principais e em rotas de maior deslocamento dos animais no interior das cavidades, totalizando duas

redes na Gruta da Toca, três na Gruta do Fazendão e duas na Gruta Boca do Sapo (Licença SISBIO nº 28992). As redes foram estendidas a partir das 17h30min e permaneceram abertas até por volta das 22h30min, havendo acréscimo de uma hora durante o horário de verão.

Para cada indivíduo capturado foram anotados: data da coleta, espécie capturada, local da captura, comprimento do corpo (mm), comprimento do antebraço esquerdo (mm) [do cotovelo à extremidade proximal dos metacarpos, com o braço, antebraço e dedos dobrados, de modo a tomar a forma de um Z], comprimento do trago (mm) [do centro do entalhe sobre a margem externa ao extremo distal], peso (g), sexo e estágio reprodutivo. Além disso, foram contabilizados os indivíduos avistados dentro das cavidades, e dados como

espécie, número de indivíduos e local foram anotados.

As cavernas foram avaliadas visualmente quanto ao seu grau de impacto antrópico de acordo com a presença em baixa, média e alta quantidade de pichações, pisoteamentos e resíduos deixados em seu interior e foram então comparadas entre si.

Os dados de comprimento corporal dos animais capturados foram obtidos com o auxílio de paquímetro de precisão de 0,1 mm, e comparados com as informações constantes em chaves taxonômicas e artigos descritivos das espécies (VIZOTTO; TADDEI, 1973; WILSON; LAVAL, 1974; GREENHALL *et al.*, 1983; MEDELLIN, 1989; ALVAREZ *et al.*, 1991; CLOUTIER; THOMAS, 1992). A massa corporal foi obtida através de balança do tipo dinamômetro de 500g e tiveram sexo e estágio reprodutivo averiguados. Além disso, dois indivíduos de cada espécie, quando possível um macho e uma fêmea, foram eutanasiados *in loco* para a comprovação da identificação e para compor uma coleção de referência da região. Seis dos indivíduos eutanasiados foram depositados na coleção de Mamíferos do Museu de Zoologia da USP de São Paulo (MZUSP).

Para o cálculo de esforço de captura foi multiplicada a área das redes (m²) pelo tempo em que as redes permaneceram armadas (h) (STRAUBE; BIANCONI, 2002). Para esse cálculo, não foi considerada a primeira amostragem realizada tanto na Gruta da Toca (Abril 2007) quanto na Gruta do Fazendão (Agosto 2007), por estas não estarem

padronizadas com as onze demais coletas, em relação à instalação das redes. Já para a comparação entre as cavidades foi estabelecida a razão entre o número de indivíduos capturados e os valores de esforço de captura (m².h), denominado aqui como taxa de captura (indivíduos.m².h.).

3. RESULTADOS

As cavernas e seus entornos foram considerados relativamente conservados, apresentando córregos aparentemente limpos (águas cristalinas) e vegetação composta por Floresta Mesófila e matizes de *Eucalyptus* spp. As três cavernas ocorrem em relevos escarpados e apresentam estreitas faixas de vegetação nativa no entorno.

A Gruta da Toca (Figura 3A) apresentou o menor grau de impacto antrópico, dentre as localidades, devido às poucas pichações, em sua maioria antigas, além de poucas evidências de pisoteamento no solo. A Gruta Boca do Sapo (Figura 3B) apresentou grau de impacto antrópico intermediário, constatado pela quantidade maior de pichações mais recentes. Já a Gruta do Fazendão (Figura 4A e B) foi considerada a de maior grau de impacto antrópico, por apresentar inúmeras pichações recentes (em baixo relevo e tintas), sinais acentuados de pisoteamento (solo compactado) por toda sua extensão e considerável quantidade de resíduos deixados em seu interior.

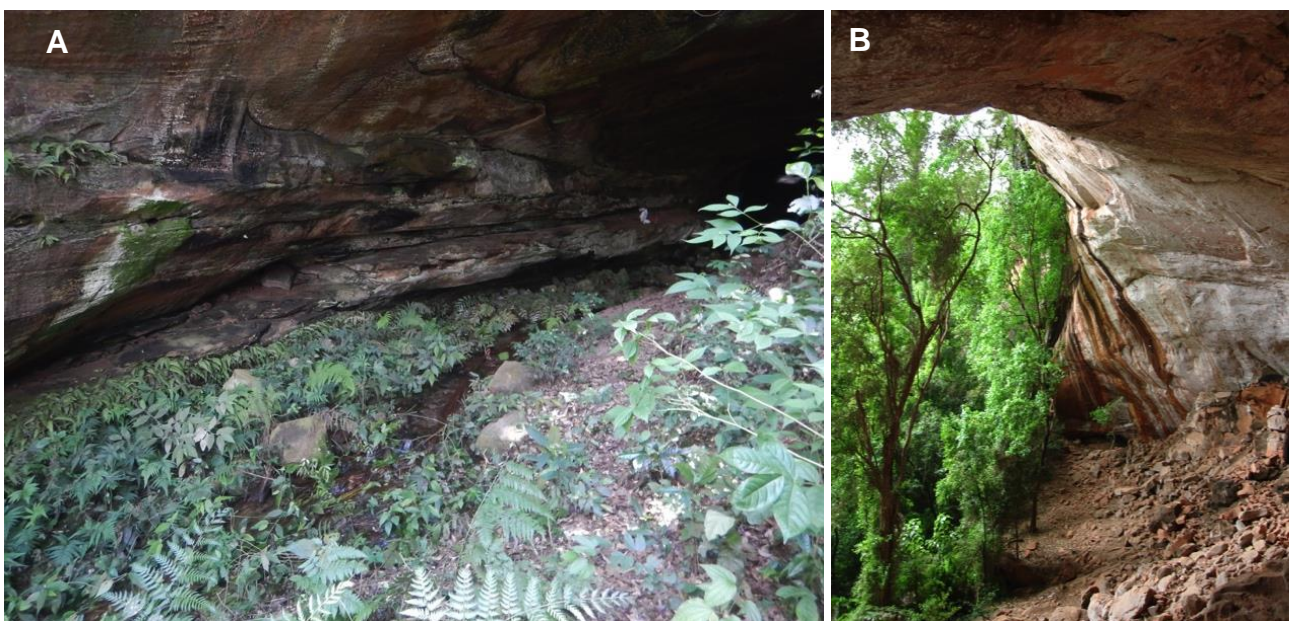


Figura 3. Zonas de entrada A. Gruta da Toca, B. Gruta Boca do Sapo. Fotos: M.E. Bichuette.



Figura 4. Gruta do Fazendão A. Zona de entrada, B. *Chrotopterus auritus* pendurado no meio da pichação. Fotos: M.E. Bichuette.

Ao todo foram capturados (medidos e pesados) 168 indivíduos e avistados 63 em repouso nas cavernas, totalizando 231 indivíduos. Com relação à abundância absoluta amostrada por localidade, na Gruta da Toca foram registrados 130 indivíduos por meio de captura nas redes de neblina e 17 por avistamentos, totalizando uma abundância absoluta de 147 indivíduos. Já na Gruta do Fazendão foram 34 indivíduos capturados e 11 avistados, somando um total de 45 indivíduos, enquanto na Gruta Boca do Sapo foram quatro capturas e 35 avistamentos, resultando em uma abundância absoluta de 39 indivíduos (Tabela 1).

Quanto ao esforço de captura, este foi maior na Gruta do Fazendão (761,2 m² x h), seguido pela Gruta da Toca (525 m² x h) e Gruta Boca do Sapo (367,5 m² x h). Por fim, a taxa de captura foi superior na Gruta da Toca (0,24 m² x h.), seguida pela Gruta do Fazendão (0,04 m² x h) e Gruta Boca do Sapo (0,01 m² x h) (Tabela 1).

Os indivíduos amostrados nesse estudo pertencem a cinco espécies de morcegos das famílias

Phyllostomidae (Figura 5A, B, C, D e E) [*Desmodus rotundus* (E. Geoffroy, 1810), *Glossophaga soricina* (Pallas, 1766), *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758) e *Chrotopterus auritus* (Peters, 1856)] e Vespertilionidae [*Myotis nigricans* (Schinz, 1821)]. Levando em consideração somente os 168 indivíduos efetivamente capturados (Figura 6), a abundância relativa na Gruta da Toca foi de 37% de indivíduos da espécie *G. soricina*, 33% da espécie *D. rotundus*, 26% de *C. perspicillata*, 2% de *C. auritus* e 1% de *M. nigricans*. Já na Gruta do Fazendão, 41% foram *D. rotundus*, 29% *G. soricina*, 26% *M. nigricans* e 3% *C. auritus*. Por fim, na Gruta Boca do Sapo só foram capturados quatro indivíduos da espécie *G. soricina* (vale ressaltar o avistamento de duas espécies de *C. auritus* e *D. rotundus* em repouso no interior da cavidade).

Os dados de comprimento corporal, peso e número absoluto de machos e fêmeas para cada espécie em cada uma das cavidades estudadas podem ser observados na Tabela 2 e na Figura 7.

Tabela 1. Quiropteros capturados em redes de neblina e avistados em repouso nas Grutas da Toca, Fazendão e Boca do Sapo.

Localidades	Redes de neblina			Nº indiv. capturados	Nº indiv. avistados	Abundância absoluta *	Esforço de captura (m ² x h)	Taxa de captura (m ² x h)
	N	Área (m ²)	Tempo (h)					
Toca	2	35	15	130	17	147	525	0,24
Fazendão	3	52,5	14,5	34	11	45	761,2	0,04
Boca do Sapo	2	35	10,5	4	35	39	367,5	0,01

* Indivíduos capturados e avistados.

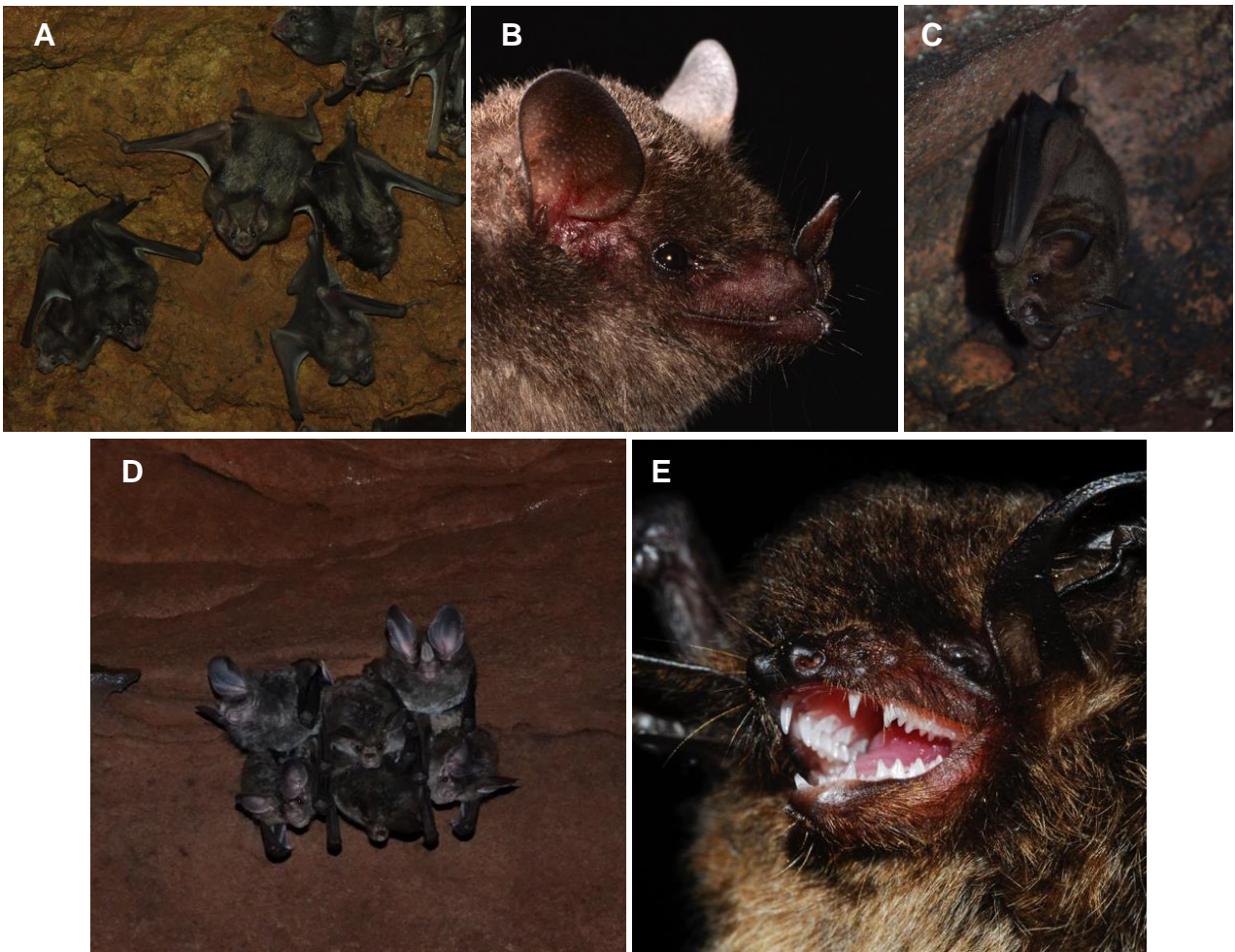


Figura 5. Espécies registradas no presente estudo (fotos meramente ilustrativas, não correspondem aos locais de coleta). A. Colônia de *Desmodus rotundus* (Foto: M.P. Bolfarini), B. *Glossophaga soricina* (Foto: Casa dos Morcegos), C. *Carollia perspicillata* (Foto: D.F. Torres), D. Colônia de *Chrotopterus auritus* (Foto: D.F. Torres), E. *Myotis nigricans* (Foto: Casa dos Morcegos).

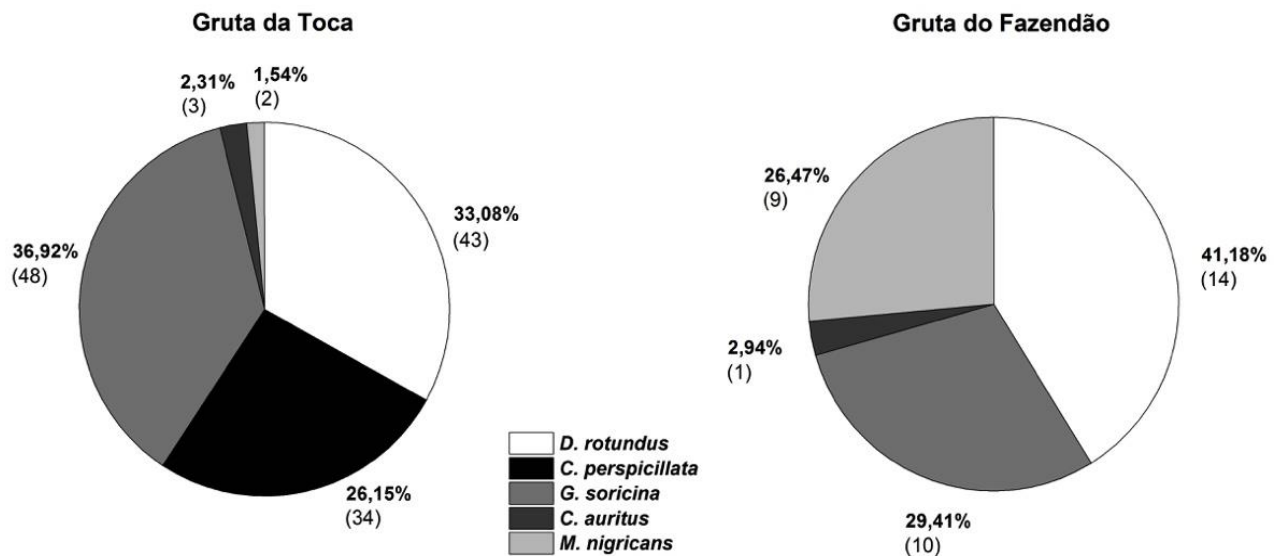


Figura 6. Porcentagem e número de indivíduos capturados em redes de neblina na Gruta da Toca, Itirapina, SP, e na Gruta do Fazendão, Ipeúna, SP.

Tabela 2. Comprimento corporal (C.C.) (mm), comprimento do antebraço esquerdo (C.A.) (mm), comprimento do trago (C.T.) (mm), peso (g), proporção sexual e número absoluto de machos e fêmeas para as cinco espécies capturadas nas cavernas Gruta da Toca, Gruta do Fazendão e Gruta Boca do Sapo.

	Gruta da Toca		Gruta do Fazendão		Gruta Boca do Sapo	
<i>D. rotundus</i>						
Sexo	Fêmea	Macho	Fêmea	Macho	Sem registros	
C.C.	Δ58 a 75,5	Δ55,5 a 77,7	65 e 71,6	Δ57,9 a 70		
C. A.	Δ59 a 67,7	Δ53,6 a 66,7	65,1 e 65	Δ58,8 a 66		
C. T.	Δ5,1 a 7,7	Δ4,8 a 7,8	6,1 e 6,6	Δ3,5 a 6,4		
Peso	Δ33 a 53	Δ28 a 45	36,5 e 45	Δ31 a 40		
Total	15	28	2	12		
<i>C. perspicillata</i>						
Sexo	Fêmea	Macho	Sem registros		Sem registros	
C.C.	Δ41,3 a 53,5	Δ38,8 a 49,2				
C. A.	Δ21,9 a 42,1	Δ38,7 a 41,6				
C. T.	Δ4,4 a 7,4	Δ4,8 a 7,2				
Peso	Δ13 a 22,5	Δ10 a 19,9				
Total	17	17				
<i>G. soricina</i>						
Sexo	Fêmea	Macho	Fêmea	Macho	Fêmea	Macho
C.C.	Δ38,6 a 45,6	Δ37,3 a 45,2	Δ36,4 a 52	Δ38,1 a 48	39,4 e 42,7	40,6 e 42,5
C. A.	Δ26 a 37,7	Δ33,3 a 36,6	Δ32 a 35,9	Δ34,5 a 36	36,8 e 36,6	35,6 e 33,3
C. T.	Δ2,4 a 4,8	Δ2,8 a 4,7	Δ3 a 4,6	Δ3,6 a 5,4	3,9 e 3,9	2 e 4,6
Peso	Δ8 a 15	Δ8,5 a 12	Δ8 a 12,5	Δ8 a 10	9,5 e 13	10 e 11
Total	28	20	7	3	2	2
<i>C. auritus</i>						
Sexo	Fêmea	Macho	Fêmea	Macho	Sem registros	
C.C.	86,2	85,9 e 92,9	0	84,2		
C. A.	83,5	81,5 e 81,4	0	85,6		
C. T.	5,8	8,8 e 4	0	7,6		
Peso	71	93 e 79	0	90		
Total	1	2	0	1		
<i>M. nigricans</i>						
Sexo	Fêmea	Macho	Fêmea	Macho	Sem registros	
C.C.	0	32 e 33,7	Δ30,7 a 39	Δ28,4 a 42		
C. A.	0	33,8 e 34,1	Δ34 a 36,5	Δ32 a 38		
C. T.	0	6 e 5,6	Δ4,9 a 6	Δ5,3 a 6		
Peso	0	5 e 4	Δ4,5 a 9,5	Δ4 a 5,5		
Total	0	2	6	3		

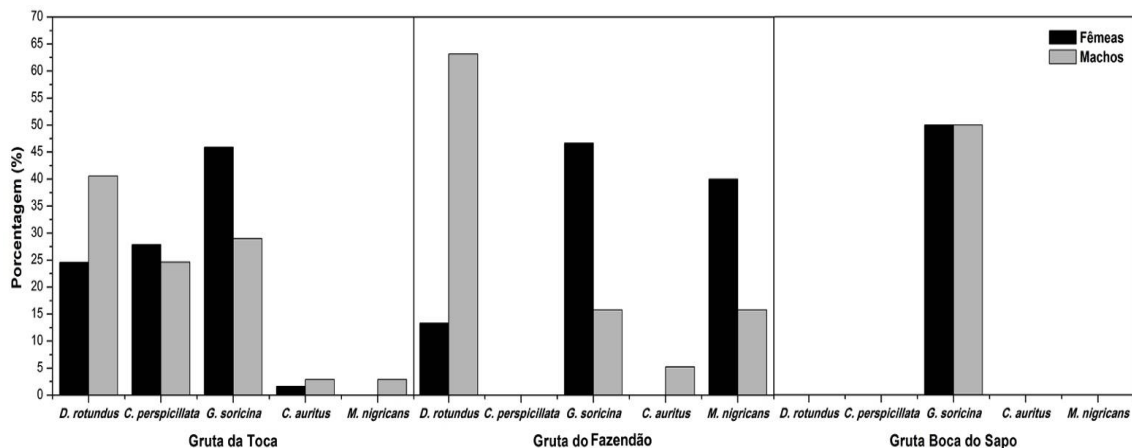


Figura 7. Proporção sexual (%) das espécies *Desmodus rotundus*, *Carollia perspicillata*, *Glossophaga soricina*, *Chrotopterus auritus* e *Myotis nigricans* nas cavernas Gruta da Toca, Gruta do Fazendão e Gruta Boca do Sapo.

A proporção de machos de *D. rotundus* foi maior tanto na Gruta da Toca quanto na Gruta do Fazendão, enquanto para *G. soricina* foi registrado maior número de fêmeas em ambas localidades (Figura 6). Já na Gruta Boca do Sapo a proporção para essa última espécie foi a mesma (50% de fêmeas e machos).

Em relação aos dados reprodutivos, machos adultos e fêmeas grávidas e/ou lactantes das espécies *D. rotundus* e *C. perspicillata* foram capturados tanto na estação seca quanto na chuvosa. Já para *G. soricina*, fêmeas grávidas e/ou lactantes foram registradas somente na estação chuvosa, enquanto machos adultos em ambas as estações. Por fim, não houve registro de fêmeas grávidas e/ou lactantes para *C. auritus* e *M. nigricans*, enquanto machos adultos foram registrados em ambas estações.

4. DISCUSSÃO

4.1. Riqueza de quirópteros

O menor número de espécies foi encontrado na Gruta Boca do Sapo, apenas três das cinco espécies registradas no estudo (*C. auritus*, *D. rotundus* e *G. soricina*). Essa caverna é a menor das três amostradas, não chegando a possuir zona afótica, o que diminui a oferta de abrigos no seu interior. As duas espécies não registradas nessa caverna possuem características particularidades que podem justificar sua ausência. *M. nigricans* utiliza-se de abrigos mais fechados, como fendas ou ocos, os quais pouco ocorrem na Gruta Boca do Sapo e, apesar do grande acúmulo de blocos abatidos em sua entrada, não ocorre formação de fendas propícias para a colonização por vespertilionídeos. No caso de *C. perspicillata*, apesar de ser uma espécie abundante e comum em cavernas no Brasil (REIS *et al.*, 2007), sua ausência nessa cavidade pode estar relacionada a ausência de zona afótica, questões de oferta de recursos alimentares no entorno (tais como plantas da família Piperaceae) ou mesmo a disponibilidade de outros abrigos próximos.

Na Gruta do Fazendão apenas a espécie *C. perspicillata* não foi registrada, o que também poderia ser justificado ou pelo impacto significativo dessa cavidade ou pela abundância maior de *Desmodus rotundus*. A presença de *M. nigricans*, por outro lado, pode ser justificada pela ocorrência e conformação de vários blocos abatidos na entrada dessa caverna, os quais formam diversos abrigos em forma de fendas e vãos utilizados por essa espécie.

A Gruta da Toca apresentou a maior riqueza de espécies dentre as cavidades amostradas, contendo as cinco espécies registradas no estudo.

Por estar localizada em propriedade particular com controle de entrada e saída, o acesso por visitantes foi dificultado, o que resultou em um ambiente aparentemente melhor conservado, com poucas visitas.

Apesar das diferenças entre as cavidades, o número total de espécies de morcegos encontrado foi baixo e ainda menor do que aquele registrado para cavidades próximas às estudadas aqui (CAMPANHÁ; FOWLER, 1993). No entanto, deve-se levar em consideração o fato de que o presente estudo direcionou as amostragens para espécies que utilizam o interior das cavidades, uma vez que todo o esforço de captura foi focado nas entradas destas e nas principais rotas de passagens em seu interior, além dos avistamentos para dados de abundância.

O trabalho de Trajano (1996) mostra o registro de 25 espécies de quirópteros habitando cavernas em uma região do Alto Ribeira (estado de São Paulo). Entretanto esse trabalho foi realizado em uma região de Floresta Atlântica bem preservada e com relevos cársticos, nos quais ocorrem cavernas calcárias que são naturalmente maiores em relação às areníticas, possivelmente oferecendo abrigos mais atrativos para os morcegos.

Ainda assim, poderia se esperar uma riqueza mais alta para as cavernas amostradas, levando-se em consideração a ocorrência no estado de São Paulo de outras espécies das famílias Phyllostomidae e Vespertilionidae com hábitos semelhantes aos das espécies encontradas (REIS *et al.*, 2007). Assim sendo, essa baixa representatividade, pode estar relacionada à seletividade do método de captura aplicado, que favorece a amostragem de filostomídeos em relação a insetívoros altamente especializados, assim como a preferência por outros abrigos que não as cavernas (TRAJANO, 1995).

Em trabalho realizado por Sato *et al.* (2015) na Estação Experimental de Itirapina, foram registradas 16 espécies de morcegos [*Artibeus lituratus* (Olfers, 1818), *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758), *Sturnira lilium* (E. Geoffroy, 1810), *Platyrrhinus lineatus* (E. Geoffroy, 1810), *Chiroderma villosum* Peters, 1860, *Uroderma bilobatum* Peters, 1866, *Glossophaga soricina* (Pallas, 1766), *Anoura caudifer* (E. Geoffroy, 1818), *Molossus rufus* E. Geoffroy, 1805, *Myotis nigricans* (Schinz, 1821), *Eptesicus brasiliensis* (Desmarest, 1819), *Phyllostomus discolor* Wagner, 1843, *Chrotopterus auritus* (Peters, 1856), *Desmodus rotundus* (E. Geoffroy, 1810), *Vampyressa pusilla* (Wagner, 1843), *Pygoderma bilabiatum* (Wagner, 1843)], amostragem esta que incluiu as cinco espécies identificadas no presente trabalho. Contudo,

essa discrepância no número de espécies pode estar relacionada ao fato das amostragens do trabalho citado terem sido feitas em ambientes externos, com redes armadas nas rotas usuais dos morcegos e próximas às fontes de alimentos (TRAJANO, 1995), uma vez que redes de neblina dispostas nestes ambientes estão sujeitas à captura de espécies que usam diversos tipos de abrigos.

Dessa maneira, além do exposto acima, o resultado do presente trabalho também pode ser explicado pelo alto e crescente grau de antropização da região e da APA de Corumbataí, onde ocorre vastas áreas de pastagem, plantações madeireiras (matriz de *Eucalyptus* spp.) e agrícolas (especialmente de cana-de-açúcar). Neste contexto, visto que morcegos respondem negativamente à perda e fragmentação de habitats, tanto o número de espécies quanto o tamanho de suas populações, consequentemente, sofrerão drástica redução (MEDELLIN *et al.*, 2000; GORRENSEN; WILLIG, 2004).

O entorno mais próximo das três cavernas é consideravelmente preservado, ocorrendo nos três casos córregos aparentemente limpos e vegetação nativa de Floresta Mesófila. A maioria desses refúgios melhor preservados ocorre em relevos escarpados, como é o caso das três cavidades estudadas, o que inviabiliza práticas agrícolas ou utilização para pastagens. No entanto, essas faixas de entorno são muito estreitas, o que pode propiciar um aparente isolamento para cada caverna, e na porção do relevo acima dos afloramentos ocorrem matrizes de *Eucalyptus* spp. (para as três cavidades), além de plantações agrícolas, tais como cana-de-açúcar. Assim sendo, apesar da área de entorno das cavernas ser relativamente bem preservadas, pode não ser o suficiente para abrigar uma maior abundância de quirópteros, visto que em uma escala maior, a cobertura vegetal é composta por espécies não nativas.

As APAs são unidades de conservação que nitidamente não oferecem proteção integral ao meio ambiente e biodiversidade, havendo a necessidade de uma maior fiscalização e possivelmente a criação de unidades de conservação locais mais eficazes, tais como Parques Municipais ou Estaduais. As cavernas, em particular, por constituírem um grande atrativo para o turismo, poderiam receber um planejamento mais cuidadoso (plano de manejo) junto às prefeituras municipais, com a possibilidade da utilização de guias especializados para visitas turísticas que ajudariam a manter sua preservação.

4.2 Variações na abundância de quirópteros

As variações na abundância das populações de morcegos encontradas parecem estar relacionadas a três fatores: (1) estado de conservação do ambiente cavernícola; (2) disponibilidade e qualidade de abrigos/temperatura e luminosidade no interior da caverna; e (3) sazonalidade.

Diferenças entre as populações de uma mesma espécie nas três cavernas amostradas podem ser explicadas principalmente pelos dois primeiros fatores citados, sendo mais adequado para a colonização por quirópteros um ambiente cavernícola que ofereça maior número de abrigos, com mais reentrâncias e regiões protegidas para os animais, e que também seja íntegro, com pouca interferência decorrente das ações humanas.

Já as variações de abundância notadas dentro de uma mesma população de cada espécie, em cada caverna separadamente, podem ser explicadas pelo terceiro fator. Esses animais podem migrar para outras regiões em épocas desfavoráveis, possivelmente em busca de melhores recursos alimentares, ou podem mudar-se das cavernas para a mata da região e vice-versa, dependendo das condições de cada época. Um estudo de marcação e recaptura ou maior tempo de estudo elucidariam tal questão.

Tanto a abundância quanto a riqueza de espécies na Gruta Boca do Sapo podem ter sido subestimadas em decorrência de dificuldades em sua amostragem, pelo fato de sua entrada ser muito ampla e suficientemente alta, tendo sido impossível fechá-la completamente. As duas redes armadas durante as coletas nessa cavidade foram posicionadas em possíveis rotas de maior deslocamento dos animais, mas, devido à forma da entrada (elíptica), parte da rede não cobriu toda a abertura, resultando em cinco capturas da espécie *G. soricina* com um esforço grande (367,5 m².h). A elevada riqueza registrada na Gruta da Toca pode estar relacionada ao melhor estado de preservação desta caverna. O mesmo equivale para as taxas de captura, significativamente maiores na Gruta da Toca em comparação as outras duas cavernas.

As elevadas abundâncias relativas de *C. perspicillata*, *G. soricina*, *D. rotundus* e *M. nigricans* pode ser explicada pela preferência de parte destas espécies por abrigos em rochas.

4.3 Comprimento corporal, peso e proporção sexual

Alguns dos valores de comprimento corporal e peso obtidos não corresponderam aos disponíveis

nos artigos de descrição das espécies. Isso poderia ser explicado de duas formas: ou pela falta de maior abrangência do estudo ou devido diferenças intraespecíficas no padrão corporal, em que populações de regiões distintas apresentam medidas corpóreas consideravelmente diferentes, apesar de serem de uma mesma espécie.

Segundo a descrição geral da espécie *D. rotundus* (GREENHALL *et al.*, 1983), indivíduos apresentam valores de comprimento corporal entre 69,0 e 90,0 mm e peso entre 25,0 e 40,0 g. O comprimento corporal tanto de machos quanto de fêmeas registradas na Gruta da Toca e na Gruta do Fazendão apresentou um limite inferior menor que o registrado na literatura (GREENHALL *et al.*, 1983). Os valores encontrados para peso ultrapassam os da referência, exceto o peso encontrado para os machos da Gruta do Fazendão que se enquadrou ao citado. Assim, apesar dos indivíduos de *D. rotundus* apresentarem menor comprimento corporal em ambas as cavernas, notou-se um maior peso corporal. Quando comparadas entre si, a Gruta da Toca apresentou animais com maior peso corporal que a Gruta do Fazendão, o que pode indicar um aporte alimentar ligeiramente maior na primeira. Por fim, foram registrados uma proporção maior de machos em relação às fêmeas em ambas cavidades. Entretanto, Gomes; Uieda (2004) registraram a ocorrência de um maior número de fêmeas em relação ao de machos em colônias dentro de abrigos diurnos no estado de São Paulo, mostrando que os dados observados no presente estudo não seguem o padrão proposto por estes autores.

Indivíduos da espécie *C. perspicillata* apresentam comprimento corporal entre 66,0 e 95,0 mm, de acordo com Cloutier; Thomas (1992) e peso 18,9 g para machos e 18,5 g para fêmeas. Os dados obtidos apontam para tamanhos corporais menores do que o observado na literatura e com maior variação de peso e menor proporção sexual (50% para cada sexo).

Segundo Alvarez *et al.* (1991), fêmeas da espécie *G. soricina* apresentam comprimento corporal variando entre 54,0 e 73,0 mm e peso entre 5,0 e 13,0 g, enquanto machos apresentam, respectivamente, 50,0 a 70,0 mm e 7,5 a 17,0 g. Tanto os machos quanto as fêmeas registradas nas três cavidades apresentaram comprimentos corporais menores do observado na literatura, enquanto o peso foi levemente maior para as fêmeas da Gruta da Toca, e dentro do observado para as Grutas do Fazendão e Boca do Sapo. A proporção sexual encontrada na Gruta Boca do Sapo foi de 50% para cada sexo, enquanto que para a Gruta da Toca e do Fazendão houve maior registro de fêmeas, o que é

comum para algumas espécies de morcegos. A maior proporção de fêmeas pode possibilitar uma maior prole, o que favoreceria a sobrevivência da espécie.

Os valores de comprimento corporal e peso esperados para *C. auritus* (MEDELLIN, 1989) variam, respectivamente, entre 110,0 a 125,0 mm e 75,0 a 96,0 g. A única fêmea registrada apresentou comprimento corporal e peso menor que o esperado para a espécie. Já os machos tanto da Gruta da Toca quanto da Gruta do Fazendão apresentaram comprimento corporal inferior ao esperado e peso dentro da média. A proporção sexual na Gruta da Toca foi maior para os machos que para as fêmeas. Para a Gruta do Fazendão, o pequeno volume de informações não permitiu qualquer afirmação.

Indivíduos da espécie *M. nigricans* possuem comprimento corporal variando entre 38,0 e 49,0 mm e peso entre 3,0 e 5,5 g (WILSON; LAVAL, 1974). No entanto, os dados mostram comprimento corporal de fêmeas registradas na Gruta do Fazendão, com limite inferior menor que o esperado, e peso com limite superior maior que o referenciado. Os machos registrados nas Grutas da Toca e do Fazendão apresentaram valores dentro da média esperada ou levemente menores. Foram encontradas mais fêmeas que machos na Gruta do Fazendão, enquanto na Gruta da Toca não foi possível avaliar devido à falta de dados.

Para a espécie *D. rotundus*, os dados obtidos nesse estudo apontam para um padrão de poliestria assazonal, corroborando com Fleming *et al.* (1972), em que há possibilidade de reprodução ao longo do ano. Registramos machos adultos e fêmeas lactantes e/ou grávidas tanto na estação seca quanto na chuvosa, o que indica não haver uma preferência reprodutiva pela espécie por determinada época do ano. Em contrapartida, Gomes; Uieda (2004) observaram o nascimento da maioria de filhotes na estação chuvosa e poucos nascimentos na estação seca, o que, aparentemente, não se aplica à região da APA de Corumbataí.

Para a espécie *C. perspicillata*, o padrão reprodutivo é o de poliestria sazonal (ALTRINGHAM, 2001), mais frequente em frugívoros e nectarívoros da família Phyllostomidae, em que há picos de gravidez e lactação duas vezes ao ano. No presente estudo registramos machos adultos e fêmeas grávidas e/ou lactantes durante as duas estações (seca e chuvosa), corroborando este padrão.

O padrão reprodutivo reportado para a espécie *G. soricina* também é o de poliestria sazonal (ALTRINGHAM, 2001). De acordo com os dados

observados aqui, registramos fêmeas grávidas e/ou lactantes na estação chuvosa, enquanto que para os machos, foram registrados adultos em ambas estações, o que também corrobora o padrão proposto.

Devido ao pequeno volume de dados, não houve conclusões a respeito do padrão reprodutivo para as espécies *C. auritus* e *M. nigricans*.

5. CONCLUSÕES

A Gruta da Toca mostrou uma riqueza e abundância maiores quando comparada com as cavernas Gruta do Fazendão e Gruta Boca do Sapo, além de apresentar padrões reprodutivos mais marcados e frequentes. O maior grau de proteção da Gruta da Toca pode ter possibilitado nos anos de estudo (e manter-se nos dias atuais) um abrigo mais propício para a ocorrência de morcegos, inclusive como sítios de reprodução. Desse modo, sugere-se um monitoramento destas populações, e maior controle de visitação para a proteção efetiva destes abrigos. Ainda, a existência de uma unidade de conservação na região (APA Corumbataí) não tem efetivamente protegido as cavidades e sua fauna associada.

O fato de observarmos um decréscimo na riqueza entre estudos pretéritos (1993) e este (2008) em cavidades da mesma região reforça a importância de realização de estudos de monitoramento para a compreensão do uso de cavidades por espécies de morcegos. Ainda, no caso dos resultados apresentados aqui, sugerimos a necessidade urgente da realização de uma reavaliação da quiropterofauna não apenas nas três cavidades estudadas, como no seu entorno.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de iniciação científica a DTG; ao Sr. Jader Engelbrecht Júnior, administrador da Fazenda da Toca nas ocasiões de coleta (2007 e 2008), o qual permitiu nossas visitas a Gruta da Toca; aos ajudantes nas coletas, Eduardo L. B. Carvalho, Edson Y. Kondo e Luana Hortenci; ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pela concessão de licença de coleta (nº 28992) para MEB; ao Espeleo Grupo Rio Claro (EGRIC) pela permissão de uso dos mapas das cavidades.

REFERÊNCIAS

- ALTINGHAM, J.D. **Bats: Biology and Behavior**. Oxford University Press. New York, p.1-262, 2001.
- ALVAREZ, J.; WILLIG, M.R.; JONES Jr. K.; WEBSTER, D. Wm. *Glossophaga soricina*. **Mammalian Species**, n.379, p.1-7, 1991.
- CAMPANHÃ, R.A.C.; FOWLER, H.G. Roosting Assemblages of Bats in Arenitic Caves in Remnants Fragments of Atlantic Forests in Southeastern Brazil. **Biotropica**, v.25, n.3, p.362-365, 1993.
- CECAV. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. **Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE)**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>. Acesso em: 28.NOV.2018.
- CLOUTHIER, D.; THOMAS, D.W. *Carollia perspicillata*. **Mammalian Species**, n.417, p.1-9, 1992.
- FENTON, M.B. **Bats**. New York: Facts on file, p.1-207, 1992.
- FENTON, M.B. Science and the conservation of bats. **Journal Mammal**, vol.78, n.1, p.1-14, 1997.
- FLEMING, T.H.; HOOPER, E.T.; WILSON, D.E. Tree Central American bat communities: structure, reproductive cycles and movement patterns. **Ecology**, v.53, n.4, p.556-569, 1972.
- GNASPINI, P.; TRAJANO, E. Guano Communities in Tropical Caves. In: WILKENS, H.; CULVER, D.C.; HUMPHREYS, W.F. **Ecosystems of the world - Subterranean Ecosystems Elsevier**. Amsterdam, p.251-268, 2004.
- GOMES, M.N.; UIEDA, W. Abrigos diurnos, composição de colônias, dimorfismo sexual e reprodução e reprodução do morcego hematófago *Desmodus rotundus* (E. Geoffroy) (Chiroptera, Phyllostomidae) from State of São Paulo, Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.21, n.3, p.1-10, 2004.

- GORRESEN, M. WILLIG, M.R. Landscape responses of bats habitats fragmentation in Atlantic Forest of Paraguay. **Journal of Mammalogy**, v.85, n.4, p.688-697, 2004.
- GREENHALL, A.M.; JOERMANN, G.; SCHMIDT, U. *Desmodus rotundus*. **Mammalian Species**, n.202, p.1-6, 1983.
- HILL, J.E.; SMITH, J.D. **Bats: a natural history**. Texas: University of Texas Press, p.1-243, 1992.
- KÖPPEN, W. **Climatología**. México: Fondo de cultura económica, p.1-478, 1948.
- KUNZ, T.H. **Ecological and behavioral methods for studies of bats**. Washington: Smithsonian Institutional Press, p.1-533, 1988.
- MEDELLÍN, R.A. *Chrotopus auritus*. **Mammalian species**, n.343, p.1-5, 1989.
- MENDELLÍN, R.A.; EQUIHUA, M.; AMIN, M.A. Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in Neotropical Rainforests. **Conservation Biology**, v.14, n.6, p.1666-1675, 2000.
- NOGUEIRA M.R.; LIMA, I.P.; GARBINO, G.S.T; MORATELLI, R.; TAVARES, V.C.; GREGORIN, R.; PERACCHI, A.L. 2018. **Updated checklist of Brazilian bats: version 2018.1**. Comitê da Lista de Morcegos do Brasil – CLMB. Sociedade Brasileira para o Estudo de Quirópteros (SBEQ). Disponível em: <http://www.sbeq.net/updatedlist>. Acessado em: 2.NOV.2018.
- NOGUEIRA, M.R.; de LIMA, I.P.; MORATELLI, R.; TAVARES, V.C.; GREGORIN, R.; PERACCHI, A.L. Checklist of Brazilian bats, with comments on original records. **Check List**, v.10, n.4, p.808-821, 2014.
- REIS, N.R.; PERACCHI, A.L.; PEDRO, W.A.; LIMA, I.P. **Morcegos do Brasil**. Londrina, p.1-253, 2007.
- SATO, T.M.; CARVALHO-RICARDO, M.C.; UIEDA, W.; PASSOS, F.C. Estrutura da comunidade de morcegos (Mammalia, Chiroptera) da Estação Experimental de Itirapina, Estado de São Paulo, Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v.55, n.1, p.1-11, 2015.
- SIMMONS, N. B. Order Chiroptera. In: WILSON, D.E.; REEDER, D.M. eds. **Mammal Species of the World: a taxonomic and geographic reference**. 3. ed., v.1, Baltimore: Johns Hopkins University Press, p.312-529, 2005.
- STRAUBE, F.C.; BIANCONI, E.V. Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimar esforço de captura com utilização de redes de neblina. **Chiroptera Neotropical**, v.8, n.1-2, p.150-152, 2002.
- TRAJANO, E. Ecologia de populações de morcegos cavernícolas em uma região cárstica do Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.2, n.5, p.255-320, 1995.
- TRAJANO, E. Movements of Cave Bats in Southeastern Brazil, with Emphasis on the Population Ecology of the Common Vampire Bat, *Desmodus rotundus* (Chiroptera). **Biotropica**, v.28, n.1, p.121-129, 1996.
- VIZOTTO, L.D.; TADDEI, V.A. **Chave para determinação de Quirópteros Brasileiros**. Boletim de Ciências. São José do Rio Preto: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, p.1-72, 1973.
- WILSON, D.E.; LAVAL, R.K. *Myotis nigricans*. **Mammalian Species**, n.39, p.1-3, 1974.

Fluxo editorial:

Recebido em: 08.12.2018

Aprovado em: 25.03.2019



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp

MORCEGOS CAVERNÍCOLAS DEPOSITADOS NA COLEÇÃO CIENTÍFICA DO LABORATÓRIO DE ESTUDOS SUBTERRÂNEOS, UFSCAR

BATS FROM CAVES DEPOSITED ON THE SCIENTIFIC COLLECTION OF THE LABORATORY OF SUBTERRANEAN STUDIES, UFSCAR

Dayana Ferreira Torres (1); Maria Elina Bichuette (1,2)

(1) Laboratório de Estudos Subterrâneos, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos SP.

(2) Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE), Belo Horizonte MG.

Contatos: dayanaftorres@gmail.com; lina.cave@gmail.com.

Resumo

As coleções científicas são ferramentas importantes para o desenvolvimento de estudos científicos e para o conhecimento da quiropterofauna brasileira. O Brasil destaca-se pela grande diversidade de quirópteros, porém, quando se trata do conhecimento acerca da diversidade e distribuição destes animais em ambientes subterrâneos, os dados são escassos e, até mesmo, inexistentes. No presente trabalho, analisamos a contribuição da Coleção do Laboratório de Estudos Subterrâneos para o conhecimento a respeito das espécies de morcegos que ocorrem em parte das cavernas brasileiras. A coleção conta com 275 espécimes de diferentes grupos taxonômicos, distribuídos em 196 lotes coletados em 38 municípios de dez estados brasileiros, incluindo exemplares coletados dentro das cavernas e próximos a elas. Os grupos taxonômicos mais bem representados foram os pertencentes à família Phyllostomidae, com enfoque para as espécies *Desmodus rotundus*, *Carollia perspicillata*, *Glossophaga soricina*, *Chrotopterus auritus*, *Anoura geoffroyi* e *Artibeus* sp. e à família Vespertilionidae com espécimes de *Myotis nigricans*. Os estados com o maior número de registros foram São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Goiás. Apresentamos o registro de duas novas espécies, *Eptesicus diminutus* e *Myotis simus*, fazendo uso de ambientes subterrâneos e ampliando para 60 o número de espécies de morcegos cavernícolas registradas para o Brasil.

Palavras-Chave: quiropterofauna; coleção científica; cavernas, Brasil.

Abstract

*Scientific collections are important tools for the development of scientific studies and for the knowledge of the Brazilian bats. Brazil stands out for the great diversity of bats, but when it comes to knowledge about such diversity and distribution of these animals in subterranean environments, the data are scarce and even non-existent. In the present work, we analyze the contribution of collection of Laboratório de Estudos Subterrâneos for the knowledge about the bat species that occur in some of the Brazilian caves. The collection has 275 specimens of different taxonomic groups, distributed in 196 lots collected in 38 cities of ten Brazilian states, including specimens collected inside and near the caves. The most important taxonomic groups were those belonging to the family Phyllostomidae, with a focus on the species *Desmodus rotundus*, *Carollia perspicillata*, *Glossophaga soricina*, *Chrotopterus auritus*, *Anoura geoffroyi* e *Artibeus* sp., and to the Vespertilionidae family with *Myotis nigricans* specimens. The states with the largest number of records were São Paulo, Minas Gerais, Bahia and Goiás. We also presented the record of two news species, *Eptesicus diminutus* e *Myotis simus*, using subterranean environments and increasing to 60 the number of species of bats registered to caves in Brazil.*

Key-Words: bats; scientific collection, caves; Brazil.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, existem 182 espécies de morcegos, constituintes de nove famílias: Emballonuridae, Phyllostomidae, Mormoopidae, Noctilionidae, Furipteridae, Thyropteridae, Natalidae, Molossidae e Vespertilionidae (NOGUEIRA *et al.*, 2014;

NOGUEIRA *et al.*, 2018). Dentre estas, a família Phyllostomidae é a que possui uma maior representatividade, ou seja, um maior número de espécies e, além disso, apresenta grande diversidade de hábitos alimentares (REIS *et al.*, 2006, 2007; TRAJANO, 1985). O Brasil é o segundo país do

mundo que abriga um maior número de espécies de morcegos, isto é, aproximadamente, 15% da riqueza de morcegos do planeta (ALBERICO *et al.*, 2000; BERNARD *et al.*, 2010; BERNARD *et al.*, 2011).

O conhecimento sobre a diversidade de morcegos tem aumentado significativamente no Brasil (BERNARD *et al.*, 2010; BERNARD *et al.*, 2011; BICHUETTE *et al.*, 2018), porém, dados de distribuição de espécies ainda é heterogêneo e fragmentado (AGUIAR; MACHADO, 2005), visto que, trabalhos sobre a distribuição espacial de morcegos no Brasil indicam que menos de 10% da área total do país estão amostradas, e, aproximadamente, 60% de todo território brasileiro não apresenta nenhum registro formal de espécies de morcegos (BERNARD *et al.*, 2010; BERNARD *et al.*, 2011). Tal fato agrava-se quando se trata de espécies de morcegos associadas às cavernas. As cavernas são elementos chave para a conservação de morcegos, sendo importantes, também, para sua ecologia e evolução (NOVAES, 2012; PACHECO *et al.*, 2009; TRAJANO, 1985; HUMPHREY, 1975; ROCHA; BICHUETTE, 2016). Da mesma forma, a presença de morcegos em cavernas é essencial devido a seu papel na introdução de nutrientes nestes ambientes (TRAJANO, 1987; TRAJANO; BICHUETTE, 2006).

Diversos fatores podem influenciar a distribuição e abundância relativa de comunidades e espécies de morcegos, entretanto disponibilidade de alimento e de abrigos são considerados os mais importantes (TRAJANO, 1985; HUMPHREY, 1975). A heterogeneidade dos espaços associadas à presença de cavernas, assim como a diversidade de vegetação e microclimas, refletem uma maior disponibilidade de abrigos e, com isso, pode-se dizer, que o número de espécies de morcegos é maior em áreas onde existem cavernas (NOVAES, 2012; TRAJANO, 1985; HUMPHREY, 1975).

Para o Brasil, Trajano (1995), relatou cerca de 35 espécies de morcegos em cavernas e Guimarães; Ferreira (2014) relataram o registro de 58 espécies. Com base nesses dados, pode-se dizer que das 182 espécies de morcegos registrados para o Brasil, 31,86% já foram registrados em cavernas. Diante disso, salienta-se que muitas dessas espécies foram registradas apenas na Amazônia, onde estudos com cavernas são incomuns e, além disso, quando se trata do conhecimento da quiropterofauna, diversas áreas cársticas no Brasil ainda não foram estudadas, o que torna muito maior a proporção real de morcegos que usam cavernas como abrigo (TRAJANO, 1995; BICHUETTE, TRAJANO, *no prelo*).

Isto posto, torna-se necessário estudos que enfoquem o conhecimento da quiropterofauna

cavernícola, e as coleções científicas podem ser uma base de conhecimento importante para a realização destes estudos, visto que são o suporte básico para o desenvolvimento científico (KURY *et al.*, 2006), uma vez que contêm matéria prima para gerar, aperfeiçoar e validar o conhecimento científico (CRISTÍN; PERRILLIAT, 2011). Entretanto, apenas 7,72% dos estudos sobre morcegos são baseados em coleções científicas (FABIÀN, 2003) e isso evidencia o fato destas coleções serem pouco usadas nos variados estudos taxonômicos.

Para Gregorin; Tavares (2008), a escassez de estudos com material depositado em coleções científicas e a ausência de dados impossibilita a delimitação precisa da distribuição de alguns táxons. Assim sendo, possuir uma coleção que apresente uma maior representatividade de diferentes localidades contribui para o melhor conhecimento da taxonomia das espécies brasileiras de morcegos e para melhor uma compreensão das suas distribuições geográficas (GREGORIN; TAVARES, 2008).

O objetivo do presente trabalho é apresentar o material depositado na Coleção Científica do Laboratório de Estudos Subterrâneos (LES) da Universidade Federal de São Carlos (Vertebrados, Acrônimo LESV), referente à quiropterofauna de diversas áreas com ocorrências de cavernas no Brasil. Ainda, os dados da coleção trazem um levantamento taxonômico, geográfico e temporal de coletas de morcegos em diversas cavidades no Brasil.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O conjunto de informações aqui apresentados baseiam-se na análise dos dados presentes na Coleção Científica do Laboratório de Estudos Subterrâneos (LESV). Estes dados estão organizados em uma planilha baseada nas informações contidas em etiquetas de coletas, assim como em consulta aos coletores e doadores de parte do material. As informações encontram-se dispostas da seguinte forma: número de tombo, classificação (Classe, Ordem, Família, Subfamília, Gênero e Espécie), autor responsável pela descrição da espécie, localização (País, Estado, Município, Região e Caverna), data da coleta (Dia, Mês e Ano), coletores, número de indivíduos, observações complementares (Sexo, Estádio reprodutivo, Determinador e Data e Demais informações) e responsável pelo tombo do material.

Com relação a identificação dos espécimes, foram incorporados no trabalho espécimes da coleção já analisados por especialistas, assim como espécimes adicionais, utilizando-se chaves de

identificação (DÍAS *et al.*, 2011; VIZOTTO; TADDEI, 1973) e textos adicionais (REIS *et al.*, 2007). A partir disso, dados sobre a representatividade taxonômica e geográfica e sobre a abrangência temporal do material contido na coleção foram analisados.

Tratando-se da diversidade taxonômica, foi considerada a representatividade de cada família e subfamília (quando pertinente) e gênero presentes na coleção (LESV). Quanto à distribuição geográfica, foi quantificado os lotes presentes na coleção de acordo com o estado em que as coletas foram realizadas e, ainda, os estados que apresentam espécies que possuem sua distribuição diretamente relacionada à presença de cavernas. Em adição, também foram consideradas espécies registradas em áreas próximas às entradas de cavidades e definida categorias de ameaça para as espécies presentes na coleção. Já para a abrangência temporal, foram analisadas as datas e os números de cada lote coletados em cada ano.

A partir disso, foram elaborados gráficos e mapas no Programa Microsoft Excel 2013 (versão 15.0.5085.1000). Vale ressaltar que para produção dos gráficos e mapas foram considerados apenas os lotes provenientes de coletas feitas diretamente nos ambientes subterrâneos, visto que o presente trabalho busca analisar a contribuição da Coleção do Laboratório de Estudos Subterrâneos para o conhecimento a respeito das espécies de morcegos que ocorrem parte das cavernas brasileiras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coleção de quirópteros do LESV (Figura 1A) conta com 275 espécimes de diferentes grupos taxonômicos, distribuídos em 196 lotes coletados em 38 municípios de dez estados brasileiros, incluindo exemplares coletados dentro das cavernas e próximos a elas. Os espécimes trabalhados estão preservados em álcool 70% (frascos de vidro) acondicionados em armários de metal. Cada lote contém uma etiqueta identificadora (Figura 1B) com todos os dados pertinentes à coleta, sendo a mais completa possível (número de tomo, identificação taxonômica, localidade, data, coletores, número de indivíduos, condições climáticas e outras observações pontuais).

Do total de 196 lotes depositados na coleção, 183 (93,37%) foram coletados em cavernas e apenas 13 (6,63%) no entorno destas. Isso mostra a importância da coleção como fonte de documentação das espécies de morcegos cavernícolas e sua distribuição pelo território brasileiro.



Figura 1. Coleção de Quirópteros do Laboratório de Estudos Subterrâneos A. Lotes tombados em frascos de vidro conservados em álcool 70%, B. Etiqueta de identificadora contendo todas as informações do(s) espécime(s).

Vale destacar que dentre as espécies registradas em cavernas (Anexo I, Tabela 2), *Eptesicus diminutus* e *Myotis simus* correspondem a novos registros em cavidades subterrâneas, visto que sua presença em cavernas não havia sido ainda reportada (ver, GUIMARÃES; FERREIRA, 2014 – última listagem de morcegos cavernícolas do Brasil). As espécies *Eptesicus diminutus* e *Myotis simus* foram registradas, respectivamente, na Gruta do Riacho Subterrâneo no município de Itu, São Paulo, e na Gruta da Igreja no município de Ouro Preto, Minas Gerais.

Além disso, na compilação feita por Guimarães; Ferreira (2014) também não foi listada a presença da espécie *Rhynchonycteris naso*, mas o uso de entradas de ambientes subterrâneos por esta espécie foi reportado por Reis *et al.* (2007). No presente estudo essa espécie foi registrada em duas cavidades – Abrigo do Denis e Caverna Kararaô – no Município de Altamira, no estado do Pará.

Nesse contexto, pode-se dizer que, das 182 espécies de morcegos descritas para o Brasil, 60 (32,96%) tiveram registros de ocorrência em ambientes cavernícolas.

3.1 Representatividade taxonômica

A representação taxonômica da coleção compreende seis famílias de Chiroptera (Figura 2), com as seguintes contribuições: Phyllostomidae (83,1%), Vespertilionidae (6,0%), Natalidae (4,4%) Emballonuridae (2,7%), Furipteridae (1,6%), Mormoopidae (1,1%), Noctilionidae (1,1%).

Phyllostomidae destaca-se por ser a mais numerosa e diversificada e com mais representantes no Brasil; Vespertilionidae possui representantes com ampla distribuição geográfica; Natalidae é frequentemente encontrada em cavernas e possui

distribuição limitada a algumas regiões do Brasil; Emballonuridae apresenta decréscimo na diversidade conforme aumenta a latitude; Furipteridae possui baixa representatividade, sendo, também, frequentemente encontrada em cavernas; Mormoopidae é pouco diversa e comumente encontrada em cavernas; Noctilionidae possui ampla distribuição geográfica, entretanto tem sua distribuição associada a presença de corpos d'água e/ou áreas úmidas, com destaque para a espécie *Noctilio leporinus*: dentre as duas espécies do gênero, é a única, até o momento, em que o uso de abrigos diurnos, como cavernas, foi identificado (REIS *et al.*, 2007).

Com relação às subfamílias pertencentes a Phyllostomidae e Vespertilionidae, foi analisada a representatividade destas em número de exemplares depositados na LESV (Figura 3). Observa-se que para a família Phyllostomidae as seguintes subfamílias estão presentes na coleção: Desmodontinae (25,9%), Phyllostominae (17,1%), Glossophaginae (15,8%), Carollinae (12,7%), Stenodermatinae (11,4%), Lonchophyllinae (5,1%) e Lonchorhininae (1,9%). Já a família Vespertilionidae, apresentou as seguintes subfamílias: Myotinae (6,3%) e Vespertilioninae (0,6%). Enquanto que a subfamília Emballonurinae apresentou 3,2% de representatividade na coleção.

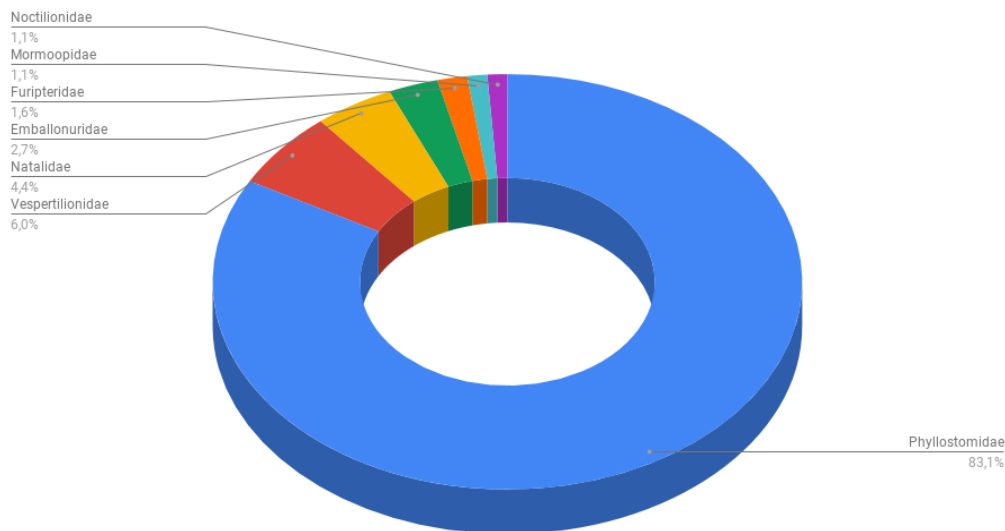


Figura 2. Representatividade dos grupos taxonômicos (em nível de família), conforme número de lotes depositados na Coleção de Chiroptera do Laboratório de Estudos Subterrâneos da UFSCar. No gráfico, as famílias encontram-se discriminadas por cores. N = 183 lotes, sendo: 152 Phyllostomidae; 11 Vespertilionidae; 8 Natalidae; 5 Emballonuridae; 3 Furipteridae; 2 Mormoopidae; 2 Noctilionidae.

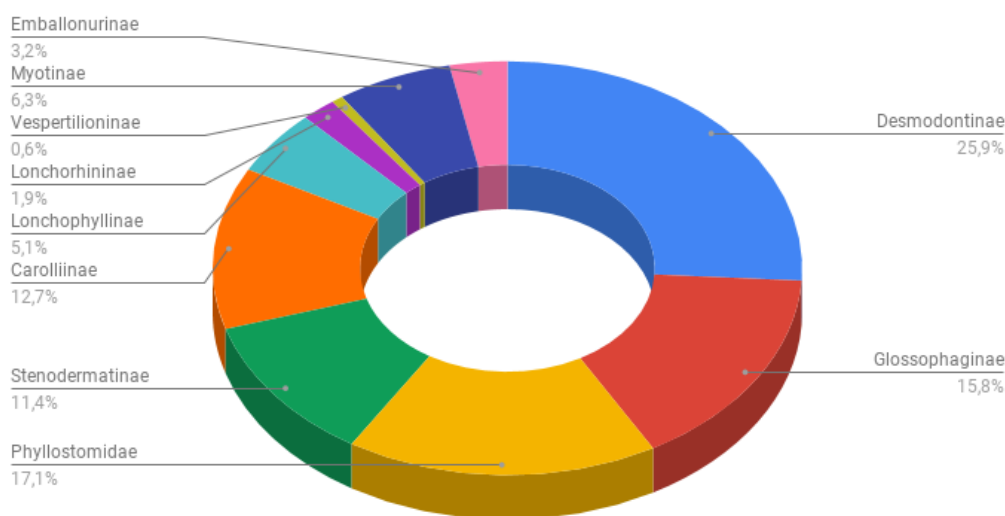


Figura 3. Representatividade dos grupos taxonômicos (em nível de subfamília), conforme número de lotes depositados na Coleção de Chiroptera do Laboratório de Estudos Subterrâneos da UFSCar. No gráfico, as subfamílias encontram-se discriminadas por cores. N = 158, sendo: 41 Desmodontinae; 25 Glossophaginae; 27 Phyllostominae; 18 Stenodermatinae; 20 Carollinae; 8 Lonchophyllinae; 3 Lonchorhininae; 10 Myotinae; 1 Vespertilioninae; 5 Emballonurinae.

Em relação à família Phyllostomidae, a família Desmodontinae apresentou uma maior representatividade, possivelmente associada a maior frequência de coletas da espécie *Desmodus rotundus*, considerada comum e abundante. Os Phyllostominae constituem um grupo bem diversificado e essencialmente neotropical, e todas as espécies registradas são comumente encontradas em ambientes cavernícolas. Os Glossophaginae apesar de não apresentar grande diversidade de espécies em assembleias locais, no presente trabalho foi observado uma significativa representatividade desta subfamília, visto que a espécie *Anoura caudifer* (espécie esta que possui forte associação a ambientes cavernícolas) foi frequentemente coletada, além das demais que são comumente encontradas em ambientes subterrâneos. Os Carollinae são um dos mamíferos mais frequentemente encontrados em áreas tropicais. Embora os Stenodermatinae ser uma subfamília numerosa, com a maioria das espécies abundantes e comumente encontradas em inventários faunísticos, pode-se dizer que sua amostragem foi intermediária ao longo dos anos de coleta, atingindo seu maior pico no ano de 2019. Já as Subfamílias Lonchophyllinae e Lonchorhininae têm áreas de distribuição mais restritas e amplas,

respectivamente, sendo ambas frequentemente encontrada em cavernas.

Quanto à família Vespertilionidae, evidencia-se a predominância de espécimes pertencentes à subfamília Myotinae que possui uma distribuição geográfica mais ampla do que a subfamília Vespertilioninae. Já a subfamília Emballonurinae possui representantes que são encontrados em ambientes próximos a corpos d'água, o que pode limitar a sua distribuição e explicar sua baixa frequência de captura.

Em relação à representatividade taxonômica de gêneros de Chiroptera encontrada na coleção (Figura 4), os gêneros *Desmodus*, *Carollia*, *Glossophaga*, *Chrotopterus*, *Anoura*, *Myotis* e *Artibeus* destacam-se como os mais representativos na coleção com: 35, 20, 14, 12, 11, 10 e 10 lotes, respectivamente. Na sequência temos *Natalus*, *Tonatia* e *Diphylla* com oito, seis e cinco, respectivamente. E, por fim, como os gêneros menos representativos, temos *Mimon*, *Lonchophylla* e *Lionycteris* todos com quatro lotes cada. *Trachops*, *Platyrrhinus*, *Peropteryx*, *Lonchorhina* e *Furipterus* contam com três lotes cada. *Sturnira*, *Rhynchonycteris*, *Pteronotus* e *Noctilio* com dois cada. E, por fim, *Vampyressa*, *Eptesicus* e *Chiroderma* com apenas um lote cada.

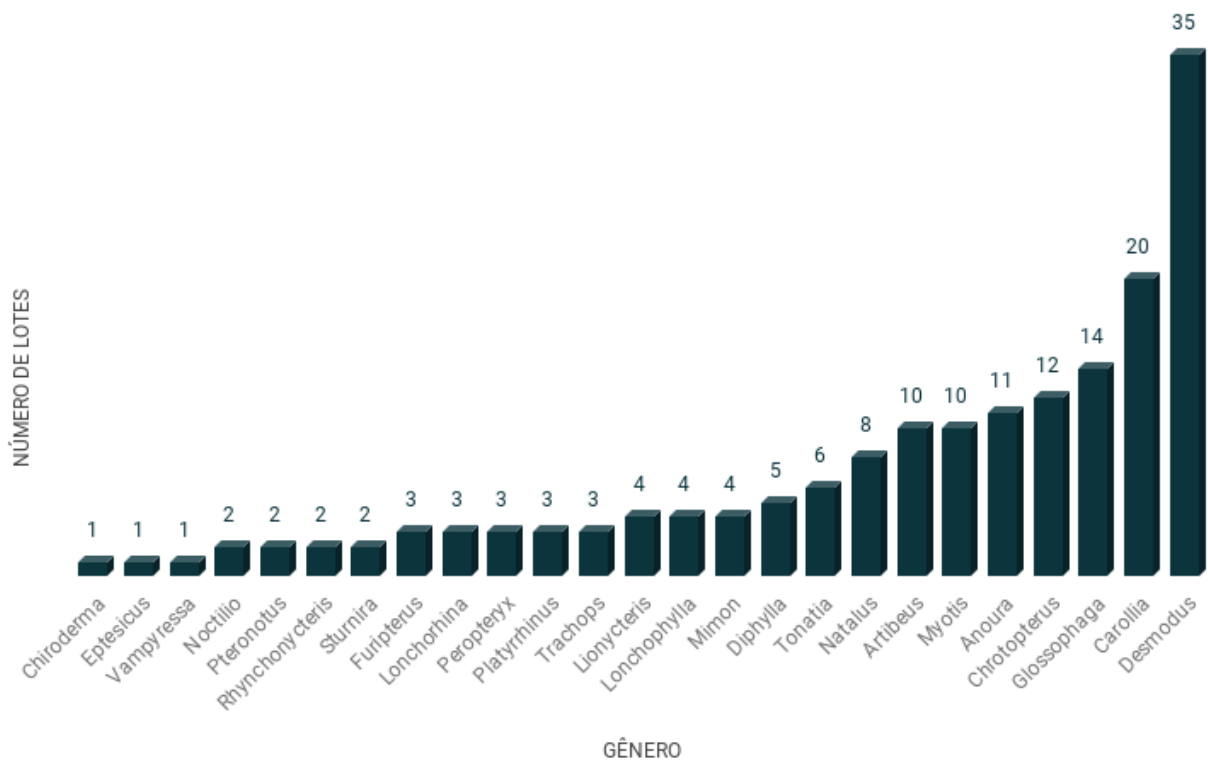


Figura 4. Representatividade dos grupos taxonômicos (em nível de gênero), conforme número de lotes depositados na Coleção de Chiroptera do Laboratório de Estudos Subterrâneos da UFSCar. No gráfico, os gêneros encontram-se expostos conforme número espécimes registrados na coleção. N = 25 gêneros distribuídos em 169 lotes.

O maior número de registros para os gêneros *Desmodus*, *Carollia*, *Glossophaga*, *Chrotopterus*, *Anoura*, *Myotis* e *Artibeus* deve-se à ampla distribuição das espécies relacionadas – *Desmodus rotundus*, *Carollia perspicillata*, *Glossophaga soricina*, *Chrotopterus auritus*, *Anoura caudifer*, *Anoura geoffroyi*, *Myotis nigricans*, *Artibeus lituratus* e *Artibeus obscurus* – sendo estas encontradas frequentemente em estudos faunísticos. Já a representatividade intermediária dos gêneros, e suas respectivas espécies, *Natalus* (*Natalus macrourus*), *Tonatia* (*Tonatia bidens*) e *Diphylla* (*Diphylla ecaudata*), deve estar relacionada à baixa tolerância a ambientes secos, à dependência a ambientes associados a formações florestais e à distribuição mais restrita, na devida ordem.

Os demais gêneros, apesar de possuírem algumas espécies comuns e abundantes, como, *Mimon benettii*, *Trachops cirrhosus*, *Platyrrhinus lineatus*, *Sturnira lilium* e *Sturnira tildae*, não são comumente encontrados em ambientes subterrâneos. Em contrapartida, as a ocorrência das espécies *Lonchophylla dekeyseri*, *Furipterus horrens* e *Lonchorhina aurita* está fortemente associada à disponibilidade de cavernas e, ainda, pela primeira possuir uma distribuição mais restrita e as duas últimas, apesar de apresentarem uma distribuição ampla, *Furipterus horrens* possui poucos registros e *Lonchorhina aurita* é considerada rara em suas localidades de ocorrências. Já os gêneros associados às espécies *Lonchophylla mordax*, *Lionycteris spurrelli*, *Pteronotus parnellii*, *Noctilio* sp. e *Rhynchonycteris naso*, podem ter apresentado uma baixa representatividade devido a forte dependências destas a áreas úmidas e/ou presença de corpos d'água. Por fim, a baixa representatividade das espécies *Peropteryx kappleri*, *Vampyressa pussila* e *Eptesicus diminutus*, pode ser explicada por estas não serem comumente encontradas em ambientes subterrâneos e, ainda, por possuírem distribuição mais restrita.

É importante dizer que, da diferença entre o número total de lotes e o número de lotes considerados para a análise de subfamília, em 25 lotes não se obteve identificação até este nível taxonômico, sendo 10 destes para o caso de espécimes da família Phyllostomidae e 15 para os casos das famílias Natalidae, Furipteridae, Mormoopidae e Noctilionidae em que subfamílias não foram consideradas. O mesmo ocorreu na análise do número de lotes por gênero, que em 14 lotes não foi possível concluir a identificação até o nível genérico ou específico. Isso devido aos lotes serem compostos por crânios/esqueleto incompletos.

3.2 Representatividade geográfica

A maior parte dos lotes da coleção (Figura 5) provêm dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Goiás, com 60, 45, 29 e 22 lotes, respectivamente. Isso devido aos estudos pioneiros nos estados de São Paulo e Minas Gerais, que foram responsáveis pela destinação de material doados ao Laboratório de Estudos Subterrâneos, e a maiores demandas de trabalhos para estas quatro regiões, sendo os quatro principais estados de desenvolvimento de estudos no Laboratório nos últimos anos.

O estado do Rio Grande do Norte segue com 13 lotes, derivados de uma única coleta no ano de 2013. Para o estado do Pará tem-se oito lotes, metade provenientes de doação e a outra metade de coletas realizadas nos anos de 2009 e 2013. Já os dois lotes correspondentes ao estado do Piauí, vieram de uma única coleta realizada no ano de 2018. Os demais registros são para os estados do Mato Grosso do Sul, Paraná e Sergipe, o primeiro com dois lotes e os dois últimos com um lote cada, provenientes de material de doação.

Quanto aos registros de espécies que possuem sua distribuição diretamente associadas à presença de cavidades subterrâneas (Figura 6), tem-se o estado de Goiás com 6 espécies – *Lonchorhina aurita*, *Lionycteris spurrelli*, *Lonchophylla dekeyseri*, *Anoura geoffroyi*, *Diphylla ecaudata* e *Natalus macrourus*; Minas Gerais com cinco espécies – *Lionycteris spurrelli*, *Furipterus horrens*, *Anoura geoffroyi*, *Diphylla ecaudata* e *Natalus macrourus*; São Paulo com quatro espécies – *Anoura geoffroyi*, *Furipterus horrens*, *Diphylla ecaudata* e *Lonchorhina aurita*; Pará com duas espécies – *Natalus macrourus* e *Anoura geoffroyi*; Bahia e Rio Grande do Norte com duas espécies, ambos com registro de *Natalus macrourus*.

Destas espécies, *Furipterus horrens*, *Natalus macrourus*, *Lonchorhina aurita* e *Lonchophylla dekeyseri*, encontram-se ameaçadas de extinção conforme lista do Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (2018), sendo as três primeiras classificadas na categoria vulnerável e a última na categoria em perigo. Devido à suas dependências de ambientes cavernícolas e a crescente destruição destes hábitats por atividades de turismo desordenado e, principalmente, por atividades ligadas à mineração, tem sido observada um declínio populacional destas espécies. Atividades de turismo desordenado também contribuem.

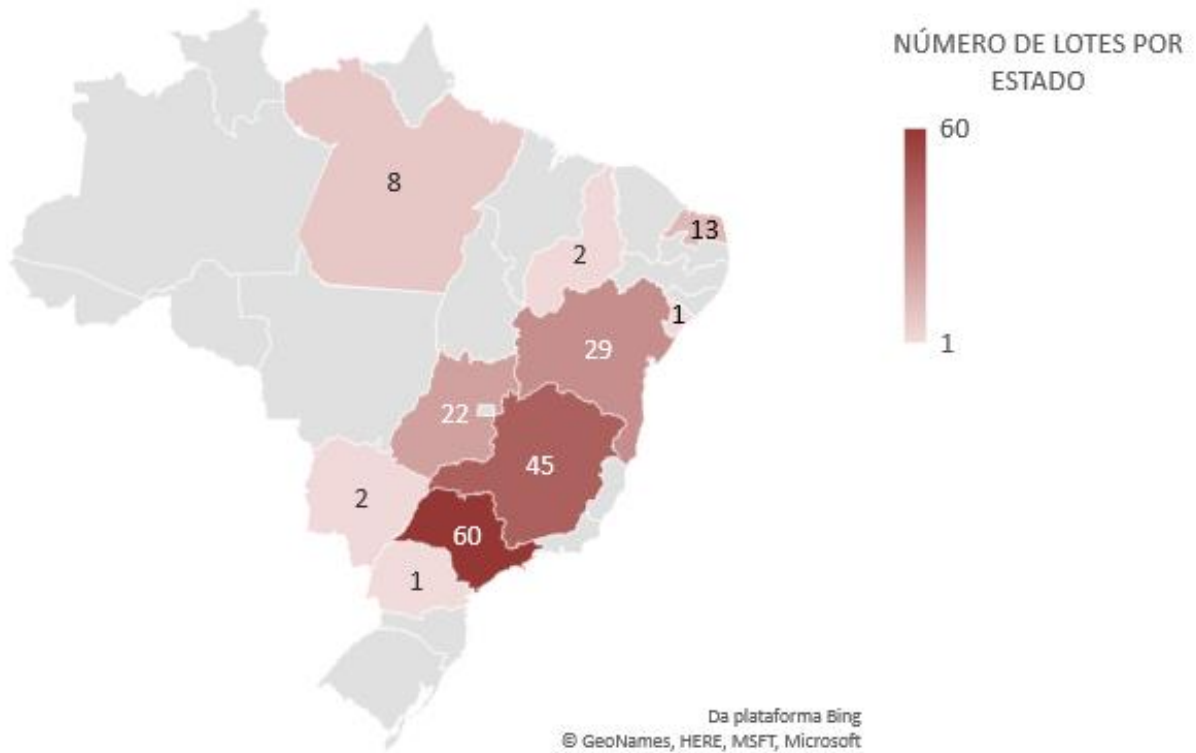


Figura 5. Mapa mostrando os estados de origem dos lotes da Coleção de Quirópteros do Laboratório de Estudos Subterrâneos. A escala de cores mostra a quantidade de lotes provenientes de cada estado. N = 183 lotes distribuídos por 10 estados brasileiros.

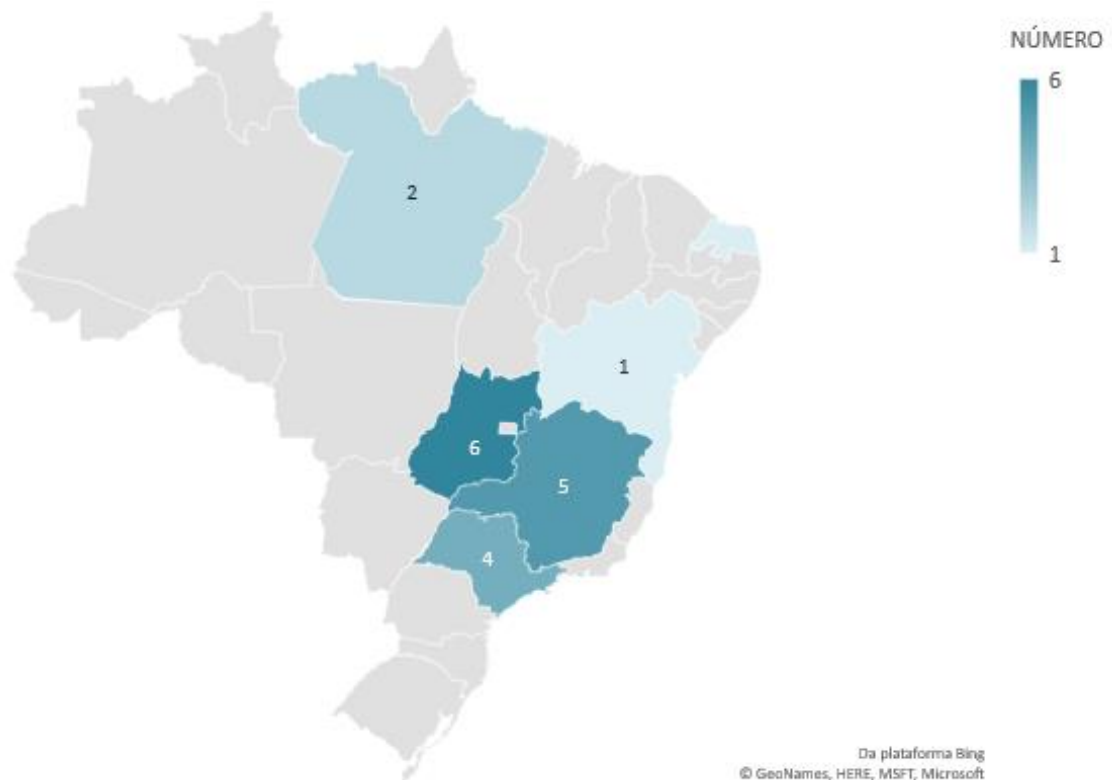


Figura 6. Mapa mostrando os estados que dispõem espécies com distribuição diretamente associada à presença de cavidades subterrâneas, presentes na Coleção de Quirópteros do Laboratório de Estudos Subterrâneos. A escala de cores mostra o número de espécies por estado. N = 7 espécies distribuídas por cavidades em 6 estados brasileiros.

Em adição, apresenta-se aqui (Figura 7) a classificação quanto ao nível de ameaça, de acordo com os dados disponibilizados pela *IUCN Red List*

of threatened species (2019) das espécies presentes na Coleção Científica do Laboratório de Estudos Subterrâneos.



Figura 7. Número de espécies por categoria de ameaça. N = 30 espécies.

Das 30 espécies encontradas na coleção, distribuídas pelos 183 lotes, 23 encontram-se classificadas em baixo risco de extinção – *Anoura caudifer*, *Anoura geoffroyi*, *Artibeus lituratus*, *Artibeus obscurus*, *Carollia perspicilata*, *Chiroderma doriae*, *Chrotopterus auritus*, *Desmodus rotundus*, *Diphylla ecaudata*, *Eptesicus diminutus*, *Glossophaga soricina*, *Lionycteris spurrelli*, *Mimon benettii*, *Myotis nigricans*, *Myotis simus*, *Noctilio* sp., *Peropteryx kappleri*, *Platyrrhinus lineatus*, *Pteronotus parnellii*, *Rhynchonycteris naso*, *Sturnira lilium*, *Sturnira tildae* e *Trachops cirrhosus*; duas possuem dados deficientes *Tonatia bidens* e *Vampyressa pussila*; e uma enquadra-se na categoria quase ameaçada: *Lonchophylla mordax*.

Vale ressaltar que o controle indiscriminado de populações de *Desmodus rotundus* em cavernas, através da passagem de pastas venenosas nos indivíduos, pode promover, com o tempo, o declínio dessas populações. E, ainda, esse tipo de controle acaba atingindo outras espécies que compartilham abrigos com *Desmodus rotundus*, como é o caso da

espécie *Lonchophylla dekeyseri* que já encontra-se ameaçada de extinção.

3.3 Abrangência temporal dos lotes presentes na coleção LESV

O lote mais antigo da coleção é de 1976, tratando-se de um espécime macho de *Glossophaga soricina*, coletado por Wilson Uieda e Atilio Storti Filho na Gruta da Lapinha no município Lagoa Santa, Minas Gerais (LESV248). Já o lote mais recente (LESV500) se trata de um esqueleto incompleto de *Artibeus* cf. *obscurus*, coletado em fevereiro de 2019, por Maria Elina Bichuette, Dayana Ferreira Torres e Jonas Eduardo Gallão na Toca da Trincheira no município de Mirangaba, Bahia.

A partir da distribuição temporal dos lotes contidos na coleção (Figura 7), nota-se que há uma flutuação no decorrer dos anos relacionada ao número de coletas realizadas. Além disso, observa-se três picos, indicados pelas setas vermelhas, de coletas realizadas nos anos de 2013, 2000 e 2019.

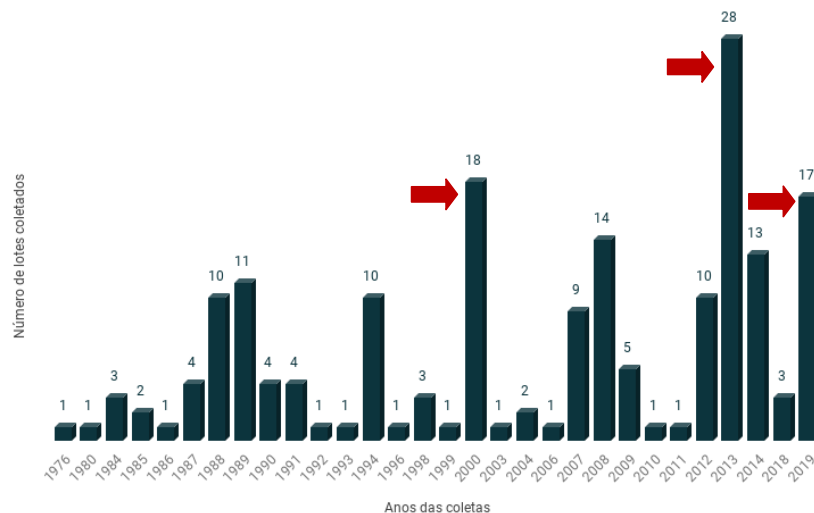


Figura 8. Abrangência temporal dos lotes da Coleção de Quirópteros do Laboratório de Estudos Subterrâneos. O eixo y representa o número de lotes coletados, enquanto que o eixo x representa os anos em que estes lotes foram coletados. As setas vermelhas indicam os anos em que mais lotes foram coletados. N = 181 lotes.

No ano de 2013 a maiorias das coletas se deram nos estados de São Paulo, município de Itu (Gruta do Riacho Subterrâneo), e Rio Grande do Norte, município de Martins (Caverna Casa de Pedra, Caverna Labirinto, Caverna Dorminhoco, Caverna Pérolas e Caverna Três Inhus). Outros estados também foram amostrados durante esse ano, como Goiás, município de Mambai (Gruta da Tarimba e Gruta Pasto de Vacas II), Pará, município de Altamira (Caverna Kararaô) e Minas Gerais, município de Ouro Preto (Gruta do Fogão e Gruta da Igrejinha). Enquanto que no ano de 2000 as coletas foram realizadas, majoritariamente, no município de São Domingos, Goiás (Caverna Passa Três), e apenas uma coleta no município de Itacarambi, Minas Gerais (Gruta Olhos D'água). Por fim, no ano de 2019 todas as coletas foram realizadas no estado da Bahia, nos municípios de Nova Redenção (Gruta da Lapinha), Ituaçu (Lapa do Bode, Gruta do Mandacaru e Lapa do Parafuso) e Mirangaba (Toca da Trincheira).

Como pode ser observado, os primeiros anos tiveram um espaçamento de quatro anos entre uma coleta e outra. Entre 1984 e 2003 e 2007 e 2015, tem-se coletas sendo realizadas, praticamente, anualmente. Porém, entre os anos de 2004 e 2007 e 2014 a 2018, há uma espaçamento de três e quatro anos, respectivamente, entre uma coleta e outra.

Cabe ressaltar que material anterior ao ano de 2007 foi proveniente de doação ou de coletas realizadas por Maria Elina Bichuette durante sua

pós-graduação na Universidade de São Paulo (USP). Parte (14,75%) dos lotes depositados na coleção, principalmente os mais antigos, chegaram até o Laboratório de Estudos Subterrâneos por meio de doação de Eleonora Trajano (IBUSP). Os demais foram obtidos através de projetos de pesquisa desenvolvidos no próprio laboratório.

Destaca-se ainda que dois lotes (LESV195 e LESV210) não foram considerados para essa análise, uma vez que os mesmos não possuem informações a respeito dos anos em que as coletas foram realizadas.

3.4 Dados adicionais de coletas realizadas próximas a cavernas

Dados a respeito das espécies coletadas próximas às cavidades (Tabela 1) são importantes para complementar as informações sobre a diversidade e a disposição dessas espécies nas regiões estudadas. Porém, a coleção mostra uma carência de estudos realizados no entorno dos ambientes subterrâneos visitados, uma vez que a maioria das amostragens ocorreram dentro ou na entrada das cavidades. E, ainda, demonstra a necessidade de estudos com marcação e recaptura de quirópteros que usam cavernas como abrigos, visando obter informações a respeito da movimentação e deslocamentos das espécies e ocupação das áreas ao entorno.

Tabela 1. Informações sobre espécies encontradas no entorno de cavidades. **Localidade: 1.** Povoado de Santa Rita (BA); **2.** PETAR – Núcleo Caboclos (SP); **3.** Fazenda Intervals (SP); **4.** Ao lado da entrada da Gruta Barra Bonita (SP); **5.** Povoado de Piteira; **6.** Estrada de acesso para a Caverna Colorida (SP). N = 13 espécimes.

FAMÍLIA	SUBFAMÍLIA	ESPÉCIE	Nº TOMBO	LOCALIDADE
Phyllostomidae	Lonchophyllinae	<i>Lonchophylla mordax</i>	LESV256	1
Phyllostomidae	Stenodermationae	<i>Platyrrhinus lineatus</i>	LESV257	1
Phyllostomidae	Stenodermationae	<i>Artibeus obscurus</i>	LESV258	1
Phyllostomidae	Stenodermationae	<i>Artibeus obscurus</i>	LESV259	1
Phyllostomidae	Stenodermationae	<i>Artibeus obscurus</i>	LESV260	1
Phyllostomidae	Stenodermationae	<i>Artibeus obscurus</i>	LESV261	1
Phyllostomidae	Stenodermationae	<i>Phyllostomus hastatus</i>	LESV262	1
Phyllostomidae	Carolliinae	<i>Carollia perspicillata</i>	LESV264	2
Phyllostomidae	Stenodermationae	<i>Vampyressa pusilla</i>	LESV265	2
Phyllostomidae	Stenodermationae	<i>Sturnira lilium</i>	LESV302	3
Furipteridae		<i>Furipterus</i> sp.	LESV320	4
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Anoura caudifer</i>	LESV369	5
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Anoura caudifer</i>	LESV436	6

4. CONCLUSÃO

O Brasil se destaca em termos de diversidade de quirópteros, entretanto muito ainda precisa ser explorado quando se trata da quiropterofauna cavernícola. Nesse contexto, a Coleção de Quirópteros do Laboratório de Estudos Subterrâneos se mostra importante por contribuir com registros científicos de espécies de quirópteros para ambientes subterrâneos e, em menor quantidade, para o seu entorno. Além disso, a Coleção se destaca por possuir material proveniente de projetos de pesquisa e não de trabalhos realizados com relatórios ambientais, o que evidencia a importância dos trabalhos científicos para o conhecimento da quiropterofauna brasileira. Por fim, destaca-se o registro de duas novas espécies, *Eptesicus diminutus* e *Myotis simus*, utilizando ambientes cavernícolas como abrigos diurnos, contribuindo para ampliar para 60 (32,96%) o número de espécies de morcegos registradas em cavernas no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos Eleonora Trajano pela doação de parte do material de Chiroptera depositado na Coleção do Laboratório de Estudos Subterrâneos; aos órgãos ambientais governamentais, como Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (anterior a 2007) e Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), pela concessão das licenças que permitiram a coleta dos espécimes depositados na coleção; às agências de fomento e financiadoras (CNPq – processos nº 303715/2011-1, 308557/2014-0 e 310378/2017-6, FAPESP – processos nº 2008/05678-7 e 2010/08459-4, e CAPES – processo nº 88887.159166/2017-00), pelo apoio financeiro aos projetos de pesquisa desenvolvidos no Laboratório de Estudos Subterrâneos/UFSCar.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L.M.S., MACHADO, R.B. Identification of priority areas for bat inventories. **Annals of the XIXth Annual Meeting of the Society for Conservation Biology**, v.8, p.2-2, 2005.
- ALBERICO, M., CADENA, A., HERNÁNDEZ-CAMACHO, J.; MUÑOZSABA, Y. Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colômbia. **Biota Colômbia**. v.1, p.43-75, 2000.
- BARROS, M.A.S.; MORAIS, C.M.G.; FIGUEIREDO, B.M.B.; JÚNIOR, G.B.M.; RIBEIRO, F.F.S.; PESSOA, D.M.A.; ITO, F.; BERNARD, E. Bats (Mammalia, Chiroptera) from the Nísia Floresta National Forest, with new records for the state Rio Grande do Norte, northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v.17, n.2, 2017.
- BERNARD, E.; AGUIAR, L.M.S.; MACHADO, R.B. Discovering the Brazilian bat fauna: a task for two centuries? **Mammal Review**, 41(1), p.23-29, 2010.
- BERNARD, E.; TAVARES, V.C.; SAMPAIO, E. Compilação atualizada das espécies de morcegos (Chiroptera) para a Amazônia Brasileira. **Biota Neotropica**, v.11, n1, 2011.
- BICHUETTE, M.E.; GIMENEZ, E.A.; ARNONE, I.S.; TRAJANO, E. An important site for conservation of bats in Brazil: Passa Três Cave, São Domingos karst area, with an updated checklist for Distrito Federal (DF) and Goiás state. **Subterranean Biology**, v.28, p.39-51, 2018.
- CRISTÍN, A.; PERRILLIAT, M.C. Las colecciones científicas y la protección del patrimonio paleontológico. **Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana**, v.63, n.3, p.421-427, 2011.
- DÍAS, M.M.; AGUIRRE, L.F.; BARQUEZ, R.M. **Clave de identificación de los murciélagos del cono sur de Sudamérica**. Centro de Estudios em Biología Teórica y Aplicada. Cochabamba, Bolívia, 2011, 94p.
- FABIÁN, M.E. Coleções científicas de Chiroptera. **Anais do IV Encontro Brasileiro para o Estudo de Quirópteros**. Divulgação do Museu de Ciências e Tecnologia, 2: 5-6, 2003.

- FELIX, S.; NOVAES, R.L.M.; SOUZA, R.F.; AVILLA, L.S. Bat assemblage in a karstic area from northern Brazil: seven new occurrences for Tocantins state, including the first record of *Glyphonycteris sylvestris* Thomas, 1896 for the Cerrado. **Check List the Journal of Biodiversity data**. v.12, n.6, 2016.
- GUIMARÃES, M.M.; FERREIRA, R.L. Morcegos cavernícolas do Brasil: novos registros e desafios para conservação. **Revista Brasileira de Espeleologia**, v.2, n.4, 2014.
- HUMPHREY, S.R. Nursery roots and community diversity of nearctic bats. **Journal of Mammalogy**, v.56, n.2, p.321-346, 1975.
- International Union for Conservation of Nature. **IUCN Red List of Threatened Species**. 2019. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/>. Acesso em: 14.ABR.2019.
- KURY, A.B. *et al.* **Diretrizes e estratégias para a modernização de coleções biológicas brasileiras e a consolidação de sistemas integrados de informações a biodiversidade**. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Brasília, março de 2006.
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Livro vermelho da fauna Brasileira ameaçada de extinção: volume II – Mamíferos**. 1º edição, Brasília, DF: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/Ministério do Meio Ambiente, 2018. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacoes/publicacoes-diversas/livro_vermelho_2018_vol2.pdf. Acessado em: 13.ABR.2019.
- NOGUEIRA M.R.; LIMA, I.P.; GARBINO, G.S.T; MORATELLI, R.; TAVARES, V.C.; GREGORIN, R.; PERACCHI, A.L. 2018. **Updated checklist of Brazilian bats: version 2018.1**. Comitê da Lista de Morcegos do Brasil – CLMB. Sociedade Brasileira para o Estudo de Quirópteros (Sbeq). Disponível em: <http://www.sbeq.net/updatelist>. Acessado em: 2.NOV.2018.
- NOGUEIRA, M.R.; de LIMA, I.P.; MORATELLI, R.; TAVARES, V.C.; GREGORIN, R.; PERACCHI, A.L. Checklist of Brazilian bats, with comments on original records. **Check List**, v.10, n.4, p.808-821, 2014.
- NOVAES, R.L.M. Morcegos e Cavernas: histórias escondidas de evolução, conservação e preconceito. **Ciência Hoje**, v.49, p.294, 2012.
- PACHECO, S.M.; SODRÉ, M.M.; MELLO, M.A.R.; MARQUES, R.V.; UIEDA, W.; AGUIAR, L.; PASSOS, F.C.; TRAJANO, E.; BREDT, A. Estado da Arte e perspectivas para a Zoologia no Brasil. *In: Chiroptera*. Capítulo 14, Curitiba: Ed. UFPR, p.231-248, 2009.
- REIS, N.R.; PERACCHI, A.L.; PEDRO, W.A.; LIMA, I.P. (Eds). **Mamíferos do Brasil**. Londrina: 2006.
- REIS, N.R.; PERACCHI, A.L.; PEDRO, W.A.; LIMA, I.P. **Morcegos do Brasil**. Londrina, 2007.
- ROCHA, A.; BICHUETTE, M.E. Influence of abiotic variables on the bat fauna of a granitic cave and its surroundings in the state of Sao Paulo, Brazil. **Biota Neotropica**, v.16, n.3, 2016.
- TAVARES, V.C.; GREGORIN, R. Diversidade de morcegos no Brasil: lista atualizada com comentários sobre distribuição e taxonomia. *In: Sistemática de morcegos no Brasil: história e perspectivas*. Capítulo 2, Armazém Digital, Porto Alegre, 2008.
- TAVARES, V.C.; GREGORIN, R.; PERACCHI, A.L. Diversidade de morcegos no Brasil: lista atualizada com comentários sobre distribuição e taxonomia. *In: Sistemática: a diversidade de morcegos no Brasil*. Capítulo 1, Armazém Digital, Porto Alegre, 2008.
- TAXEUS. **Listas de espécies**. Disponível em: <https://www.taxeus.com.br/>. Acesso em: 14.ABR.2019.

- TRAJANO, E. Ecologia de populações de morcegos cavernícolas em uma região cárstica do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v.2, n.5, p.255-320, 1985.
- TRAJANO, E. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v.3, n.8, p.533-561, 1987.
- TRAJANO, E. Protecting caves for the bats or bats for the caves? **Chiroptera Neotropical**, v.1, n.2, 1995.
- TRAJANO, E.; BICHUETTE, M.E. **Biologia Subterrânea. Introdução**. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2006.
- VIZOTTO, L.D.; TADDEI, V.A. **Chave para determinação de quirópteros brasileiros**. São José do Rio Preto: Boletim de Ciências, 1973, 72p..

ANEXO I

Tabela 1. Espécie por lote e seu registro em cavidades. **Cavidade/Estado:** 1. Toca do Gonçalves (BA); 2. Gruta das Torras (BA); 3. Gruta da Água Fina (BA); 4. Gruta da Lapinha (BA); 5. Gruta do Bispo (BA); 6. Gruta do Mandacaru (BA); 7. Gruta do Relógio (BA); 8. Lapa do Bode – Ituaçu (BA); 9. Lapa do Bode – Itaetê (BA); 10. Lapa do Manga I (BA); 11. Lapa do Parafuso (BA); 12. Lapa Doce II (BA); 13. Toca da Trincheira (BA); 14. Caverna Passa Três (GO); 15. Gruta da Tarimba (GO); 16. Gruta Pasto das Vacas I (GO); 17. Caverna São Mateus (GO); 18. Gruta do Imbé (GO); 19. Gruta da Lapinha (MG); 20. Gruta Olhos D'água (MG); 21. Toca do Sumidouro (MG); 22. Lapa Vereda da Palha (MG); 23. Caverna da Piedade (MG); 24. Gruta do Fogão (MG); 25. Gruta da Igrejinha (MG); 26. Caverna Janelão (MG); 27. Caverna Rei do Mato (MG); 28. Caverna Zeferino I (MG); 29. Gruta da Juruva (MG); 30. Gruta do Brega (MG); 31. Caverna Pedra da Cachoeira (PA); 32. Caverna Planaltina (PA); 33. Caverna Kararaô (PA); 34. Caverna China (PA); 39. Abrigo Denis (PA); 35. Gruta do Moquéim (PI); 36. Toca de Cima dos Pilão (PI); 37. Gruta da Rocha (PR); 38. Gruta do Cure (MS); 39. Abismo do Poço (MS); 40. Caverna Casa de Pedra (RN); 41. Caverna Dorminhoco (RN); 42. Caverna Labirinto (RN); 43. Caverna Pérolas (RN); 44. Caverna Três Inchus (RN); 45. Gruta do Ebirá (SE); 46. Abismo Ponta de Flecha (SP); 47. Gruta do Chapéu (SP); 48. Caverna de Morro Preto (SP); 49. Caverna Casa de Pedra (SP); 50. Gruta Colorida (SP); 51. Abismo da Chuva (SP); 52. Gruta dos Paiva (SP); 53. Toca dos Meninos (SP); 54. Gruta do Minotauro (SP); 55. Caverna Monjolinho (SP); 56. Gruta da Pedra Solta (SP); 57. Caverna Águas Quentes (SP); 58. Toca do Tigre (SP); 59. Abismo da Gurutuva (SP); 60. Gruta da Toca (SP); 61. Gruta do Fazendão (SP); 62. Gruta do Riacho Subterrâneo (SP); N = 262 espécimes.

FAMÍLIA	SUBFAMÍLIA	ESPÉCIE	Nº TOMBO	CAVIDADE
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Tonatia bidens</i>	LESV473, 474	1
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV428	1
Natalidae		<i>Natalus macrourus</i>	LESV442	1
Phyllostomidae	Carollinae	<i>Carollia perspicillata</i>	LESV294/295	2
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Chrotopterus auritus</i>	LESV560	3
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV483/484/485/486	4
Phyllostomidae	Desmodontinae		LESV499	4
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV482	5
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Chrotopterus auritus</i>	LESV487	5
Phyllostomidae	Lonchophyllinae	<i>Lonchophylla cf. mordax</i>	LESV493	6
Phyllostomidae			LESV511	7
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV489/491	8
Phyllostomidae	Stenodermatinae	<i>Artibeus</i> sp.	LESV496	8
Phyllostomidae	Stenodermatinae	<i>Mimon</i> sp.	LESV498	8
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV504/509	9
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV501	10
Phyllostomidae	Stenodermatinae	<i>Artibeus</i> sp.	LESV497	11
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV502	12
Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Peropteryx cf. kappleri</i>	LESV492	13

Phyllostomidae	Stenodermatinae	<i>Artibeus cf. obscurus</i>	LESV494/500	13
Phyllostomidae	Stenodermatinae		LESV495	13
Phyllostomidae	Stenodermatinae	<i>Platyrrhinus lineatus</i>	LESV355/366	14
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Glossophaga soricina</i>	LESV356/362	14
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Trachops cirrhosus</i>	LESV357/367/391	14
Phyllostomidae	Lonchorhininae	<i>Lonchorhina aurita</i>	LESV358/360	14
Phyllostomidae	Lonchophyllinae	<i>Lionycteris spurrelli</i>	LESV359/381	14
Phyllostomidae	Carolliinae	<i>Carollia perspicillata</i>	LESV361	14
Phyllostomidae	Lonchophyllinae	<i>Lonchophylla dekeyseri</i>	LESV363/364	14
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Anoura caudifer</i>	LESV365	14
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Anoura geoffroyi</i>	LESV350	15
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Diphylla ecaudata</i>	LESV389	15
Natalidae		<i>Natalus macrourus</i>	LESV390	15
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV415	16
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Glossophaga soricina</i>	LESV368	17
Phyllostomidae			LESV228	18
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Glossophaga soricina</i>	LESV248	19
Natalidae		<i>Natalus macrourus</i>	LESV310/313/370/441	20
Phyllostomidae	Stenodermatinae	<i>Platyrrhinus sp.</i>	LESV306	20
Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Peropteryx sp.</i>	LESV318	20
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Diphylla ecaudata</i>	LESV321/433	20
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Tonatia sp.</i>	LESV323/472	20
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Chrotopterus auritus</i>	LESV429	20
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV372/432	20
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Glossophaga soricina</i>	LESV427/451/524	20
Vespertilionidae	Myotinae	<i>Myotis nigricans</i>	LESV373	20
Phyllostomidae	Carolliinae	<i>Carollia perspicillata</i>	LESV371/392	20
Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Peropteryx kappleri</i>	LESV374	20
Phyllostomidae	Lonchophyllinae	<i>Lionycteris spurrelli</i>	LESV523/525	20
Phyllostomidae	Phyllostominae		LESV292/293	21
Phyllostomidae	Carolliinae	<i>Carollia perspicillata</i>	LESV291	21
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Mimon bennettii</i>	LESV2471	21
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Tonatia bidens</i>	LESV478	21
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV223	22
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Anoura geoffroyi</i>	LESV324	23
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Glossophaga soricina</i>	LESV332	24
Phyllostomidae	Carolliinae	<i>Carollia perspicillata</i>	LESV333/352	24
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Anoura geoffroyi</i>	LESV334	24
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV335	25
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Diphylla ecaudata</i>	LESV346	25
Vespertilionidae	Myotinae	<i>Myotis simus</i>	LESV336	25
Furipteridae		<i>Furipterus horrens</i>	LESV526	26
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV200	27
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV331	28
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV505	29
Phyllostomidae			LESV506/507/508	29
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV480	30
Phyllostomidae	Carolliinae	<i>Carollia sp.</i>	LESV469	31
Mormoopidae		<i>Pteronotus parnellii</i>	LESV308	31

Natalidae		<i>Natalus macrourus</i>	LESV296	32
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Anoura geoffroyi</i>	LESV328	33
Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Rhynchonycteris naso</i>	LESV327	33
Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Rhynchonycteris naso</i>	LESV326	34
Phyllostomidae	Caroliinae	<i>Carollia perspicillata</i>	LESV329/383	34
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Glossophaga soricina</i>	LESV477	35
Phyllostomidae	Stenodermatinae	<i>Artibeus</i> sp.	LESV479	36
Phyllostomidae	Caroliinae	<i>Carollia perspicillata</i>	LESV434	37
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV217	38
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV210	39
Natalidae		<i>Natalus macrourus</i>	LESV426	40
Phyllostomidae	Stenodermatinae	<i>Artibeus</i> sp.	LESV516/567	40
Phyllostomidae			LESV517/518	40
Noctilionidae		<i>Noctilio</i> sp.	LESV519	40
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV514	41
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV512	42
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Anoura</i> sp.	LESV513	42
Phyllostomidae			LESV515	43
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV520	44
Noctilionidae		<i>Noctilio</i> sp.	LESV521	44
Phyllostomidae			LESV522	44
Mormoopidae		<i>Pteronotus</i> sp.	LESV211	45
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV195	46
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV193	47
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Chrotopterus auritus</i>	LESV247	47
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Chrotopterus auritus</i>	LESV220	48
Phyllostomidae	Stenodermatinae	<i>Artibeus</i> sp.	LESV188	49
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV190	49
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Mimon bennettii</i>	LESV191	49
Phyllostomidae	Stenodermatinae	<i>Artibeus lituratus</i>	LESV201	49
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Chrotopterus auritus</i>	LESV202	49
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Chrotopterus auritus</i>	LESV219	49
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV222	50
Vespertilionidae	Myotinae	<i>Myotis</i> sp.	LESV443	50
Phyllostomidae	Stenodermatinae	<i>Sturnira lilium</i>	LESV214	50
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Chrotopterus auritus</i>	LESV215	50
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Tonatia bidens</i>	LESV216	50
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Anoura geoffroyi</i>	LESV187/205	51
Furipteridae		<i>Furipterus horrens</i>	LESV189	51
Phyllostomidae	Caroliinae	<i>Carollia perspicillata</i>	LESV203	51
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Anoura</i> sp.	LESV194	52
Phyllostomidae	Stenodermatinae	<i>Artibeus</i> sp.	LESV503	52
Furipteridae		<i>Furipterus horrens</i>	LESV319	53
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Anoura geoffroyi</i>	LESV206	54
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Chrotopterus auritus</i>	LESV209/213	54
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Mimon</i> sp.	LESV229	54
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Diphylla ecaudata</i>	LESV218	55
Phyllostomidae			LESV552	55
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Anoura caudifer</i>	LESV311	56

Phyllostomidae	Stenodermatinae	<i>Vampyressa pusilla</i>	LESV315	57
Phyllostomidae	Carolliinae	<i>Carollia perspicillata</i>	LESV447	58
Phyllostomidae	Lonchorhininae	<i>Lonchorhina aurita</i>	LESV204	59
Phyllostomidae	Carolliinae	<i>Carollia perspicillata</i>	LESV278/279/286/290	60
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Glossophaga soricina</i>	LESV280/287	60
Vespertilionidae	Myotinae	<i>Myotis nigricans</i>	LESV289	60
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Chrotopterus auritus</i>	LESV281	61
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV282/283	61
Vespertilionidae	Myotinae	<i>Myotis nigricans</i>	LESV284/288	61
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Glossophaga soricina</i>	LESV285	61
Phyllostomidae	Carolliinae	<i>Carollia perspicillata</i>	LESV353/379	62
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Chrotopterus auritus</i>	LESV347	62
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Glossophaga soricina</i>	LESV354/385	62
Vespertilionidae	Myotinae	<i>Myotis sp.</i>	LESV375/376/387	62
Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	LESV348/351	62
Vespertilionidae	Myotinae	<i>Myotis nigricans</i>	LESV349	62
Phyllostomidae	Stenodermatinae	<i>Chiroderma doriae</i>	LESV377	62
Vespertilionidae	Vespertilioninae	<i>Eptesicus diminutus</i>	LESV378	62
Phyllostomidae	Stenodermatinae	<i>Sturnira tildae</i>	LESV404	62

Fluxo editorial:

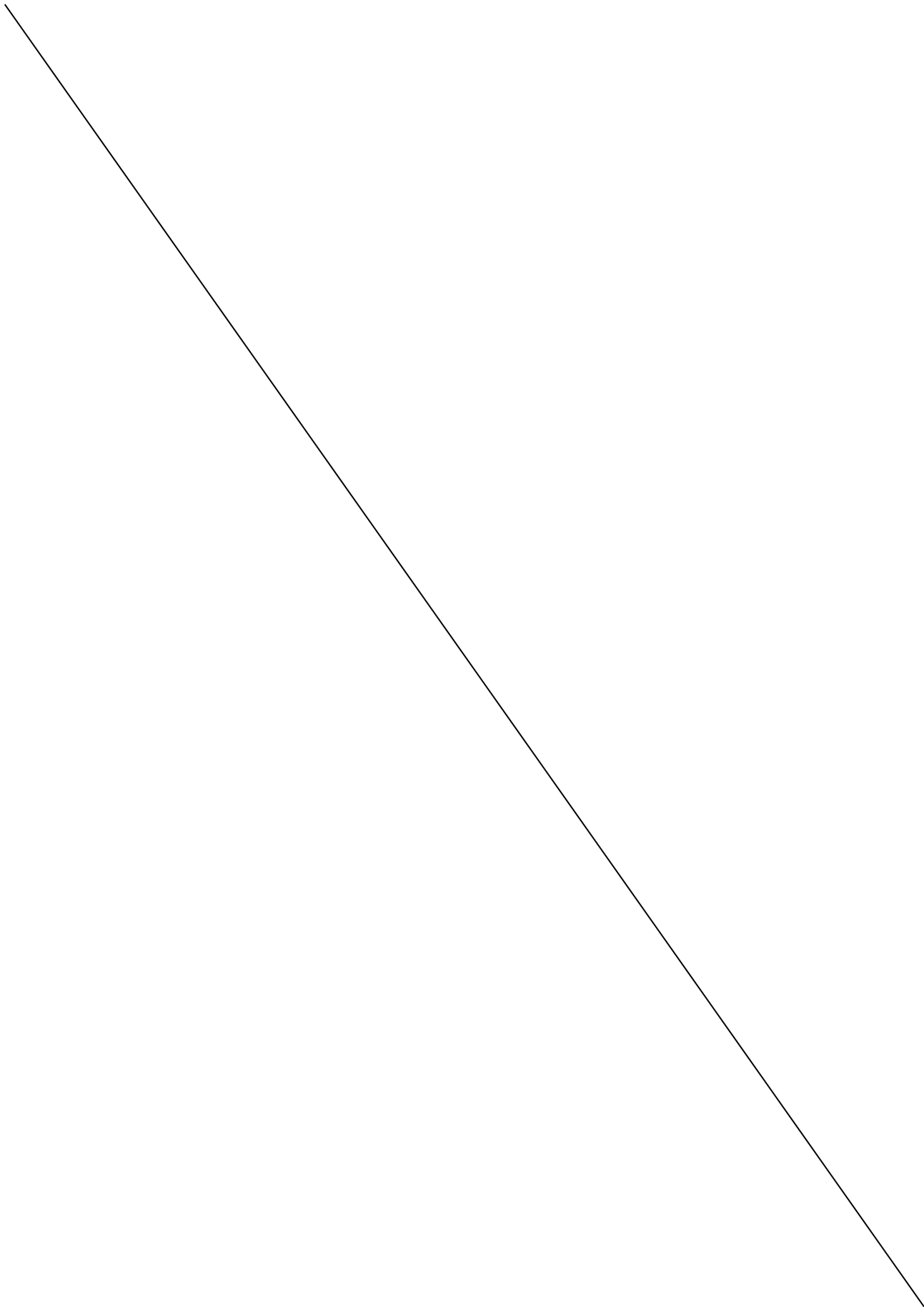
Recebido em: 08.12.2018

Aprovado em: 25.03.2019



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp



POTENTIAL DISTRIBUTION OF CAVE BATS AS A TOOL FOR LOCATING CAVES AREAS

DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE MORCEGOS CAVERNÍCOLAS COMO FERRAMENTA PARA LOCALIZAÇÃO DE ÁREAS COM CAVERNAS

Maricélio de Medeiros Guimarães (1,2); Rodrigo Lopes Ferreira (2)

- (1) Grupo de Pesquisa Arqueologia, Sociedade e Natureza, Setor de Zoologia, Departamento de Biologia, Fundação Casa da Cultura de Marabá (FCCM), Marabá PA.
(2) Centro de Estudos em Biologia Subterrânea, Setor Zoologia, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras MG.

Contatos: mmgbat@hotmail.com.

Abstract

The present study used the potential distribution of five species of cave bats (*Furipterus horrens*, *Natalus macrourus*, *Lonchorhina aurita*, *Pteronotus gymnonotus* and *Pteronotus parnellii*) as a tool to identify areas with potential for cave occurrence. First, the distribution potentials of bats, generated in the Maxent algorithm, were compared with the registered caves and with the potential occurrence map of caves in Brazil, confirming the distribution of species in sites with registration or potential presence of caves. Distribution models of the five species have overlapping areas; thus, it is suggested that when this overlap occurs with three or more of these species, the possibility of caves exists. Seventeen areas are thus indicated as having cave occurrence potential, distributed mainly in the states of Alagoas, Bahia, Federal District, Goiás, Pará, Pernambuco and Minas Gerais. The orientation provided here may contribute to researchers working in the exploration and registration of caves in Brazil and to the knowledge of cave bats.

Key-Words: chiroptera; species modeling distribution; maxent; speleological exploration; speleological heritage.

Resumo

O presente estudo utilizou a distribuição potencial de cinco espécies de morcegos cavernícolas (*Furipterus horrens*, *Natalus macrourus*, *Lonchorhina aurita*, *Pteronotus gymnonotus* e *Pteronotus parnellii*) como ferramenta para identificar áreas com potencial para ocorrência de cavernas. Primeiramente, os potenciais de distribuição dos morcegos, gerados no algoritmo Maxent, foram comparados com as cavidades cadastradas e com o mapa de ocorrência potencial de cavernas no Brasil, confirmando a distribuição das espécies em locais com registro ou potencial presença de cavernas. Os modelos de distribuição das cinco espécies possuem áreas sobrepostas. Assim, sugere-se que quando esta sobreposição ocorre com três ou mais dessas espécies, existe grande possibilidade de existir cavernas no local. Dezesete áreas são indicadas como tendo potencial de ocorrência de cavernas, distribuídas principalmente nos estados de Alagoas, Bahia, Distrito Federal, Goiás, Pará, Pernambuco e Minas Gerais. A orientação aqui fornecida pode contribuir para pesquisadores que trabalham na exploração e registro de cavernas no Brasil e para o conhecimento sobre os morcegos cavernícolas.

Palavras-Chave: chiroptera; modelagem de distribuição de espécies; maxent; exploração espeleológica; patrimônio espeleológico.

1. INTRODUCTION

Bats are one of the few vertebrates to use caves as shelter in an efficient and permanent manner, performing an important role in supplying organic matter to the subterranean ecosystem (KUNZ, 1982; MARTINS; FERREIRA, 1999). Additionally, in Brazil, bats have been shown to be of fundamental importance to classify the caves according to their degree of relevance, as well as to

determine the areas of influence of these subterranean spaces (BRAZIL, 2017). Such determinations have been decisive for the environmental decision-making agencies regarding environmental licensing processes in the country.

In Brazil, caves are legally protected, thus, there are rules and guidelines that govern their use and preservation (e.g. BRAZIL, 1990; 2008). However, to assist the public policy strategies for the

conservation of caves, effectively locating and recording the largest possible number of caves is primarily necessary. Although there are more than 12,000 registered caves in the “Natural Subterranean Cave Geospatial Distribution Database “ of the National Centre for Caves Research and Conservation – CECAV (CECAV, 2018), it is estimated that less than 5% of the Brazilian caves are known (PILÓ; AULER, 2011). Generation of basic knowledge, such as the simple registration of caves, significantly assists in the implementation of several public policies aimed at protecting natural resources and caves.

Some bat species preferentially shelter in caves, among which we can mention: *Lonchorhina aurita* (LASSIEUR; WILSON, 1989; TAVARES et al., 2010); *Natalus macrourus*, (TADDEI; UIEDA, 2001; ESBÉRARD et al., 2005); *Furipterus horrens* (UIEDA et al., 1980; ESBÉRARD et al., 2005); *Pteronotus parnellii* (HERD, 1983; EISENBERG; REDFORD, 1999); and *Pteronotus gymnotus* (VIZOTTO et al., 1980). Thus, the distribution of these species includes key information for locating caves.

To predict the geographic distribution of species, ecological niche modeling is a tool that has been recently used to generate species distribution models (GUISAN; THUILLER, 2005; LATIMER et al., 2006). In practice, the species distribution model reflects the fundamental niche based on the accomplished niche (presence data), predicting where there are suitable conditions for the occurrence of the species and their “potential distribution” (GUISAN; THUILLER, 2005; LATIMER et al., 2006).

From this perspective, our goal was to present a novel methodological approach which uses the overlay of cave bat potential distribution to identify areas with cave occurrence potential.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Study Area and Target Species

The study area includes the entire Brazilian territory (~ 8,515,767.049 km²) (IBGE, 2010). The records of target species occurrence are divided into 20 federal units (AM, AP, BA, CE, DF, GO, MA, MG, MS, MT, PA, PB, PE, PI, RJ, RN, RR, SE, SP and TO) and information about environmental variables, registered caves and the cave occurrence potential map cover the whole country.

Five species of bats that mostly use caves as shelters were selected as target species: *Furipterus horrens* (F. Cuvier, 1828); *Natalus macrourus* (Gervais, 1856); *Lonchorhina aurita* Tomes, 1863; *Pteronotus gymnotus* Natterer, 1843 and *Pteronotus parnellii* (Gray, 1843). The latter species has recently undergone taxonomic revision (PAVAN; MARROIG, 2016; DE THOISY, et al., 2014; PAVAN, 2014), which may represent a complex of at least four species.

2.2. Potential Distribution Modeling

The potential distribution of the species was prepared by the method of maximum entropy, using the Maxent algorithm (version 3.3.2), which considers a multivariate set of environmental data and species occurrence points, to generate a map of the probability of species occurrence within the range from zero to 100% (PHILLIPS et al., 2006; ELITH et al., 2011). We adopted the default configuration of Maxent, with the *remove duplicate presence records* function, so that only one record of the species for each grid (~1 km²) was considered, improving the performance of the generated models (PHILLIPS et al., 2006; PHILLIPS; DUDIK, 2008).

2.3. Occurrence data of target species

Although the algorithm used (Maxent) has a good performance, even with a small number of records (PEARSON et al., 2007), Hernandez et al. (2008) analyzed distribution models of 16 species (eight birds and eight mammals) with different amount of occurrence points, and found better results for species with more occurrence points. Thus, to enable a comparison with greater accuracy among each target species model, we standardized the occurrence points for each species at 30. However, for *P. gymnotus* only 25 points were used, due to the low number of records. The points of occurrence are from research conducted by the authors (32 new records for the five species) and that in the literature (Table 1).

The 32 new records are from surveys conducted in the last 10 years in 13 Brazilian states (MA, BA, CE, DF, GO, MG, MS, MT, PE, PI, RN, SE and TO). Bats were sampled through captures using mist nets and harp traps.

Table 1. The table below contains the occurrence points used in the species potential distribution modeling: La – *Lonchorhina aurita*; Fh – *Furipterus horrens*; Nm – *Natalus macrourus*; Pg – *Pteronotus gymnotus*; and Pp – *Pteronotus parnellii*.

Region	State	Local	Latitude	Longitude	La	Fh	Nm	Pg	Pp	Ref
Buíque	PE	G. Gato	-8.853573	-37.255525	X					1
D. Pastora	SE	G. Pedra Branca	-10.777141	-37.145346	X					1
F. Guerra	RN	G. Três Lagos	-5.593288	-37.687155	X					1
Goianésia	GO	L. Fuzil	-15.475846	-49.010234	X		X			1
Sonora	MS	G. Sumidouro	-17.612910	-54.835138	X					1
Unaí	MG	G. Res. Malhadinha	-16.212234	-47.265565	X					1
Uruaçu	GO	G. Bibiana	-13.517139	-48.117125	X	X	X			1
C. Formoso	BA	T. Morrinho	-10.209096	-40.918145		X				1
C. Formoso	BA	T. Tiquara	-10.452656	-40.536515		X				1
C. Formoso	BA	T. Grotão	-10.216200	-40.972900		X				1
C. Formoso	BA	T. Gonçalo	-10.510567	-40.894684		X	X			1
C. J. Dias	PI	G. Inferno	-8.781859	-42.483352		X				1
Damianópolis	GO	G Rib. Dos Porcos	-14.518237	-46.142492		X	X			1
Dianópolis	TO	G. Alagada	-11.874704	-46.768996		X			X	1
Dianópolis	TO	PCH Boa Sorte	-11.657242	-46.705878		X				1
Itacaranbi	MG	G. Olhos d'Água	-15.117120	-44.167069		X				1
Buíque	PE	G Meu Rei	-8.580199	-37.267204			X	X		1
Cuiabá	MT	G. Aroe Jari	-15.613833	-55.499272			X			1
Sonora	MS	PCH PPE	-17.592954	-54.825510			X	X		1
P. Preta	RN	G. Guano	-5.139540	-35.908600			X			1
Serranópolis	GO	G. Diogo	-18.279095	-52.024600			X			1
Araripe	CE	G. Brejinho	-7.230723	-39.996902				X	X	1
Arinos	MG	G. Salobo	-15.487972	-46.221677				X		1
Cotriguaçu	MT	A. dos Morcegos	-8.559583	-58.535306				X	X	1
F. Guerra	RN	G. Urubu	-5.572946	-37.652542				X		1
Juruena	AM	Parna Juruena	-7.272404	-58.202193		X		X		1
Laranjeiras	SE	G. Urubu	-10.706541	-37.117046				X		1
Ourolândia	BA	T. dos Ossos	-10.930442	-41.057562				X	X	1
Sonora	MS	PCH PPE	-17.612999	-54.835369				X	X	1
Dianópolis	TO	Faz. Canaã	-11.874700	-46.768987					X	1
Sonora	MS	PCH PPE	-17.610415	-54.832353					X	1
Sonora	MS	PCH PPE	-17.630336	-54.863365					X	1
Iporanga	SP	G. Jeremias	-24.640000	-48.703200		X				2
Iporanga	SP	G. Areia de Cima	-24.583809	-48.700458	X		X			2
Iporanga	SP	G. Santana	-24.533470	-48.702152			X			2
Alter do Chao	PA	Rio Tapajos	-2.5	-54.95				X	X	3
Paraiso	MS	Faz. Mimoso	-19.040833	-52.874166			X			4
Costa Rica	MS	Faz. Pouso Frio	-18.665278	-52.892778	X				X	4
P. Bernardo	GO	T. Gameleira	-15.483747	-48.050428	X	X				5
P. Bernardo	GO	G. das Orquídeas	-15.483747	-48.067128		X				5
Brasília	DF	G. Saúva	-15.546900	-47.866900			X			5
Brasília	DF	G. Barriguda	-15.512647	-48.124329		X				5
Brasília	DF	G. Dois Irmãos	-15.519847	-48.124629	X					6
P. Bernardo	GO	G. Morro	-15.450447	-48.150429	X				X	6
Brasília	DF	G. Moji	-15.560000	-47.822800		X				6

Region	State	Local	Latitude	Longitude	La	Fh	Nm	Pg	Pp	Ref
Brasília	DF	G. Água Rasa	-15.548100	-47.750300		X				6
Brasília	DF	G. Muralha	-15.503045	-48.167591		X				6
Brasília	DF	G. D. dos Vampiros	-15.561400	-47.756900				X	X	6
Brasília	DF	G. Volks Club	-15.873458	-47.810306	X					6
Niquelândia	GO	C. da Lapa	-14.572942	-48.956232	X			X		7
Niquelândia	GO	L. Riacho Fundo	-14.474643	-48.334628	X					7
Niquelândia	GO	G. Babaçú	-14.009041	-48.292327				X		7
Formosa	GO	G. T. da Onça	-15.483476	-47.306596				X	X	8
C. do Brito	SE	C. Casa de Pedra	-10.834188	-37.450988	X					9
Coxim	MS	Serra Coxim	-18.589122	-54.803728	X					10
Saramandaia	MT	Saramandaia	-17.890389	-53.510842			X		X	10
Vista Bonita	MS	Vista Bonita	-17.973722	-53.644175			X		X	10
Pri. do Oeste	MT	PE N. Rio Taquari	-15.099497	-53.343747					X	10
Mineiros	GO	Parna das Emas	-18.254944	-52.884242				X	X	10
Araruana	PB	PE Pedra da Boca	-6.455858	-35.673907				X		11
São Luis	CE	RPPN S. das Almas	-5.141986	-40.616938					X	11
C. da Barra	ES	Flona Rio Preto	-18.355278	-39.844167		X				12
Mambaí	GO	L. R. das Pedras IV	-14.533288	-46.110710	X				X	13
Mambaí	GO	L. R. das Pedras I	-14.532268	-46.105514	X					13
Mambaí	GO	G. Judite	-14.407300	-46.195500	X	X	X		X	14
Mambaí	GO	G. Faz. Bananal	-14.363600	-46.208200			X			14
Mambaí	GO	L. da Lapa	-14.482056	-46.302906	X		X	X		14
Mambaí	GO	T. dos Ossos	-14.482100	-46.302900				X		14
Mambaí	GO	L. Faz. Extrema	-14.439963	-46.176553	X					14
Mambaí	GO	L. Faz. Buritizinho	-14.452252	-46.283072	X					14
Mambaí	GO	G. Faz. Arroz	-14.455748	-46.152692	X					14
Ilha Grande	RJ	Ilha Grande	-23.211196	44.342666		X				15
Miracema	RJ	Paraíso do Tobias	-21.404444	-42.0675			X			16
João Pessoa	PB	C. da Onça	-7.166666	-34.916666			X			17
St. Terezinha	PB	St. Terezinha	-7.083333	-37.45	X					17
Caracol	PI	Parna S. Confusões	-9.220000	-43.497778		X				18
Rio de Janeiro	RJ	Res. Rio das Pedras	-22.990556	-44.100833	X					19
Igarape Grande	AP	Flona Amapá	1.283633	-51.588819					X	20
Igarapé Grande	AP	Parna M. Tumucumaque	1.601528	-52.490278					X	20
Igarapé Grande	AP	Parna M. Tumucumaque	2.193397	-54.587658					X	20
A. do Tocantins	TO	G. do Moura	-12.5815	-46.516388		X				21
Rio de Janeiro	RJ	Praia da Sumaca	-23.286667	-44.528889		X				22
V. do Xingu	PA	C. Leon. da Vinci	-3.152341	-52.075452				X		23
Altamira	PB	C. Pedra da Cachoeira	-3.312288	-52.341538		X	X	X		23
V. do Xingu	PA	C. Kararaô	-3.140925	-51.818367				X		23
Ilha de Maracá	RR	Ilha de Maracá	3.416667	-61.666667	X			X	X	24
Altamira	PA	Rio Xingu	-3.65	-52.366667		X			X	24
Manaus	AM	Rio Solimões	-2.416667	-59.75				X	X	25
M. do Chapéu	BA	Abrigo da Vespa	-10.984028	-41.433744			X			26
Utinga	BA	G. Alto do Bonito	-12.038366	-41.169804			X			26
Nova Xavantina	MT	Bairro Flor de Liz	-14.666667	-52.333333					X	27

Region	State	Local	Latitude	Longitude	La	Fh	Nm	Pg	Pp	Ref
Ubajara	CE	G. de Ubajara	-3.834313	-40.899987		X				28
Indiara	GO	G. do Joel	-17.204350	-49.787143	X		X			29
Paraíso	MS	Paraíso	-19.05	-52.966667			X			30
Rio Verde de MT	MS	Rio Verde de MT	-18.983333	-57.8			X			30
Ipatinga	MG	Vale do Peruauçu	-19.496724	-43.544894	X					31
Itacarambi	MG	Vale do Peruauçu	-15.084700	-44.262600		X				31
Itacarambi	MG	G. do Carlucio	-15.086969	-44.261303		X				31
Curvelo	MG	Caverna	-19.816667	-43.966667			X			31
Medicelândia	PA	C. do Limoeiro	-3.538888	-52.785277			X			32
Iporanga	SP	Abismo da Chuva	-24.265965	-48.423126		X				33
Pres. Figueiredo	AM	Refúgio do Maroaga	-2.066667	-59.683333					X	33
Xingu	PA	Rio Xingu	-3.65	-52.383333			X			34
Serranópolis	GO	Pousada das Araras	-18.416667	-52.00					X	35
Medicelândia	PA	C. Planaltina	-3.377888	-52.575440	X		X	X	X	23/ 32

References (Ref): 1- Present study; 2- Arnone, 2008; 3- Bernard; Fenton, 2002; 4- Bordinon, 2006; 5- Bredt; Magalhães, 2006; 6- Bredt et al., 1999; 7- Bredt; Júnior, 1996; 8- Chaves et al., 2012; 9- Santos, 2007; 10- Coelho, 2005; 11- Cruz et al., 2005; 12- Duda et al., 2012; 13- Esbérard et al., 2001; 14- Esbérard et al., 2005; 15- Esbérard et al., 2006; 16- Esbérard et al., 2010; 17- Feijo; Langguth, 2011; 18- Gregorin et al., 2008; 19- Luz et al., 2011; 20- Martins et al., 2006; 21- Novaes et al., 2012; 22- Pol et al., 2003; 23- Neckel; Tavares, 2008; 24- Robinson, 1998; 25- Sampaio et al., 2003; 26- Sbragia; Cardoso, 2008; 27- Silva; Anacleto, 2011; 28- Silva et al., 2001; 29- Silva et al., 2009; 30- Taddei; Uieda, 2001; 31- Tavares et al., 2010; 32- Trajano; Moreira, 1991; 33- Trajano; Gnaspinni, 1991; 34- Voss; Emmons, 1996; 35- Zortéa, 2001.

2.4. Environmental variables

The pre-selection of environmental variables improves and facilitates the modeling of potential distribution and reduces the dimensionality of the data and the computational cost (XIMENES et al., 2009). Thus, the pre-selection helps in the selection of variables that most affect the species occurrence (PHILLIPS et al., 2006). However, information regarding the environmental requirements of several species are unknown, as the case of the target species used in this study. In these cases, an alternative is to use the Maxent jackknife tool to select the environmental variables (PHILLIPS et al., 2006; PHILLIPS; DUDIK, 2008).

Thus, from 50 environmental variables organized and separated for Brazil by the Biodiversity Study Modeling Group of the Image Processing Division at the National Institute for Space Research (DPI / INPE), available at <http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/download.php>, we selected a set of 10 variables for each target species using the Maxent Jackknife tool (PHILLIPS et al., 2006; PHILLIPS; DUDIK, 2008). The variables indicated by Maxent differ among the five bat species, reflecting the different sets of occurrence points used for each species, and totaling 24 variables (Table 2).

The selected variables (Table 2) were *vegetation* – a vegetation map of Brazil, reconstituted in 1992, from radar image-charts from the RADAMBRASIL Project obtained from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE); *altitude* - generated from Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) with values expressed in meters; *tree cover* - is the cover of the annual forest canopy and was generated by remote sensing using the MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sensor (HANSEN et al., 2003); *slope* - representing the horizontal surface slope (inclination angle); *orientation* - is the direction of change in slope and corresponds to the azimuth of the highest slope of the land; *drainage* - generated using a spatial interpolation algorithm on the drainage data from the HydroSHEDS Project (XIMENES, 2008); ten derived bioclimatic variables: *mean diurnal variation of temperature* (maximum temperature - minimum temperature); *seasonality of temperature*; maximum temperature of the warmest month; mean temperature of the wettest quarter; average temperature of the coldest quarter; *seasonality of precipitation*; precipitation of wettest quarter; precipitation of the driest quarter; precipitation of the warmest quarter; precipitation of the coldest quarter; and eight other variables related to the total precipitation in the months of February, April, May, June, July, August, October and

December. The derived bioclimatic variables and those related to precipitation were obtained from Global Climate Data (Worldclim) and represent the 1950-2000 period (HIJMANS et al., 2005).

2.5. Information on caves

We used a geospatial distribution database of 18,012 caves registered in Brazil (CECAV, 2018), from specialized literature, the National Cave Register of Brazil by the Brazilian Speleology Society (CNC/SBE), the Brazilian Speleological Inventory of the Redespeleo Brazil (CODEX), and from research and environmental studies. We also used digital data from the map of Potential Occurrence of Caves in Brazil, at a 1:2,500.00 scale (JANSEN et al., 2012), indicating "Very High" and "High" potential presence of caves.

2.6. Analysis criteria and areas with potential for caves

We evaluated the potential distribution map of each target species according to the values of the Receiver Operating Characteristic analysis (ROC), which characterizes the model at all possible thresholds with a unique number, the area under the curve (AUC) ranging from zero to one. Values closer to 1 comprise a good model, while AUC values near 0.5 correspond to a random prediction (PHILLIPS et al., 2006).

We used ArcGIS/ArcMap 10 (ESRI) to deal with potential distribution models generated in Maxent creating a layer with places where the probability of the target species occurrence is greater than 70%. The layers were contrasted individually with information about caves (CECAV database CANIE, 2018; and the potentiality map of JANSEN et al., 2012), to investigate the dependence of the five species for areas with a record of caves or high potential for the potential occurrence of these shelters.

Finally, the maps for potential distribution of the target species were compared and five locals with an overlap of three or more of these species were suggested as having high potential for cave occurrence.

3. RESULTS

The AUC values were close to one (Table 2), indicating good accuracy of the generated potential distribution models, which suggests that the Maxent jackknife tool selected appropriate environmental variables.

The potential distribution models generated for the five bat species (Figure 1; 2; 3; 4; 5), indicated that target species are distributed throughout locations containing records of, or high potential for, the presence of caves, confirming the dependence of the species on these subterranean shelters.

Table 2. Analysis of potential distribution of five cave bats (*Pteronotus gymnonotus*; *Pteronotus parnellii*; *Furipterus horrens*; *Lonchorhina aurita* and *Natalus macrourus*) using Maxent. Presenting the area under the curve (AUC) values and environmental variables ordered by contribution percentage (in parentheses), representing the 10 that most contributed to the modeling, as follows: V1 - vegetation; V2 - altitude; V3 - tree cover; V4 - Slope; V5 - orientation; V6 - drainage; V7 - average diurnal temperature variation; V8 - seasonality of temperature; V9 - maximum temperature of the warmest month; V10 - mean temperature of the wettest quarter; V11 - average temperature of the coldest quarter; V12 - seasonality of precipitation; V13 - precipitation of the wettest quarter; V14 - precipitation of the driest quarter; V15 - precipitation of the warmest quarter; V16 - precipitation of the coldest quarter; V17 - February total precipitation; V18 - April total precipitation; V19 - May total precipitation; V20 - June total precipitation; V21 - July total precipitation; V22 - August total precipitation; V23 - October total precipitation; V24 - December total precipitation.

	<i>P. gymnonotus</i>	<i>P. parnellii</i>	<i>F. horrens</i>	<i>L. aurita</i>	<i>N. macrourus</i>
AUC	0.937	0.950	0.973	0.965	0.959
Environmental variables (% Contribution)	V5 (25.8)	V1 (29.1)	V1 (27.4)	V1 (16.4)	V1 (30.1)
	V15 (21.7)	V15 (15.5)	V16 (19.8)	V2 (11.5)	V9 (13.8)
	V12 (11.5)	V12 (10.5)	V2 (11.1)	V7 (10.4)	V2 (9.6)
	V7 (6.2)	V8 (7.6)	V13 (7.3)	V18 (9.6)	V11 (6.1)
	V2 (4.3)	V18 (5.9)	V19 (5)	V8 (8.5)	V4 (5.6)
	V9 (3.9)	V9 (5)	V21 (4.9)	V4 (8.3)	V12 (5.2)
	V6 (3.8)	V21 (4.7)	V20 (4.8)	V12(4.8)	V10 (3.3)
	V20 (3.8)	V17 (3.9)	V7 (3.6)	V24 (4.1)	V24 (2.7)
	V8 (3.2)	V22 (2.8)	V18 (2.5)	V14 (3.9)	V3 (2.4)
	V1 (3)	V2 (2.3)	V15 (2.4)	V13 (3.4)	V23 (2.1)

The environmental variables that contributed most to the model *Pteronotus gymnonotus* were orientation, precipitation in the warmest quarter and seasonality of precipitation (Table 2). Throughout the area with 70% probability of occurrence of this species there is information of caves in the states of AL, BA, CE, DF, ES, GO, MA, MG, PA, PB, PE, PI, RJ, RN, RR, RO, SE, SP and TO (Figure 1).

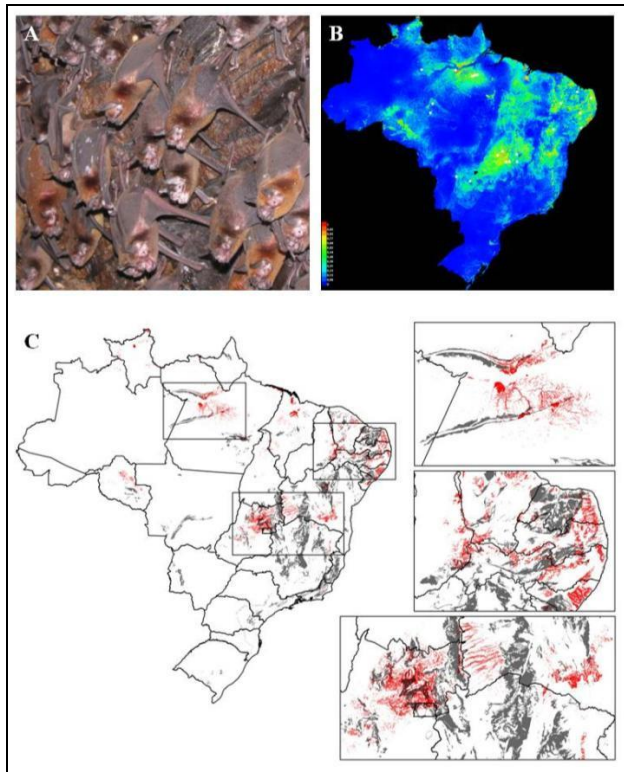


Figure 1. *Pteronotus gymnonotus* (A) and its potential distribution in Brazil (B), prepared by the Maxent, considering 30 points of occurrence (see Table 1 at the beginning of this Appendix). Potential distribution with probability of occurrence above 70% (red), sites with "Very High and High" cave occurrence potential obtained from the Map of Potential Occurrence of Caves in Brazil (JANSEN et al., 2012), with black dots with 60% transparency (C).

For *Pteronotus parnellii*, the main variables selected were vegetation, precipitation of the warmest quarter and seasonality of precipitation (Table 2). Throughout the area with 70% probability of occurrence of this species there is information of caves registered in the states of AL, BA, CE, DF, GO, MG, MS, MT, PA, PB, RO and TO (Figure 2).

The three main environmental variables indicated for *Furipterus horrens* were vegetation, precipitation of the coldest quarter and altitude (Table 2). Throughout the area with 70% probability of occurrence of this species there is information of caves in states of BA, DF, GO, TO, MG, SP and PR (Figure 3).

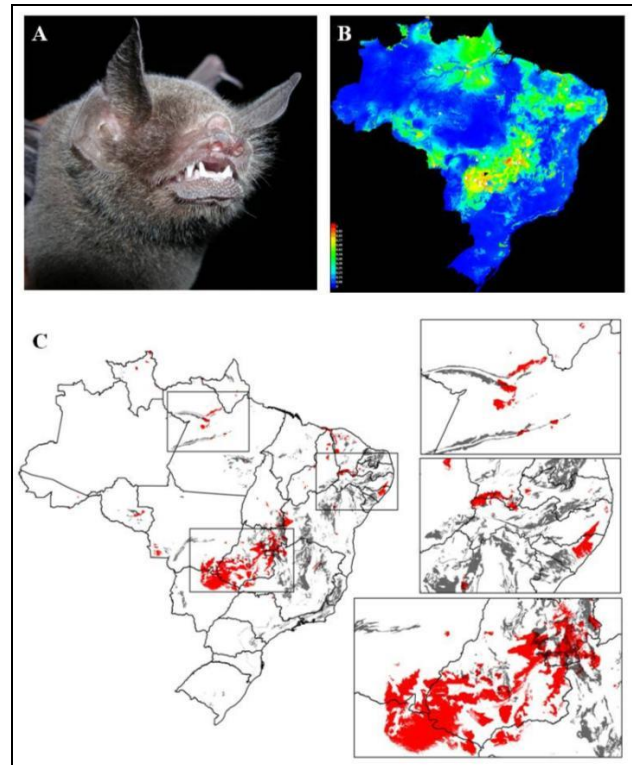


Figure 2. *Pteronotus parnellii* (A) and its potential distribution in Brazil (B), prepared by the Maxent, considering 30 points of occurrence (see Table 1 at the beginning of this Appendix). Potential distribution with probability of occurrence above 70% (red), sites with "Very High and High" cave occurrence potential obtained from the Map of Potential Occurrence of Caves in Brazil (JANSEN et al., 2012), with black dots with 60% transparency (C).

The vegetation, altitude and mean diurnal temperature variation were the environmental variables that contributed most to the potential distribution model of *Lonchorhina aurita* (Table 2). Throughout the area with 70% probability of occurrence of this species there is information of caves in states of AL, BA, CE, DF, ES, GO, MG, PB, PE, PI, RJ, RN, SE, SP and TO (Figure 4).

For *Natalus macrourus* the environmental variables that most influenced the modeling of potential distribution were vegetation, the maximum temperature of the warmest month and the altitude (Table 2). Throughout the area with 70% probability of occurrence of this species there is information of caves in states of BA, DF, ES, GO, MG, MT, MS, PA, CP and SP (Figure 5).

Analyzing the potential distribution of the species *Natalus macrourus*, *Pteronotus parnellii* and *Pteronotus gymnonotus* we observed areas of overlap in Santarém, Uruará and Altamira in Pará state (Figure 6a) and São Miguel dos Campos, Marechal Deodoro, Rio Largo and União dos Palmares in Alagoas state and Quipapá and Palmares in Pernambuco state (Figure 6c). In the

municipalities of Campo Formoso and Santo Sé in Bahia state there is an overlap between *Furipterus horrens*, *N. macrourus* and *P. gymnonotus* (Figure 6b).

In Minas Gerais state three sites are indicated: in Teófilo Otoni and Joáima in the eastern part of the state by the overlapping of *N. macrourus*, *P. gymnonotus* and *Lonchorhina aurita* (Figure 6d); in Mato Verde and Monte Azul in the northeast with overlapping of *F. horrens*, *N. macrourus* e *P. parnellii* (Figure 6e) and in Arinos and Buritis in north by the overlapping of *F. horrens*, *L. aurita* e *P. parnellii* (Figure 6f). In Goiás state two areas stood out: one located in Padre Bernardo, Mimoso de Goiás and Girassol, reaching the northern part of the Federal District (Figure 6g) where there is an overlap of all five species. The second area comprises São João d'Aliança and Flores de Goiás, in which only *P. gymnonotus*, did not appear as of potential distribution (Figure 6h).

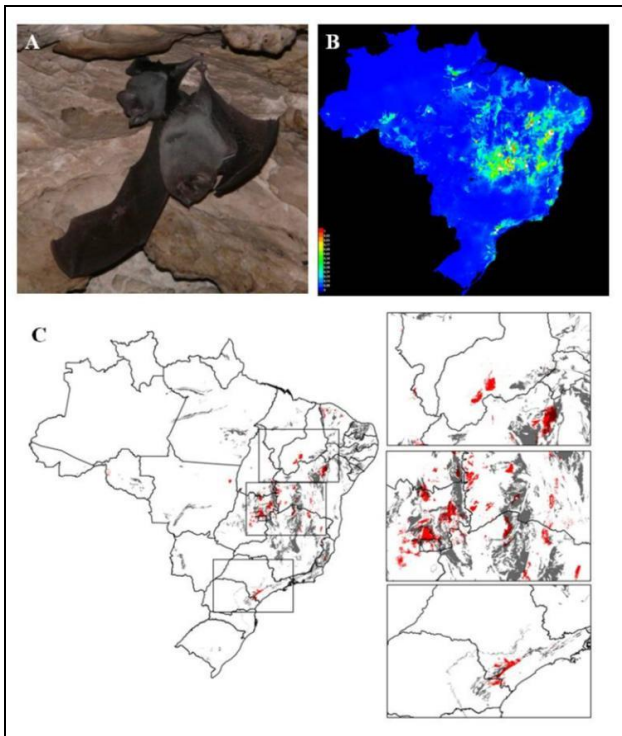


Figure 3. *Furipterus horrens* (A) and its potential distribution in Brazil (B), prepared by the Maxent, considering 30 points of occurrence (see Table 1).

Potential distribution with probability of occurrence above 70% (red), sites with "Very High and High" cave occurrence potential obtained from the Map of Potential Occurrence of Caves in Brazil (JANSEN et al., 2012), with black dots with 60% transparency (C).

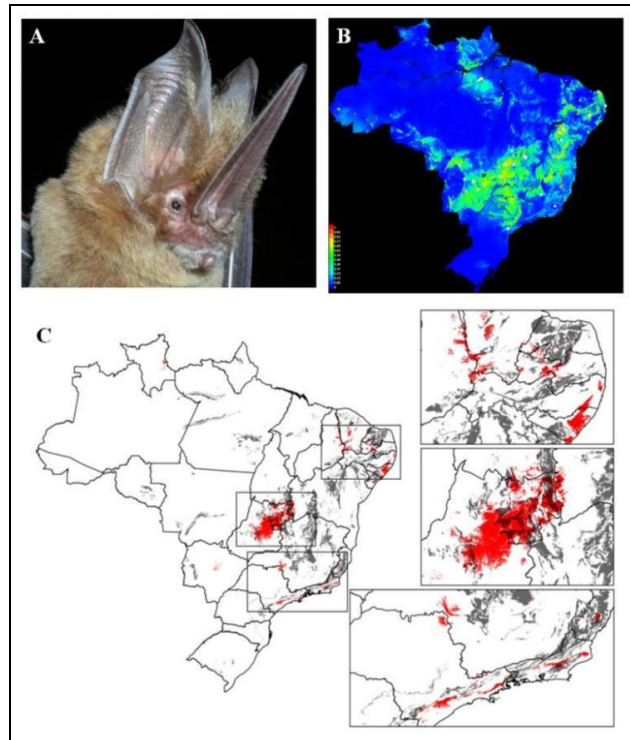


Figure 4. *Lonchorhina aurita* (A) and its potential distribution in Brazil (B), prepared by the Maxent, considering 30 points of occurrence (see Table 1 at the beginning of this Appendix). Potential distribution with probability of occurrence above 70% (red), sites with "Very High and High" cave occurrence potential obtained from the Map of Potential Occurrence of Caves in Brazil (JANSEN et al., 2012), with black dots with 60% transparency (C).

A considerable part of the areas indicated here as exhibiting high potential for cave occurrences found outside conservation units (CU). Few exceptions include part of the Pouso Alto Environmental Protection Area (EPA), in Goiás state (Figure 6h) and part of the Cafuringa EPA and the Planalto Central EPA (Figure 6g). In Minas Gerais, only a small part of the area indicated in the northeastern state (Figure 6e) is legally protected, since it belongs to the Rio Pardo State Park. In Pará state, only a small part of the proposed area is inserted in the Santa Maria Uruará EPA and the Tapajós National Forest (FLONA). Finally, in Alagoas state, although most part of the Murici Ecological Station (ESEC) is inserted in the areas indicated as having possible cave presence (Figure 6c), the unprotected portion of these areas is much larger.

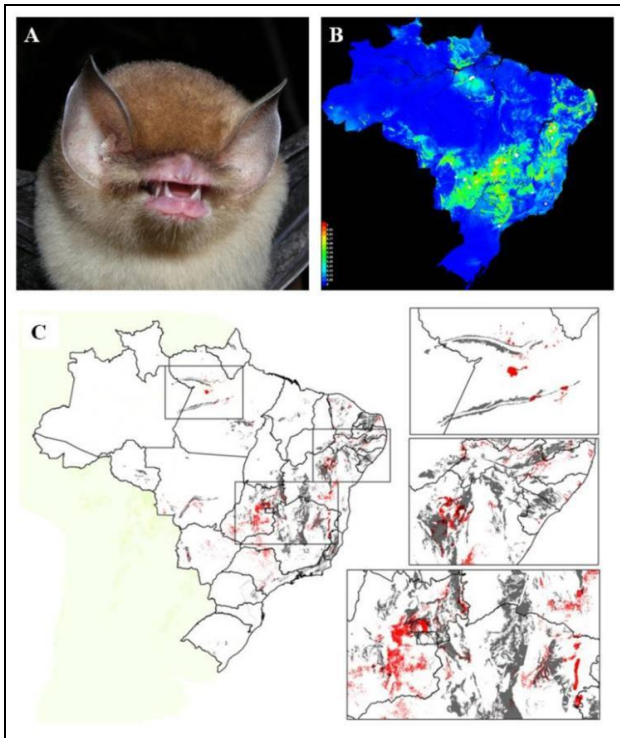


Figure 5. *Natalus macrourus* (A) and its potential distribution in Brazil (B), prepared by the Maxent, considering 30 points of occurrence (see Table 1 at the beginning of this Appendix). Potential distribution with probability of occurrence above 70% (red), sites with "Very High and High" cave occurrence potential obtained from the Map of Potential Occurrence of Caves in Brazil (JANSEN et al., 2012), with black dots with 60% transparency (C).

4. DISCUSSION

Distribution modeling has been used to define the probability of species occurrence and has been applied in a wide range of objectives, such as: the prediction of rare or endangered species (ARAÚJO; WILLIAMS, 2000; BLANK; BLAUSTEIN, 2012), selection of priority areas for conservation (COSTA et al., 2010; VIEIRA et al., 2012), prediction of species in poorly studied areas (HERNANDEZ et al., 2008), studies in macroecology (RAHBEEK et al., 2007; DINIZ-FILHO et al., 2009), reintroduction of species (HIRZEL et al., 2002), impacts of climate change (HIJMANS; GRAHAM, 2006; WIENS et al., 2009), possible infectious disease dissemination routes (COSTA et al., 2002; FLORY et al., 2012), among others.

Among these uses, it is important to emphasize that this is the first study to use the distribution modeling to predict the occurrence of caves. However, despite the high area under the curve (AUC) values, obtained from receiver operating characteristic analysis (ROC), the models must be treated with caution, since they only

foreshadow appropriate conditions for the species occurrence (GUISAN; THUILLER, 2005; LATIMER et al., 2006).

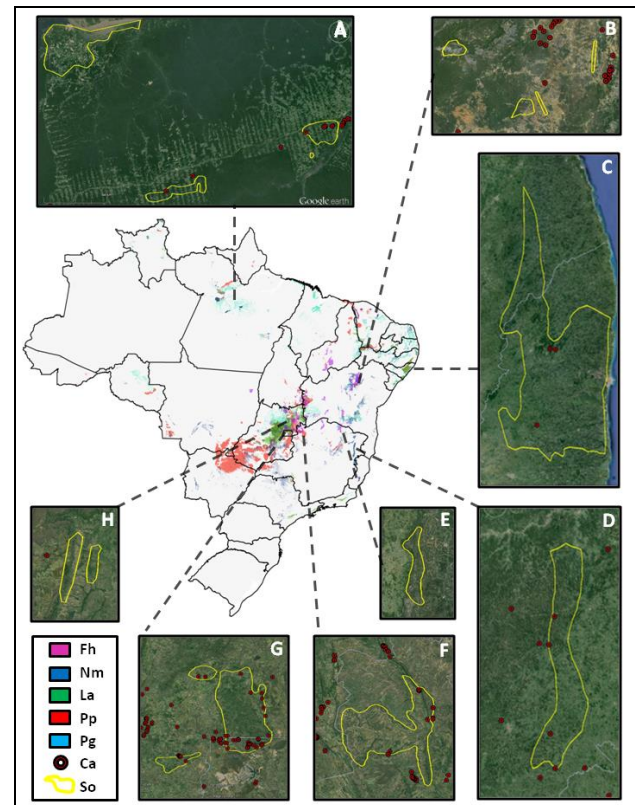


Figure 6. Areas indicated as with high cave occurrence potential (Ca), because of potential overlapping distribution of cave bats. A) *Natalus macrourus* (Nm), *Pteronotus parnellii* (Pp) and *Pteronotus gymnotus* (Pg) in Pará; B) *Furipterus horrens* (Fh), Nm and Pg in Bahia; C) Nm, Pp and Pg in Pernambuco; D) Nm, *Lonchorhina aurita* (La) and Pg in eastern Minas Gerais; E) Fh, Nm and Pp in northeastern Minas Gerais; F) Fh, La and Pp in the north of Minas Gerais; G) Fh, La, Nm, Pp and Pg in Goiás and the Federal District in the north; and H) Fh, La, Nm and Pp in northeastern Goiás.

The presence of registered caves (CECAV, 2018) or areas with high potential for cave occurrence (JANSEN et al., 2012) superposing to the areas indicated by the potential distribution models of the bat species is easily visualized. Thus, the occurrence of bat species used in this study is directly related to the existence of caves, confirming their classification as cave-dwelling and increasing the credibility of the models.

The variable representing the "Vegetation" classification system (VELOSO et al., 1991), was the most important contributor to the modeling, except for *P. gymnotus*, for which the contribution was the lower (3%). This result was expected, reinforcing the importance of preserving areas around the caves to maintain the bat fauna.

However, informations regarding the ecological requirements of the target species are scarce, preventing further discussion.

Both *Pteronotus* species used in this study showed six variables in common, certainly related to the 11 sampling points used in the model in which the two species, *P. gymnotus* and *P. parnellii*, co-inhabited. This behavior of preferentially seeking refuge with other Mormoopidae is indeed observed for the genus (VIZOTTO et al., 1980; HERD, 1983).

Potential distribution models produced by Maxent for the five target species of this study, as expected, largely corroborate the occurrence already known in the literature (TAVARES et al., 2008; REIS et al., 2011). The exception would be the species *Furipterus horrens*, for which certain known occurrence sites (AM, PE, SC – TAVARES et al., 2008; and PB – REIS et al., 2011) were not suitable for modeling (Table 1). Although the species had obtained the highest AUC value, this is one of the constraints of the modeling.

The five classes present in the cave occurrence potential map (JANSEN et al., 2012), group lithological categories according to the rock solubility characteristics, containing caves registered in all classes: Very High (5749 caves); High (2293); Average (1317); Low (844); and Improbable Occurrence (54). However, the potential distribution model proposed here indicates for cave occurrence according to the target species occurrence probability, regardless of the classification of Jansen et al. (2012). Thus, the cave bat potential distribution models may be used to refine the cave potential occurrence map (JANSEN et al., 2012), indicating locations more likely for the existence of caves in all five classes, regardless of lithology.

Interpretations regarding the 17 areas suggested as those with high cave presence potential equally suggest the occurrence of bat species included in this analysis. However, the diagnosis as to the presence of bats should be further considered, since factors related to the history of the landscape influence the geographical distribution of species, such as dispersion limitations, especially in large scale studies (SOBERON; PETERSON, 2005).

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M.B.; WILLIAMS, P.H. Selecting areas for species persistence using occurrence data. **Biological Conservation**, v. 96, p.331–345, 2000.
- ARNONE, I.S. **Estudo da comunidade de morcegos na área cárstica do Alto Ribeira – SP: Uma comparação com 1980**. 2008. São Paulo – SP: (Dissertação) Instituto de Biociências/Departamento de Zoologia/Universidade de São Paulo, 116 p.

In the case of caves, the indications should be more accurate, since the model indicates adequate conditions for the occurrence of the species (GUÍSAN; THUILLER, 2005; LATIMER et al., 2006.). In the case of preferentially cave-dwelling bats, one condition is the existence of natural subterranean cavities.

5. CONCLUSION

This is the first study to use potential distribution modeling of cave bats as a tool to identify potential sites for the occurrence of caves. Thus, it provides guidance for researchers who work with the exploration and registration of caves in Brazil and contributes to enhance the knowledge about cave dwelling bats. This new tool achieved accuracy when using Maxent to select the environmental variables and develop potential distribution models. The 17 areas with potential for cave occurrence, shown in this study, are independent of lithology and are distributed mainly in the states of Alagoas, Bahia, Distrito Federal, Goiás, Pará, Pernambuco and Minas Gerais. However, only a small part of the proposed areas is legally protected. Thus, future studies using this information should verify the presence of caves in these areas, but these actions should be conducted as soon as possible since it is necessary to increase the number of registered caves to improve the effectiveness of the Speleological Heritage protection.

ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful to Jessica Carvalho and Carla Ribas for valuable criticisms and suggestions about the manuscript. This article was partially produced during the UFLA Post-Graduate in Applied Ecology course “Publicação Científica em Ecologia”. Funding was provided to MMG (Master’s scholarship) by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). RLF is also grateful to the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq grant nr. 301061/2011–4).

- BERNARD, E.; FENTON, M.B. Species diversity of bats (Mammalia: Chiroptera) in forest fragments, primary forest and savannas in central Amazon, Brazil. **Canadian Journal of Zoology**, v.80, p.1124-1140, 2002.
- BLANK, L.; BLAUSTEIN, L. Using ecological niche modeling to predict the distributions of two endangered amphibian species in aquatic breeding sites. **Hydrobiologia**, v.693, p.157-167, 2012.
- BORDIGNON, M. Diversidade de morcegos (Mammalia, Chiroptera) do Complexo Aporé-Sucuriú, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.23, n.4, p.1002-1009, 2006.
- BRAZIL. **Decreto nº 6.640, de 07 de novembro de 2008**. Presidência da República. Diário Oficial da União. 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm, Acesso em: 29 out. 2018.
- BRAZIL. **Decreto nº 99.556 de 1º de Outubro de 1990**. Presidência da República. Diário Oficial da União, Modificado pelo Decreto nº 6.640 de 07 de novembro de 2008. 1990. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D99556.htm, Acesso em: 29 out. 2018.
- BRAZIL. **Instrução Normativa nº 002, de 30 de agosto de 2017**. Ministério do Meio Ambiente/Diário Oficial da União. 2017. Disponível em: http://www.imprensa nacional.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19272154/do1-2017-09-01-instrucao-normativa-n-2-de-30-de-agosto-de-2017-19272042, Acesso em: 28 out. 2018.
- BREDT, A.; JUNIOR, J.C. **Diagnóstico da raiva na região do futuro reservatório da UHE Serra da Mesa – Goiás**. Relatório Técnico não publicado, Instituto de Saúde do Distrito Federal e Instituto Geabrazil, 1996, 52 p.
- BREDT, A., UIEDA, W.; MAGALHÃES, E.D. Morcegos cavernícolas da região do Distrito Federal, centro-oeste do Brasil (Mammalia, Chiroptera). **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v.16, n.3, p.731-770, 1999.
- BREDT, A.; MAGALHÃES, E.D. Os morcegos da APA de Cafuringa. In: NETTO, P.B., MECENAS, V.V.; CARDOSO, E.S. (eds.). **APA de Cafuringa: a última fronteira natural do DF**. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH), 2006, p.259-266.
- CECAV. **Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE)**. Responsabilidade: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), situação de 18-07-2018. 2018. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>. Acesso em: 20 out. 2018.
- CHAVES, P.M.R.; FRANCO, P.A.D.; PEREIRA, V.C.R. Diversidade de morcegos (Mammalia, Chiroptera) em gruta de formação calcária localizada na Fazenda Cantinho, Município de Formosa – Goiás (GO). **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.1, n.1, p.8-28. 2012.
- COELHO, D.C. **Ecologia e conservação da quiropterofauna no corredor Cerrado-Pantanal**. 2005, 116 p. (Tese) Biologia Animal, Universidade de Brasília.
- COSTA, G.C.; NOGUEIRA, C.; MACHADO, R.B.; COLLI, G.R. Sampling bias and the use of ecological niche modeling inconspiration planning: a field evaluation in a biodiversity hotspot. **Biodiversity and Conservation**, v.19, p.883-899, 2010.
- COSTA, J.; PETERSON A.T.; BEARD C.B. Ecologic niche modeling and differentiation of populations of *Triatoma brasiliensis* neiva, 1911, the most important Chagas' disease vector in northeastern Brazil (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v.67, p.516-520, 2002.

- CRUZ, M.A.O.M.; BORGES-NOJOSA D.M.; LANGGUTH A.R.; SOUSA M.A.N.; SILVA L.A.M.; LEITE L.M.R.; PRADO F.M.V.; VERÍSSIMO K.C.S.; MORAES B.L.C. **Diversidade de mamíferos em áreas prioritárias para conservação na Caatinga**. EMBRAPA Semiáridos, 2005, p.182-201. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital>, Acesso em: 06 ago. 2018.
- DE THOISY, B.; PAVAN, A.C.; DELAVAL, M.; LAVERGNE, A.; LUGLIA, T.; PINEAU, K.; CATZEFLIS, F. Cryptic diversity in common mustached bats *Pteronotus cf. parnellii* (Mormoopidae) in French Guiana and Brazilian Amapa. **Acta Chiropterologica**, v.16, n.1, p.1-13, 2014.
- DINIZ-FILHO, J.A.J.; BINI, L.M.; OLIVEIRA, G.; BARRETO, B.S.; SILVA, M.M.F.P.; TIRIBILE, S.C.; RANGEL, T.F.L.B.V.; PINTO, M.P.; SOUZA, N.P.R., VIEIRA, L.C.G., MELO, A.S., DE MARCO-JÚNIOR, P., VIEIRA, C.M., BLAMIREs, D., BASTOS, R.P., CARVALHO, P., FERREIRA, L.G., TELLES, M.P.C., RODRIGUES, F.M., SILVA, D.M., SILVA, JR. N. J.; SOARES, T.N. Macroecologia, biogeografia e áreas prioritárias para conservação no Cerrado. *Oecologia Brasiliensis*, v.13, n.3, p.470-497, 2009.
- DUDA, R.; DALAPICOLLA, J.; COSTA, L.P. First record of the smoky bat *Furipterus horrens* (F. Cuvier, 1828) (Mammalia: Chiroptera) in the state of Espírito Santo, southeastern Brazil. *Check List*, v.8, n.6, p.1362- 1364. 2012.
- EISENBERG, J.F.; REDFORD, K.H. **Mammals of the Neotropics: The central Neotropics. Equador, Peru, Bolivia, Brasil**. V. 3. Chicago: The University of Chicago Press, 1999. 610 p.
- ELITH, J., PHILLIPS, S.J., HASTIE, T., DUDI, K M., CHEE, Y.E.; YATES, C.J. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. **Diversity and Distributions**, v.17, p.43–57. 2011.
- ESBÉRARD, C.E.L., BAPTISTA, M., COSTA, L.M., LUZ, J.L.; LOURENÇO, E.C. Morcegos de Paraíso do Tobias, Miracema, Rio de Janeiro. **Biota Neotropica**, v.10, n.4, p.249-255. 2010.
- ESBÉRARD, C.E.L., JORDÃO-NOGUEIRA, T., LUZ, J.L., MELO, G.G.S., MANGOLIN, R., JUCÁ, N., RAÍCES, D.S.L., ENRICI, M.C.; BERGALLO, H.G. Morcegos da Ilha Grande, Angra dos Reis, Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, v.8, n.2, p.147-153. 2006.
- ESBÉRARD, C.E.L., MOTTA, J.A.; PERIGRO, C. Morcegos cavernícolas da Área de Proteção Ambiental (APA) Nascentes do Rio Vermelho, Goiás. *Revista Brasileira de Zoociências*, v.7, n.2, p.311-325, 2005.
- ESBÉRARD, C.E.L., MOTTA, J.A.O., CALVO, E.M., FERREIRA, V.M., CARVALHO, J.C., CARVALHO, C.C., SOUZA, C.R.P., PIRES, E.A., ROSA, G.M.V., REIS, J.S., ARAÚJO, J.N.; QUECE, K.E. Morcegos de Mambá e arredores, Goiás, Brasil. **Anais. Speleo Brasil 2001**. 26° Brazilian Congresso of Speleology. 2001. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anais26cbe/26CBE_361-364.pdf.
- FEIJÓ, J.A.; LANGGUTH, A. Lista de quirópteros da Paraíba, Brasil com 25 novos registros. *Chiroptera Neotropical*, v.17, n.2, p.1055-1062, 2011.
- FERREIRA, R.L.; MARTINS, R.P. Trophic structure and natural history of bat guano invertebrate communities, with special reference to Brazilian caves. **Tropical Zoology**, v.12, p.231-252, 1999.
- FLORY, A.R.; KURMA, S.; STOHLGREN, T.J.; CRYAN, P.M. Environmental conditions associated with bat white-nose syndrome mortality in the north-easter United States. *Journal of applied Ecology*, v.49, p.680-689, 2012.
- GREGORIN, R.; CARMIGNOTTO, A.P.; PERCEQUILLO, A.R. Quirópteros do Parque Nacional da Serra das Confusões, Piauí, nordeste do Brasil. *Chiroptera Neotropical*, v.14, n.1, p.366-383, 2008.
- GUISAN, A.; THUILLER, W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. **Ecology Letters**, v.8, p.993-1009, 2005.

- HANSEN, M.; DEFRIES, R.S.; TOWNSHEND, J.R.G.; CARROLL, M.; DIMICELI, C.; Results of the MODIS Vegetation Continuous Fields Algorithm", SOHLBERG, R.A. "Global Percent Tree Cover at a Spatial Resolution of 500 Meters: **First Earth Interactions**, v.7, n.10, p.1-15, 2003.
- HERD, R.M. *Pteronotus parnellii*. **Mammalian Species**, v.209, p.1-5. 1983.
- HERNANDEZ, P.A.; FRANKE, I.; HERZOG, S.K.; PACHECO, V.; PANIAGUA, L.; QUINTANA, H. L.; SOTO, A.; SWENSON, J. J.; TOVAR, C.; VALQUI, T. H.; VARGAS, J.; YOUNG, B. E. Predicting species distributions in poorly-studied landscapes. **Biodiversity and Conservation**, v.17, p.1353-1366, 2008.
- HIJMANS, R.J.; CAMERON, S.E.; PARRA, J.L.; JONES, P.G.; JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **Internation Journal Climatology**, v.25, p.1965-1978, 2005.
- HIJMANS, R.J.; GRAHAM, C. H. The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions. *Global Change Biology*, 2006. 12: 2272-2281.
- HIRZEL, A. H.; HAUSSER, J.; CHESSEL, D.; PERRIN, N. Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat suitability maps without absence data? *Ecology*, v.83, p.2027-2036, 2002.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. **Sinopse do Censo 2010: Área Territorial Brasileira**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias>, Acesso em: 18 jun. 2018.
- JANSEN, D.C.; CAVALCANTE, L.F.; LAMBLÉM, H.S. Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000. **Revista Brasileira de Espeleologia**, v.2, n.1, p.42-57, 2012.
- LASSIEUR, S.; WILSON, D.E. *Lonchorhina aurita*. **Mammalian Species**, v.347, p.1-4, 1989.
- LATIMER, A.M.; WU, S.; GELFAND, A.E.; SILANDER Jr., J.A. Building statistical models to analyze species distributions. **Ecological Applications**, v.16, p.33-50, 2006.
- LUZ, J.L.; COSTA, L.M.; LOURENÇO, E.C.; ESBÉRARD, C.E.L. Morcegos (Mammalia, Chiroptera) da Reserva Rio das Pedras, Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v.11, n.1, p.95-101, 2011.
- KUNZ, T.H. Roosting ecology of bats. In: KUNZ, T.H. **Ecology of bats**. New York: Plenum Press, 1982. p. 1-55.
- MARTINS, A.C.M.; BERNARD, E.; GREGORIN, R. Inventários biológicos rápidos de morcegos (Mammalia, Chiroptera) em três unidades de conservação do Amapá, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.23, n.4, p.1175-1184, 2006.
- NECKEL, S.; TAVARES, V.C. **Descrição e análise da fauna e flora da região do médio-baixo rio Xingu. Sub-programa Quirópteros (Mammalia: Chiroptera)**. 2008.
- NOVAES, R.L.M.; SOUZA, R.F.; FELIZ, S.; SAUWEN, C.; JACOB, G.; AVILLA, L. S. New record of *Furipterus horrens* (Cuvier, 1828) (Mammalia, Chiroptera) from the Cerrado of Tocantins state with a compilation of the known distribution within Brazil. **Check List**, v.8, n.6, p.1359-1361, 2012.
- PAVAN, A.C.; MARROIG, G. Integrating multiple evidences in taxonomy: species diversity and phylogeny of mustached bats (Mormoopidae: *Pteronotus*). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, n.103, p.184-198, 2016.
- PAVAN, A.C.D.O. **Sistemática e história evolutiva do gênero de morcegos neotropical *Pteronotus* (Chiroptera: Mormoopidae)**. 2014. 212 p. Tese (Doutorado em Genética e Evolução) Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo.

- PEARSON, R.G.; RAXWORTHY, C.J.; NAKAMURA, M.; PETERSON, A.T. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. **Journal Biogeography**, v.34, p.102-117, 2007.
- PILÓ, L.B.; AULER, A. Introdução à Espeleologia. In: CECAV, **Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental**. Brasília, DF: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2011. p.7-23.
- PHILLIPS, S.J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecol. Modell.** V.190, p.231-259, 2006.
- PHILLIPS, S. J.; DUDIK, M. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. **Ecography**, v.31, p.161-175, 2008.
- POL, A.; NOGUEIRA, M.R.; PERACCHI, A.L. Primeiro registro da família Furipteridae (Mammalia, Chiroptera) para o Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.20, n.3, p.561-563, 2003.
- RAHBEK, C.; GOTELLI, N.J.; COLWELL, R.K.; ENTSMINGER, G.L.; RANGEL, T.F.L.V.B.; GRAVES, G.R. Predicting continental-scale patterns of bird species richness with spatially explicit models. *Proceedings of the Royal Society B*, v.274, p.165-174, 2007.
- REIS, N. R.; PERACCI, A. L.; PEDRO, W.A.; LIMA, I. P. In: REIS, N. R.; PERACCI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. **Mamíferos do Brasil**. Londrina –PR: 2011.
- ROBINSON, F. The bats of the Ilha de Maracá. In: RATTER, J.A.; MILLIKEN, W. **Maracá: the biodiversity and environment of an Amazonian Rainforest**. John Wiley & Sons, London, 1998. p.165-188.
- SAMPAIO, E.M.; KALKO, E.K.V.; BERNARD, E.; RODRÍGUES-HERRERA, B.; HANDLEY Jr., C.O. A biodiversity assessment of bats (Chiroptera) in a tropical lowland rainforest of Central Amazonia, including methodological and conservation considerations. **Studies on Neotropical Fauna and Environmental**, v.38, n.1, p.17-31, 2003.
- SANTOS, C.M. **Estudo Imuno-histoquímico das células endócrinas do tubo gastrintestinal de morcegos (Mammalia, Chiroptera)**. (Dissertação) Biologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2007. p.60.
- SBRAGIA, I.A.; CARDOSO, A. Quiropterofauna (Mammalia: Chiroptera) cavernícola da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Chiroptera Neotropical**, v.14, n.1, p.360-365, 2008.
- SILVA, G.S.; ANACLETO, T.C.S. Diversidade de morcegos entre áreas com diferente grau de alteração na área urbana do município de Nova Xavantina, MT. **Chiroptera Neotropical**, v.17, n.2, p.1003-1012, 2011.
- SILVA, S.S.P.; GUEDES, P.G.; PERACCHI, A.L. Levantamento preliminar dos morcegos do Parque Nacional de Ubajara (Mammalia, Chiroptera), Ceará, Brasil. Curitiba, **Revista Brasileira de Zoologia**, v.18, n.1, p.139-144, 2001.
- SILVA, J.P.A.; CARVALHO, A.R.; MOTTA, J.A.O. Fauna de Morcegos (Mammalia, Chiroptera) em cavernas do bioma Cerrado na região de Indiara (Goiás). **Revista Brasileira de Zootecias**, v.11, n.3, p.209-217, 2009.
- SOBERÓN, J.; PETERSON, A.T. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. **Biodiversity Informatics**, v.2, p.1-10, 2005.
- TADDEI, W.A.; UIEDA, W. Distribution and morphometrics of *Natalus stramineus* from South America (Chiroptera, Natalidae). **Iheringia, Série Zoologia**, v.91, p.123-132, 2001.

- TAVARES, V.C.; AGUIAR, L.M.S.; PERINI, F.A.; FALCÃO F.C.; GREGORIN, R. Bats of the state of Minas Gerais, southeastern Brazil. *Chiroptera Neotropical*, v.16, n.1, p.675-705, 2010.
- TAVARES, V.C.; GREGORIN, R.; PERACCHI, A.L. A diversidade de morcegos no Brasil: lista atualizada com comentários sobre distribuição e taxonomia; p. 25-58. In: PACHECO, S.M.; MARQUES, R.V.; ESBÉRARD, C.E.L. (org.). *Morcegos do Brasil: biologia, sistemática, ecologia e conservação*. Porto Alegre: Armazém Digital, 2008. 575p.
- TRAJANO, E.; GNASPINI-NETTO, P. Composição da fauna cavernícola brasileira, com uma análise da distribuição dos táxons. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.7, n.3, p.383 – 407, 1991.
- TRAJANO, E.; MOREIRA, J. R. A. Estudo da fauna de cavernas da Província Espeleológica Arenítica Altamira-Itaituba, Pará. **Revista brasileira de Biologia**, v.51, n.1, p.13-29, 1991.
- UIEDA, W.; SAZIMA, I.; STORTI-FILHO, A. Aspectos da biologia do morcego *Furipterus horrens*. *Revista Brasileira de Biologia*, v.40, n.1, p.59- 66, 1980.
- VELOSO, H.P; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. Classificação da Vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro, 1991. 123p.
- VIEIRA, T.B.; MENDES, P.; OPREA, M. Áreas prioritárias para conservação de morcegos do Espírito Santo sob cenários atuais e futuros. **Neotropical Biology and Conservation**, v.7, n.2, p.88-96, 2012.
- VIZOTTO, L.D.; RODRIGUES, V.; DUMBRA, V.J. Sobre ocorrência e dados biométricos de *Pteronotus (Pteronotus) gymnotus* (Natterer, in Wagner, 1843), no Estado do Piauí (Chiroptera, Mormoopidae). *Revista Nordestina Biologia*. v.3, p.246-247, 1980.
- VOSS, R.S.; EMMONS, L.H. Mammalian diversity in neotropical lowland rainforests: a preliminary assessment. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, v.230, p.1-115, 1996.
- WIENS, J.A.; STRALBERG, D.; JONGSOMJIT, D.; HOWELL, C.A.; SNYDER, M.A. Niches, models, and climate change: assessing the assumptions and uncertainties. *PNAS*, v.17, n.106 - suppl. 2, p.19729–19736, 2009.
- XIMENES, A.C.; AMARAL, S; ARCOVERDE, G.F.B.; MONTEIRO, A.M.V. Redes neurais para a seleção de variáveis ambientais no processo de modelagem de distribuição de espécies na região Norte do Brasil. *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Saneamento Remoto*, Natal, 2009. p. 5531-5538.
- XIMENES, A.C. **Mapas auto-organizáveis para a identificação de ecorregiões do interflúvio Madeira Purus: uma abordagem da biogeografia ecológica**. (Dissertação) Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008. 155p.
- ZORTÉA, M. **Diversidade e organização de uma taxocenose de morcegos do cerrado brasileiro**. (Tese) Ecologia de Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, 2001. 128p.

Fluxo editorial:

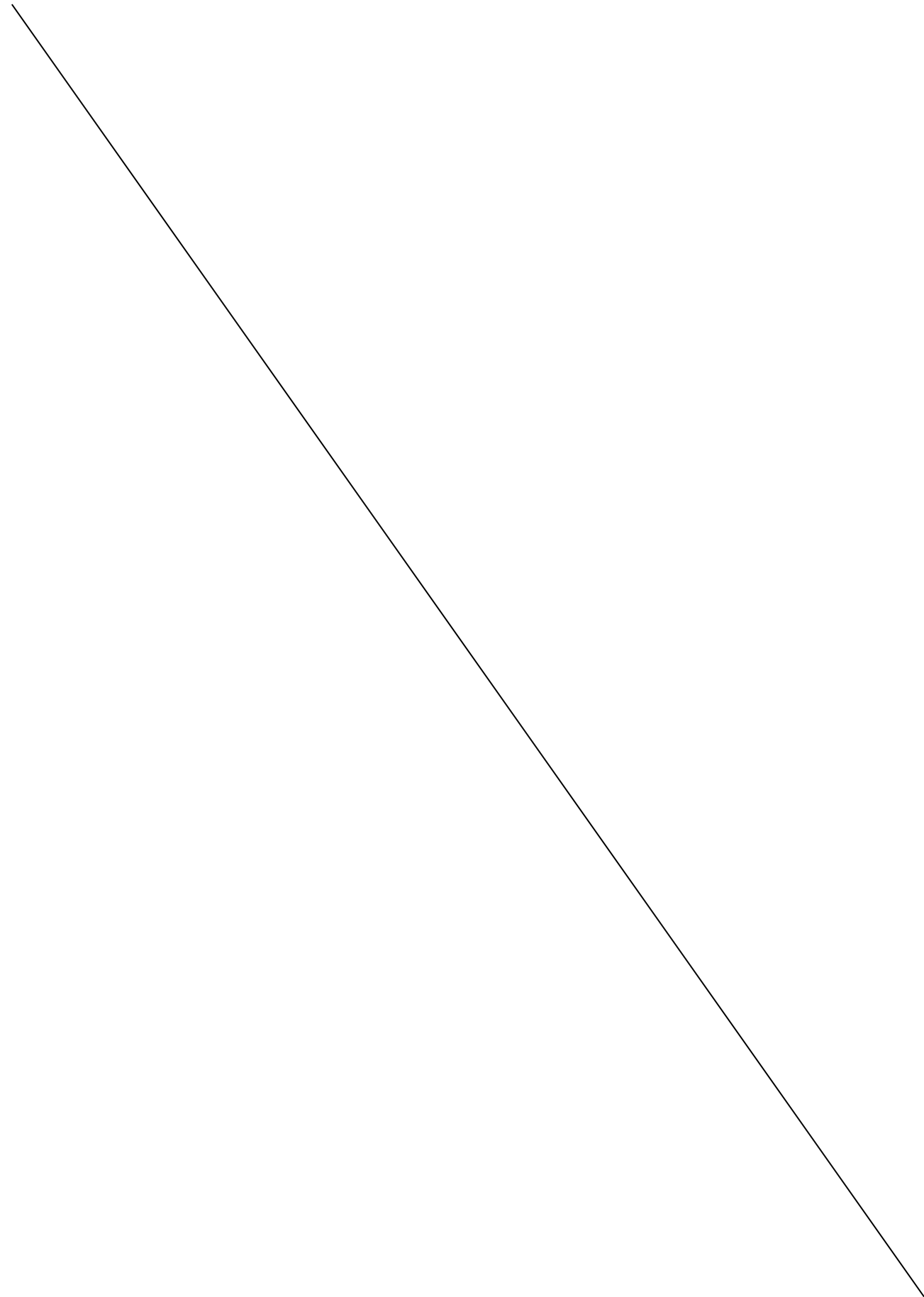
Recebido em: 28.10.2018

Aprovado em: 09.01.2019



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp



REGISTRO DE PREDACÃO DE GASTRÓPODE (PULMONATA, CHAROPIDAE) PELO AMBLIPÍGEO *CHARINUS* (AMBLYPYGI, CHARINIDAE) EM CAVERNA DO NORDESTE BRASILEIRO

PREDATION RECORD OF GASTROPOD (PULMONATA, CHAROPIDAE) BY THE AMBLYPIDID CHARINUS (AMBLYPYGI, CHARINIDAE) IN A CAVE FROM NORTHEASTERN BRAZIL

Jan Pierre Martins de Araújo (1,2); Gustavo Henrique Nunes Basílio (3);
Marcelo Augusto de Freitas Kramer (2); Solon Rodrigues de Almeida Netto (2)

- (1) Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Centro de Biociências, Natal RN.
(2) Espeleonordeste – Sociedade Nordestina de Espeleologia, Aracaju SE.
(3) Programa de Pós-graduação em Educação Ambiental e Geografia do Semiárido, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), João Câmara RN.

Contatos: janpierremartins@gmail.com; gustavohenriquebiologia@gmail.com;
marcelokramerbr@gmail.com; solon_almeida@yahoo.com.br.

Resumo

O presente trabalho aborda um registro de predação de um gastrópode Pulmonado da família charopidae por amblypígeo do gênero *Charinus* em caverna do município de Martins, Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil. Esta observação contribui com informações adicionais sobre a preferência alimentar do gênero *Charinus*, principalmente em ambiente subterrâneo.

Palavras-Chave: Amblypygi; predação; caverna.

Abstract

The present work deals with a predator record in a gastropod of the family Charopidae by an amblypygid of Charinus genus in a cave of the municipality of Martins, Rio Grande do Norte State, northeast of Brazil. This observation contributes with additional information on the feeding behavior of the genus Charinus, mainly in subterranean realm.

Key-Words: Amblypygi; predation; cave.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui mais de 18.000 cavernas cadastradas (CECAV/ICMBIO, 2018) e é considerado um *spot* de biodiversidade subterrânea no mundo (GALLÃO; BICHUETTE 2018). Trabalhos com a biota subterrânea no Brasil vem sendo conduzidos desde o final do século 19 e tendo se intensificado a partir do final dos anos 1980, com foco na diversidade faunística de áreas cársticas dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Goiás, Paraná e Ceará (TRAJANO; BICHUETTE, 2006). Dentre suas intrigantes características, a tendência à estabilização ambiental pode aqui ser pontuada como um dos principais atributos dos ambientes subterrâneos (BARR JR, 1968). Esta estabilidade ambiental pode ser propícia para a colonização e desenvolvimento de biota diversificada.

Outro ponto a ser abordado, diz respeito às características do fluxo energético nestes habitats. A maioria dos habitats subterrâneos é desprovida de luz, pelo menos nas zonas mais profundas, distantes

de entradas. Desta forma, não há produção primária devido ausência de seres fotossintetizantes e a energia responsável em manter as comunidades é geralmente carregada do meio epígeo para o hipógeo, utilizando agentes físicos e biológicos, como enxurradas, água de percolação, deslocamento de massa, vento e por meio de seres vivos (CULVER; PIPAN, 2009).

Geralmente os consumidores de topo são representados pelos aracnídeos, classe amplamente distribuída e adaptada a viverem em habitats subterrâneos (WILLEMART; TAQUES, 2013). Dentre os aracnídeos, a ordem Amblypygi representa um dos grupos mais bem-sucedidos na colonização de ambientes cavernícolas. Entretanto, estudos sobre a ecologia desses animais em cavernas brasileiras ainda são poucos se compararmos com regiões da Europa e América do Norte.

O gênero *Charinus* ocorre em diversos habitats como florestas úmidas, regiões semiáridas, cavernas e até mesmo ilhas oceânicas

(VASCONCELOS et al., 2013; RÉVEILLION; MAQUART, 2015; VASCONCELOS; FERREIRA, 2016). Em termos gerais, os Amblypygi executam suas funções ecológicas como acasalamento e alimentação à noite para evitar predação e dessecação (WEYGOLDT, 2000).

O objetivo do presente trabalho é apresentar um evento de predação de um gastrópode Charopidae (Subclasse Pulmonata, Ordem Basommatophora) por um Amblypygi do gênero *Charinus* em uma cavidade natural subterrânea no nordeste do Brasil. Os gastrópodes desta família apresentam estruturas pulmonares características (BAKER, 1945; STRONG et al., 2008), razão pela qual são aptos a viver em ambientes terrestres. Esses animais possuem importância para as ciências da saúde, principalmente para as áreas da medicina e parasitologia, já que algumas espécies podem servir como hospedeiro intermediário de doenças, como esquistossomose (LEME, 1995).

2. DESCRIÇÃO DO REGISTRO E DISCUSSÃO

No dia 16 de maio do ano de 2015 foi observado na Caverna Apartamento de Pedra Cave (-06.0505 S, -37.9018 O), município de Martins, estado do Rio Grande do Norte (Figura 1), um evento de predação em que um exemplar do gênero *Charinus* (espécie indeterminada) capturou e alimentou-se de um gastrópode da família Charopidae. Ambos estavam no substrato úmido da zona afótica da caverna. O amblipígeo aproximou-se lentamente do gastrópode e o capturou com os pedipalpos e rapidamente o gastrópode (Charopidae)

recolheu-se no interior da concha. Durante a manipulação do alimento, o amblipígeo lentamente girou o gastrópode que era de menor tamanho e tentou inserir as quelíceras na concha até encontrar a abertura desta onde o tecido mole do gastrópode estava exposto. Após poucos minutos alimentando-se, o exemplar de *Charinus* desprezou a concha e permaneceu estacionário por alguns poucos minutos a mais (Figura 2).

O evento ocorreu na fase diurna do dia. Comportamento similar (alimentação na fase diurna) foi observado em *Charinus taboa* (VASCONCELOS et al., 2016), o que demonstra que há casos de atividade não apenas na fase noturna do dia; fato esperado para animais que vivem em escuridão permanente.

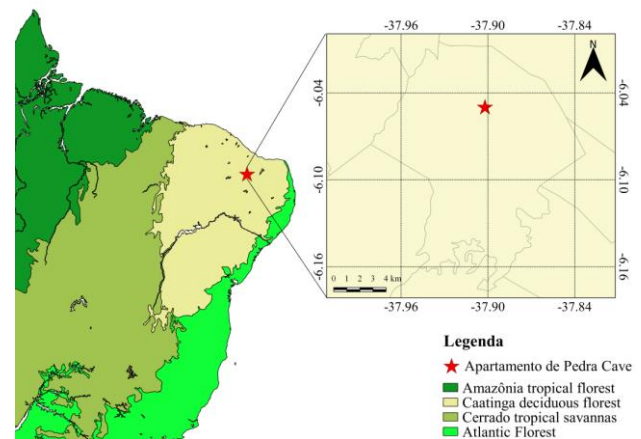


Figura 1. Região e localização da cavidade onde o evento foi registrado. Município de Martins, Rio Grande do Norte, Brasil.

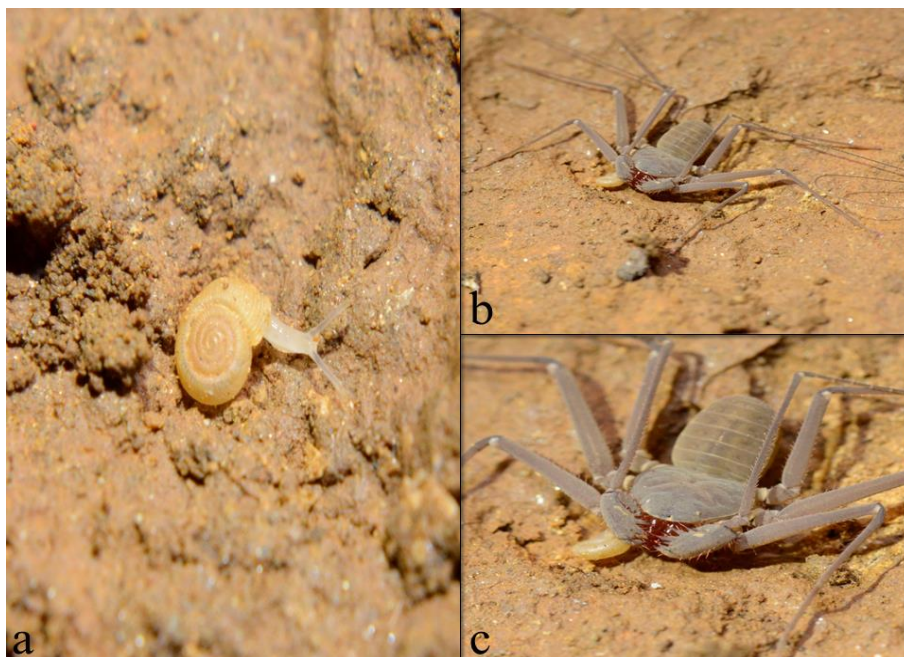


Figura 2. a. Gastrópode Charopidae antes de ser capturado por *Charinus* indet.; b.c. Momento em que *Charinus* captura o gastrópode e o gira em busca das partes moles. Fotos: Solon Almeida.

Mesmo com uma ampla distribuição mundial, principalmente nas Américas, a ecologia de grande parte das espécies de *Charinus* é pouco conhecida (MIRANDA et al., 2016). Entretanto, trabalhos descrevendo novas espécies tem crescido exponencialmente ao longo dessa década (JOCQUE; GIUPPONI, 2012; VASCONCELOS et al., 2014; GIUPPONI; MIRANDA, 2016; VASCONCELOS; FERREIRA, 2017) em conjunto com estudos comportamentais que trazem à luz do conhecimento novos dados referentes à ecologia desse grupo (PINTO-DA-ROCHA et al., 2002; MIRANDA et al., 2016; SEGOVIA et al., 2018). Entretanto, ainda é pequeno o número de trabalhos sobre a preferência alimentar de espécies de *Charinus*. Alguns dados demonstram que a base alimentar de *Charinus* é composta principalmente por insetos como grilos (VASCONCELOS et al., 2013), baratas (VASCONCELOS; FERREIRA, 2016) e mariposas (VASCONCELOS et al., 2016), além de relatos de possível canibalismo em ambiente controlado de laboratório (PINTO-DA-ROCHA et al., 2002). Esse trabalho vem ampliar o conhecimento quanto à diversidade alimentar do gênero *Charinus* e incluir

mais um grupo taxonômico nos estudos recentes. Além de reforçar a narrativa de novas pesquisas focadas na ecologia desses aracnídeos, objetivando ampliar o conhecimento quanto a interações raras entre animais cavernícolas, tendo em vista que tal informação é relevante para estabelecimento de grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas no território brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Espeleonordeste – Sociedade Nordestina de Espeleologia, pelo financiamento das pesquisas que levaram à confecção desse trabalho, a toda equipe de campo do Projeto Cavernas de Martins e em especial ao Prof. Dr. Luiz Ricardo Lopes de Simone do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo – USP, pela identificação do gastrópode e ao Senhor Aldo Guimarães pelo acolhimento de todos em sua propriedade e ter auxiliado de forma relevante aos trabalhos de prospecção na área de estudo. Também agradecemos aos revisores pelo enriquecimento do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- BAKER, F.C. **The molluscan family planorbidae**. Illinois: Illinois Press, 1945. 527 p.
- BARR JR, T.C. Cave ecology and the evolution of troglobites. In: DOBZHANSKY, T.; HECHT, M.K.; STEERE, W.C. (Eds.). **Evolutionary Biology**. Springer: Boston, 1968. p.35-102.
- CECAV/ICMBio - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. **Base de Dados Geoespacializados de cavidades Naturais Subterrâneas do ECAV, situação em 01/10/2018**. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/cecv/>. Acesso em 01 out. 2018.
- CULVER, D.C.; PIPAN, T. **The biology of caves and other subterranean habitats**. Oxford: Oxford University Press, 2009. 256 p.
- GALLÃO, J.E.; BICHUETTE, M.E. **Brazilian obligatory subterranean fauna and threats to the hypogean environment**. ZooKeys. v.746, n.1. p.1-23. 2018.
- GIUPPONI, A.P.L.; MIRANDA, G.S. **Eight New Species of Charinus Simon, 1892 (Arachnida: Amblypygi: Charinidae) Endemic for the Brazilian Amazon, with Notes on Their Conservational Status**. PLoS ONE. v.11, n.2. p.1-33. 2016.
- JOCQUE, M.; GIUPPONI, A.P.L. **Charinus bromeliaea sp. n. (Amblypygi: Charinidae); a new species of bromeliad inhabiting whip spider from French Guyana**. Zootaxa. v.3158. p.53-59. 2012.
- LEME, J.L.M. Morfologia geral dos moluscos, em particular da Classe Gastropoda. In: BARBOSA, F.S. (Eds.) **Tópicos em malacologia médica**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 1995. p.15-49.
- MIRANDA, G.S.; MILLERI-PINTO, M.; GONSALVES-SOUZA, T.; GIUPPONI, A.P.L.; SCHARFF, N. **A new species of Charinus Simon 1892 from Brazil, with notes on behavior (Amblypygi, Charinidae)**. ZooKeys. v.621, n.1. p.15-36, 2016.

- PINTO-DA-ROCHA, R.; MACHADO, G.; WEYGOLDT, P. **Two new species of *Charinus* Simon, 1892 from Brazil with biological notes (Arachnida; Amblypygi; Charinidae).** Journal of Natural History. v.36, n.1. p. 107-118. 2002.
- RÉVEILLION, F.; MARQUART, P.O. **A new species of *Charinus* Simon, 1892 (Amblypygi, Charinidae) from térmita nests in French Guiana.** ZooTaxa. v.4032, n.2. p.190-196. 2015.
- SEGOVIA, J.M.G.; NECO, L.C.; WILLEMART, R.H. **On the habitat use of the Neotropical whip spider *Charinus asturius* (Arachnida: Amblypygi).** ZOOLOGIA, v.35, n.1, p.01-06, 2018.
- STRONG, E.E.; GARGOMINY, O.; PONDER, W.F.; BOUCHET, P. **Global diversity of gastropods (Gastropoda; Mollusca) in freshwater.** Hydrobiologia, v.595, n.1, p.149-166, 2008.
- TRAJANO, E.; BICHUETE, M.E. **Biologia subterrânea introdução.** São Paulo: Redespeleo, 2006. 91 p.
- VASCONCELOS, A.C.O.; GIUPPONI, A.P.L.; FERREIRA, R.L. **A new species of *Charinus* Simon, 1892 from northeastern Brazil with comments on the potential distribution of the genus in Central and South Americas (Arachnida: Amblypygi; Charinidae).** ZooTaxa. v.3737, n.4. p.488-500. 2013.
- VASCONCELOS, A.C.O.; GIUPPONI, A.P.L.; FERREIRA, R.L. **A new species of *Charinus* from Minas Gerais State, Brazil, with comments on its sexual dimorphism (Arachnida: Amblypygi; Charinidae).** Journal of Arachnology. v.42, n.2. p.155-162. 2014.
- VASCONCELOS, A.C.O.; GIUPPONI, A.P.L.; FERREIRA, R.L. **Description of new troglomorphic species of *Charinus* Simon, 1892 from Brazil (Arachnida, Amblypygi, Charinidae).** ZooKeys v.600, n.1. p. 35-52. 2016.
- VASCONCELOS, A.C.O.; FERREIRA, R.L. **Description of two new species of *Charinus* Simon, 1892 from Brazilian caves with remarks on concervation (Arachnida: Amblypygi; Charinidae).** ZooTaxa. v.4072, n.2. p. 185-202. 2016.
- VASCONCELOS, A.C.O.; FERREIRA, R.L. **Two new species of cave-dwelling *Charinus* Simon, 1892 from Brazil (Arachnida: Amblypygi; Charinidae).** ZooTaxa. v.4312, n.2. p.277-292. 2017.
- WEYGOLDT, P. **Whip Spiders (Chelicerata: Amblypygi): Their Biology, Morphology and Systematics.** Stenstrup: Apollo Books, 2000. 163 p.
- WILLEMART, R.H.; TAQUES, B.G. **Morfologia e ecologia sensorial em aracnídeos troglóbios: perspectivas para a espeleobiologia brasileira.** Revista da Biologia, v.02, n. 10, São Paulo, p.46-51, 2013.

Fluxo editorial:

Recebido em: 08.12.2018

Aprovado em: 10.03.2019



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp

PIERRE STRINATI AT 90 AND HIS CONTRIBUTIONS TO THE SUBTERRANEAN BIOLOGY IN BRAZIL

PIERRE STRINATI AOS 90 ANOS E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A BIOLOGIA SUBTERRÂNEA NO BRASIL

Maysa Fernanda Villela Rezende Souza (1); Rodrigo Lopes Ferreira (1); Marconi Souza Silva (1);
Bernd Hauser (2)

- (1) Centro de Estudos em Biologia Subterrânea, Setor de Biodiversidade Subterrânea, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA). Lavras MG.
(2) Department of Arthropodology and Entomology I, Natural History Museum of Geneva. Geneva, Switzerland.

Contatos: mvillelabio@yahoo.com.br; drops@dbi.ufla.br; marconisilva@dbi.ufla.br;
bernd.hauser@ville-ge.ch.

Abstract

The Swiss biospeleologist Pierre Strinati is well known in the field of the subterranean biology for having carried out expeditions to caves and collect samples of cave fauna around the world. He visited caves in around 70 countries and discovered hundreds of new species of invertebrates and two vertebrate species, publishing several scientific papers and books. In 1968, he included Brazil in his itinerary and visited the Areias de Cima cave and the Tapagem cave, both in the region of Iporanga, São Paulo state. He collected several invertebrates and sent them to be studied by specialists, resulting in the publication of 10 papers in which ten new species, one new genus and one new subfamily were described. Half of these species were named after him. Before Dr. Pierre Strinati visit the Brazilian caves, the knowledge about the cave fauna was almost restricted to taxonomic studies. Consequently, he was the first researcher to make a more complete sampling of the biological community of Brazilian caves, inspiring further studies about the subterranean biology in the country. Therefore, his pioneer exploration, in addition to the intensive works made by some Brazilian researchers, established the subterranean biology as a promising field of research in Brazil.

Key-Words: biospeleology; caves; invertebrates.

Resumo

O biospeleólogo suíço Pierre Strinati é bastante conhecido no campo da biologia subterrânea por ter realizado expedições para visitar cavernas e coletar exemplares da fauna cavernícola em várias regiões do mundo. Ele visitou cavernas em aproximadamente 70 países e descobriu centenas de novas espécies de invertebrados e duas de vertebrados, publicando vários artigos científicos e livros. Em 1968, ele incluiu o Brasil em seu roteiro e visitou as Grutas Areias de Cima e Tapagem, ambas na região de Iporanga, estado de São Paulo. Ele coletou vários invertebrados que foram enviados para ser estudados por especialistas, resultando na publicação de dez artigos, nos quais foram descritas 10 novas espécies, um novo gênero e uma nova subfamília. A metade destas espécies foram nomeadas em sua homenagem. Antes do Dr. Pierre Strinati visitar essas cavernas brasileiras, o conhecimento sobre a fauna cavernícola era quase restrito a trabalhos taxonômicos. Consequentemente, ele foi o primeiro pesquisador a fazer uma amostragem mais completa da comunidade biológica em cavernas brasileiras, inspirando estudos posteriores sobre biologia subterrânea no país. Portanto, sua exploração pioneira, aliada aos trabalhos intensivos realizados por alguns pesquisadores brasileiros, estabeleceram a biologia subterrânea como um campo de pesquisa promissor no Brasil.

Palavras-Chave: biospeleologia; cavernas; invertebrados.

The zoologist Pierre Strinati was born in Geneva (Switzerland) on 31 October, 1928. Coming from a family of textile traders, he started to manage the family business after completing his studies (science graduate of the University of Geneva in

1960 and doctorate in zoology from the University of Toulouse in 1965). However, this responsibility did not prevent him from devoting time to other activities like his advocacy for the graphic novels

and the scientific studies (AELLEN, 1980; LINDER, 2015).

The scientific activities of Dr. Pierre Strinati were focused mainly on the caves and the fauna that inhabits these environments. His great curiosity about the physical and biological components of the subterranean environments resulted in several expeditions to visit caves around the world in the company of other biospeleologists. In total, he visited 1626 caves in around 70 countries (Pierre Strinati, pers. com., 2018) (Fig. 1A). As a result, he collected about 300 new cave species (two vertebrates and the rest invertebrates) and 61 of them were named in honor of him (e.g. BRIGNOLI, 1972; CONDÉ, 1997; HUBER, 2005). He also has about a hundred publications in scientific journals and published several books (e.g. STRINATI, 1960, 1971, 1994a, 1994b; STRINATI; CONDÉ, 1995). In 1979 the Natural History Museum of Geneva nominated him a Corresponding Member and in 2014 the ISSB (International Society for Subterranean Biology) appointed him an Honorary Member.

One of the expeditions carried out by Dr. Pierre Strinati had the Brazil as destination. He visited caves located at the Iporanga municipality (São Paulo State) in July 1968, guided by Michel le Bret, and such explorations were not easy given the bad conditions of the roads in that time (Fig. 1B). During the expedition they visited the Tapagem Cave (also known as Diabo Cave) and the Areias de Cima cave (Fig. 1C), collecting several invertebrates (STRINATI, 1968, 1971, 1975; PINTO-DA-ROCHA, 1995; TRAJANO, 2007). Therefore, Dr. Pierre Strinati produced the first species list for these two caves and the specimens collected were studied by several researchers, resulting in the publication of 10 papers (published between the years 1969 and 2000) in which 10 new species, one new genus and one new subfamily were described, some of them being troglobites (BEIER, 1969; CHOPARD, 1970; BRIGNOLI, 1972; TÜRKAY, 1972; WHITEHEAD, 1972; MAURIÈS, 1974; ŠILHAVÝ, 1974, 1979; STRINATI, 1975; YOSHII, 1988; MAURIÈS; GEOFFROY, 2000).

Some of the new taxa found by him in the Brazilian caves were also named after him. One new genus of cricket received the name of *Strinattia* Chopard, 1970 (Fig. 2A), and four new species have his last name as specific epithet: the pseudoscorpion

Pseudochthonius strinatii Beier, 1969 (Fig. 2B), the millipede *Pseudonannolene strinatii* Mauriès, 1974 (Fig. 2C), the decapod *Aegla strinatii* Türkay, 1972 (Fig. 2D) and the harvestmen *Pachylospeleus strinatii* Šilhavý, 1974 (Fig. 2E) (BEIER, 1969; CHOPARD, 1970; TÜRKAY, 1972; MAURIÈS, 1974; ŠILHAVÝ, 1974).

Before Dr. Pierre Strinati visit the Brazilian caves in 1968, the knowledge about the cave-dwellers was almost restricted to studies performed by taxonomists. As examples, we can cite the description of the catfish *Pimelodela kronei* in 1907 by Ribeiro and in the following years the description of invertebrates like crickets and a fly by Costa-Lima, whip spider and harvestman by Mello-Leitão, millipedes by Otto Schubart, harvestman by H. Soares and thread-legged bugs by Wygodzinsky (RIBEIRO, 1907; COSTA-LIMA, 1932, 1940; MELLO-LEITÃO, 1933, 1937, 1940; SCHUBART, 1946; SOARES, 1966; WYGODZINSKY, 1950; PINTO-DA-ROCHA, 1995). Consequently, Dr. Pierre Strinati was the first researcher to sample the biological community of Brazilian caves as whole, encouraging further studies about the subterranean biology in the country. Among these studies, we can cite the historical outstanding article by Dessen et al. (1980), in which the cave fauna of some Brazilian regions was sampled in a systematic way for the first time, being a landmark of the subterranean biology in this country. Afterwards, Dra. Eleonora Trajano, one of the authors of the study previously mentioned, continued and intensified the studies about cave fauna, establishing the pillars of the subterranean biology in Brazil (e.g. TRAJANO, 1987, 1991, 1992; TRAJANO; GNASPINI-NETTO, 1991; TRAJANO; MOREIRA, 1991). Accordingly, the pioneering exploration of Dr. Pierre Strinati represented a remarkable contribution that opened the doors to studies of the Brazilian cave fauna in a community-level approach, which makes him one important and influential person in the biospeleological scenario of our country.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank Filippo Munafò, Claude Chassan and Lucas M. Rabelo for the photos that allowed us to illustrate this paper. Rodrigo Lopes Ferreira is grateful to the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq grant n. 304682/2014-4).

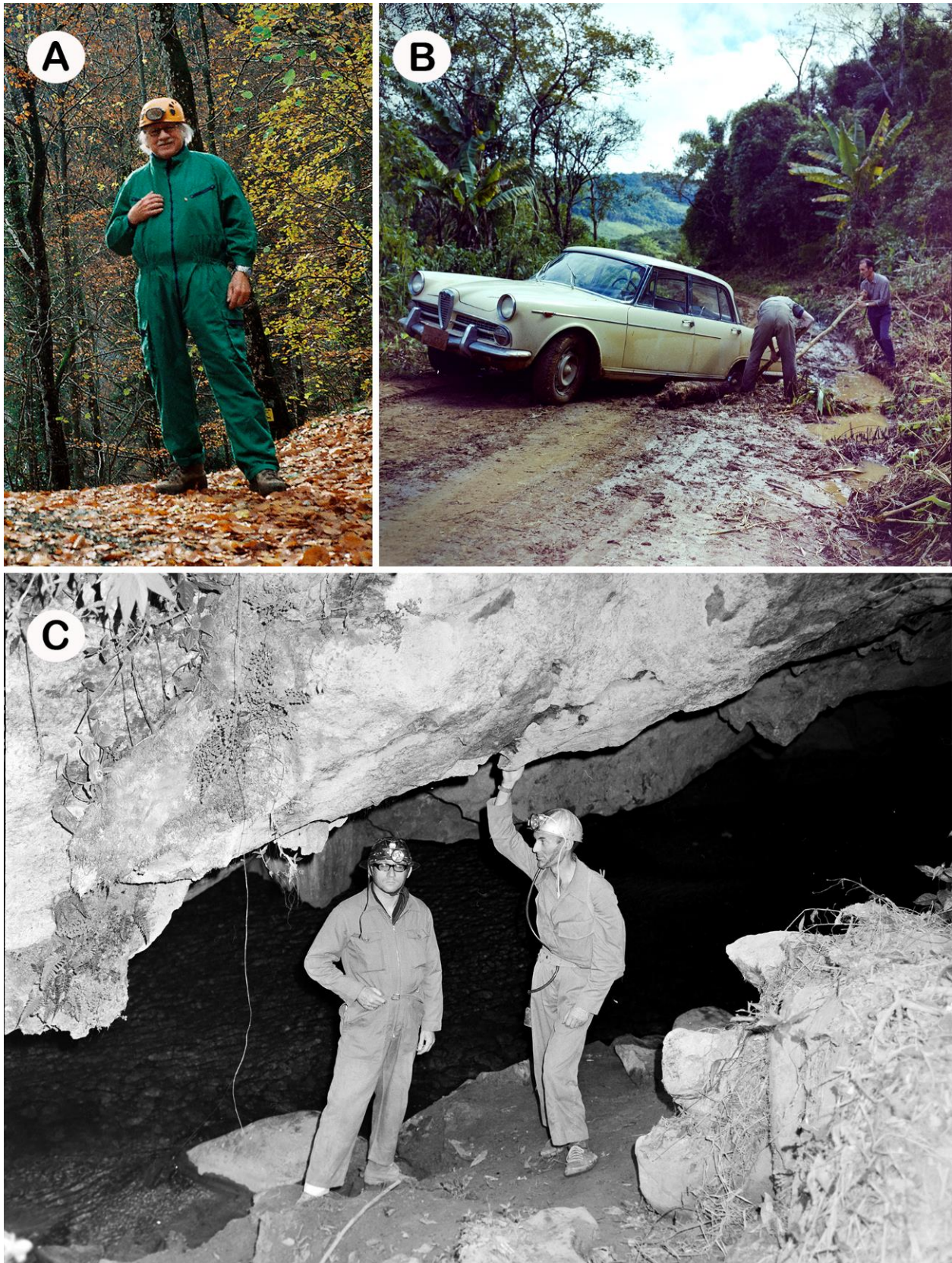


Figure 1: Pictures of Dr. Pierre Strinati taken on his birthday (31 October, 2018) and during the expedition carried out by him in Iporanga municipality (São Paulo state, Brazil) in July 1968: A) Dr. Pierre Strinati before his 1626th cave visit, Grotte aux Fées de Vallorbe (Switzerland VD6), on his 90th birthday (phot. Filippo Munafo, 31.X.2018); B) The bad conditions of the roads in the Iporanga region in 1968 were one of the difficulties faced by Dr. Pierre Strinati, Claude Chassan (left) and Michel Le Bret (right) (phot. Pierre Strinati, 29.VII.1968); C) Dr. Pierre Strinati (left) and Michel Le Bret at the Areias de Cima cave (phot. Claude Chassan, 29.VII.1968).

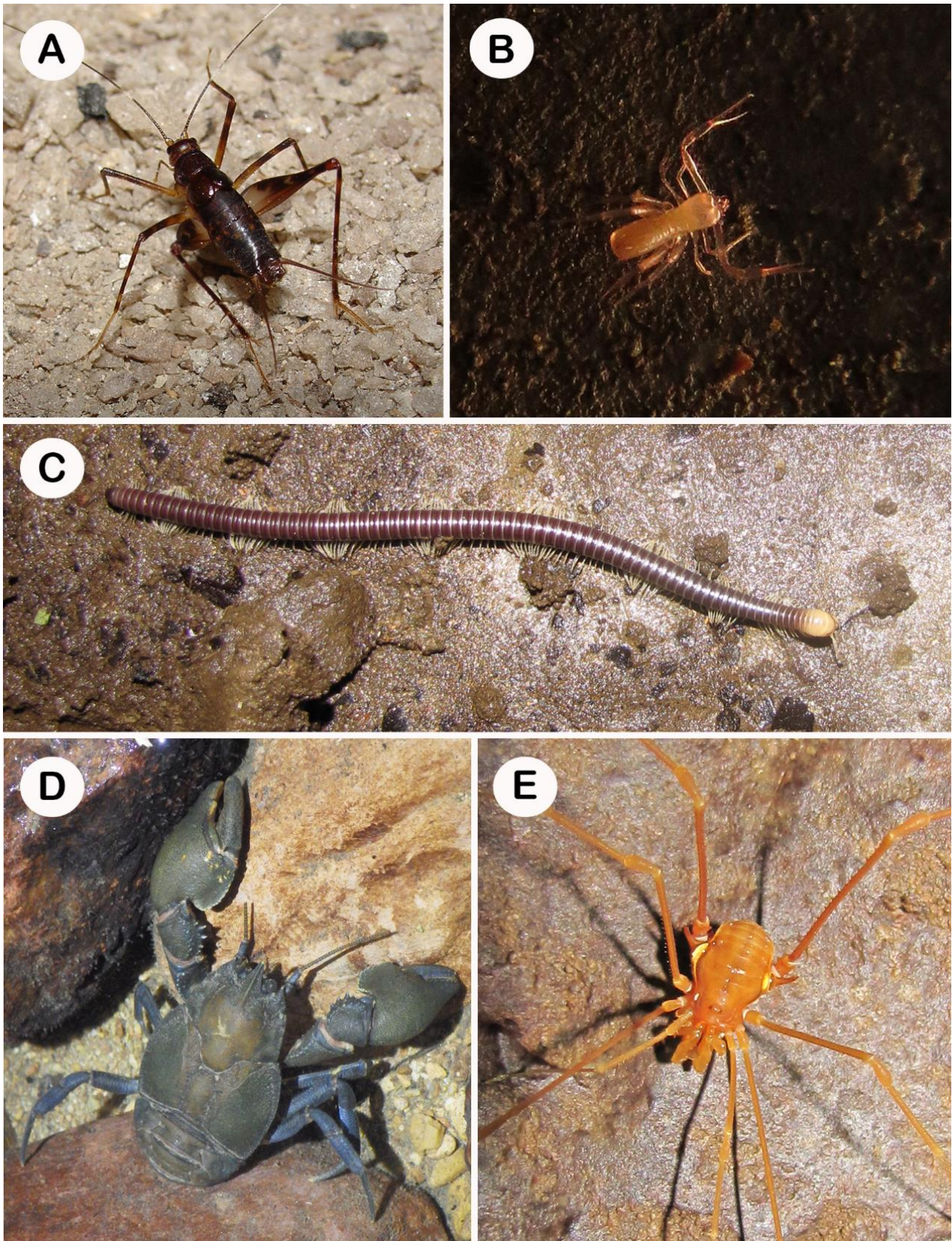


Figure 2: The Brazilian cave taxa that were named after Dr. Pierre Strinati: A) A cricket of the genus *Strinatia* Chopard, 1970; B) The pseudoscorpion *Pseudochthonius strinatii* Beier, 1969; C) The millipede *Pseudonannolene strinatii* Mauriès, 1974; D) The decapod *Aegla strinatii* Türkay, 1972; E) The harvestmen *Pachylospeleus strinatii* Šilhavý, 1974. The photos A, B, C and E were taken by Rodrigo Lopes Ferreira and the photo D was provided by Lucas Mendes Rabelo.

REFERENCES

- AELLEN, V. Bienfaiteurs du Muséum de Genève. **Musées de Genève**, n. 206, p.16-18, 1980.
- BEIER, M. Ein wahrscheinlich troglobionter Pseudochthonius (Pseudoscorp.) aus Brasilien. **Revue Suisse de Zoologie**, v.76, p.1-2, 1969.
- BRIGNOLI, P.M. Sur quelques araignées cavernicoles d'Argentine, Uruguay, Brésil et Venezuela récoltées par le Dr. Pierre Strinati (Arachnida, Araneae). **Revue Suisse de Zoologie**, v.79, p.361-385, 1972.
- CHOPARD, L. Description de Gryllides cavernicoles nouveaux (Orth. Phalangopsidae). **Bulletin de la Société entomologique de France**, v.75, p.117-123, 1970.
- CONDÉ, B. Nouveaux Palpigrades du Muséum de Genève. **Revue Suisse de Zoologie**, v.84, p.665-674, 1977.
- COSTA-LIMA, A. Sobre os phlebotomos americanos. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v.26, n.1, p.15-76, 1932.
- COSTA-LIMA, A. Um novo grilo cavernícola de Minas Gerais (Orthoptera: Grylloidea: Phalangopsitidae). **Papéis Avulsos de Zoologia**, v.1, n.13, p.43-50, 1940.
- DESSEN, E.M.B.; ESTON, V.R.; SILVA, M.S.; TEMPERINI-BECK, M.T.; TRAJANO, E. Levantamento preliminar da fauna de cavernas de algumas regiões do Brasil. **Ciência e Cultura**, v.32, n.6, p.714-725, 1980.
- HUBER, B.A. High species diversity, male-female coevolution, and metaphyly in Southeast Asian pholcid spiders: the case of *Belisana* Thorell 1898 (Araneae, Pholcidae). **Zoologica**, v.155, p.1-126, 2005.
- LINDER, C. Portrait interview de Pierre Strinati, biospéologue. **Hypogées "Les Boueux"**, n.73, p.4-6, 2015.
- MAURIÈS, J.P. Un cambalide cavernicole du Brésil, *Pseudonannolene strinatii* n. sp. (Myriapoda-Diplopoda). **Revue Suisse de Zoologie**, v.81, p.545-550, 1974.
- MAURIÈS, J.P.; GEOFFROY, J.J. Nouvelle description, classification, répartition et variations morphologiques interpopulations d'un diplopode troglobie du sud-est du Brésil (Diplopoda, Polydesmida, Chelodesmidae). **Zoosystema**, v.22, p.153-170, 2000.
- MELLO-LEITÃO, C.F. Novos Gonyleptidae do Brasil meridional. **Archivos da Escola de Agricultura e Medicina Veterinária**, v.10, n.2, p.133-151, 1933.
- MELLO-LEITÃO, C.F. Un Gryllide et deux Mantides nouveaux du Brésil (Orth.). **Revista de Entomologia**, v.7, n.1, p.11-18, 1937.
- MELLO-LEITÃO, C.F. Sur une Phryne cavernicole de Bahia - *Trichodamon froesi* sp. n. **Anais da Academia brasileira de Ciências**, v.12, p.131-135, 1940.
- PINTO-DA-ROCHA, R. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907-1994). **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v.39, n.6, p.61-173, 1995.
- RIBEIRO, A.M. Uma novidade ichthyologica. **Kosmos**, v.4, n.1, p.21-22, 1907.
- SCHUBART, O. Primeira contribuição sobre os diplópodos cavernícolas do Brasil. **Livro em homenagem a R.F. d'Almeida**, p.307-314, 1946.
- ŠILHAVÝ, V. A new subfamily of Gonyleptidae from Brazilian caves, Pachylospeleinae subfam. n. (Opiliones, Gonyleptomorphi). **Revue Suisse de Zoologie**, v.81, p. 893-898, 1974.
- ŠILHAVÝ, V. Opilionids of the suborder Gonyleptomorphi from the American caves, collected by Dr. Pierre Strinati. **Revue Suisse de Zoologie**, v.86, p.321-334, 1979.
- SOARES, H.E.M. Novos opiliões da coleção "Otto Schubart" (Opiliones: Cosmetidae, Gonyleptidae, Phalangodidae). **Papéis Avulsos de Zoologia**, v.18, p.103-115, 1966.

- STRINATI, P. La faune actuelle de trois grottes d'Afrique Equatoriale Française. **Annales de Spéléologie**, v.15, p.533-538, 1960.
- STRINATI, P. Expéditions biospéologiques en Amérique latine. **Stalactite**, v.18, p.6-9, 1968.
- STRINATI, P. Recherches biospéologiques en Amérique du Sud. **Annales de Spéléologie**, v.26, p.439-450, 1971.
- STRINATI, P. Fauna des Grutas das Areias (São Paulo, Brazil). In: PROCEEDINGS OF THE INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON CAVE BIOLOGY AND CAVE PALEONTOLOGY, Oudtshoorn, 1975. p.37-38.
- STRINATI, P. Guatemala. In: JUBERTHIE, C.; DECU, V. (Eds.) **Encyclopaedia Biospeologica**, v.1. Moulis, Bucarest: Société de Biospéologie, 1994a. p.437-442.
- STRINATI, P. Uruguay. In: JUBERTHIE, C.; DECU, V. (Eds.) **Encyclopaedia Biospeologica**, v.1. Moulis, Bucarest: Société de Biospéologie, 1994b. p.577-578.
- STRINATI, P.; CONDÉ, B. Grottes et palpigrades de Madere. **Mémoires de Biospéologie**, v.22, p.161-168, 1995.
- TRAJANO, E. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. **Revista brasileira de Zoologia**, v.3, n.8, p.533-561, 1987.
- TRAJANO, E. Populational ecology of *Pimelodella kronei*, troglobitic catfish from southeastern Brazil (Siluriformes, Pimelodidae). **Environmental Biology of Fishes**, v.30, p.407-421, 1991.
- TRAJANO, E. Nota sobre os cavernícolas da Província Espeleológica do Bambuí. **Espeleo-Tema**, São Paulo, v.16, p.95-101, 1992. http://www.cavernas.org.br/espeleo-tema/Espeleo-Tema_v16_095-101.pdf
- TRAJANO, E. Os estudos biológicos no Sistema Areias. In: TRAJANO, E. (Org.) **Sistema Areias: 100 anos de estudos**. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2007. p.26-28.
- TRAJANO, E.; GNASPINI-NETTO, P. Fauna cavernícola brasileira, com uma análise preliminar da distribuição dos táxons. **Revista brasileira de Zoologia**, v.7, n.3, p.383-407, 1991.
- TRAJANO, E.; MOREIRA, J.R.A. Estudo da fauna de cavernas da Província Espeleológica Arenítica Altamira-Itaituba, Pará. **Revista brasileira de Biologia**, v.51, n.1, p.13-29, 1991.
- TÜRKAY, M. Neue Höhlendekapoden aus Brasilien (Crustacea). **Revue Suisse de Zoologie**, v.79, p.415-418, 1972.
- WHITEHEAD, D.R. Classification, phylogeny, and zoogeography of *Schizogenius* Putzeys (Coleoptera: Carabidae: Scaritini). **Quaestiones entomologicae**, v.8, p.131-348, 1972.
- WYGODZINSKY, P. Sobre alguns "Emesinae" (Reduviidae, Hemiptera). **Revista brasileira de Biologia**, v.10, n.1, p.73-78, 1950.
- YOSHII, R. Paronellid Collembola from Caves of Central and South America collected by P. Strinati. **Revue Suisse de Zoologie**, v.95, p.449-459, 1988.

Fluxo editorial:

Recebido em: 07.12.2018

Aprovado em: 11.02.2019



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp