



ANAIS do 33º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Eldorado SP, 15-19 de julho de 2015 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 33º Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br/33cbeanais.asp

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

ZAMPAULO, R.A.. Diversidade de espécies troglóbias em cavidades ferríferas do Parque Estadual da Serra do Rola Moça (PESRM), Minas Geras. In: RASTEIRO, M.A.; SALLUN FILHO, W. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. *Anais...* Campinas: SBE, 2015. p.87-97. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe_087-097.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.
Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

DIVERSIDADE DE ESPÉCIES TROGLÓBIAS EM CAVIDADES FERRÍFERAS DO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO ROLA MOÇA (PESRM), MINAS GERAIS

*DIVERSITY OF TROGLOBITE SPECIES IN IRON CAVES IN THE STATE PARK OF THE SERRA DO
ROLA MOÇA, MINAS GERAIS*

Robson de Almeida ZAMPAULO (1,2)

(1) Gerencia de Espeleologia e Tecnologia, Vale AS, Belo Horizonte MG.

(2) Grupo de Estudos Ambientais da Serra do Mar (GESMAR), Santo André SP.

Contatos: rzampaulo@yahoo.com.br.

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo apresentar os resultados obtidos durante os estudos para avaliação da diversidade de espécies troglóbias encontradas em cavidades ferríferas do Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Minas Gerais. Esta unidade de conservação corresponde ao terceiro maior parque em área urbana do país, com 3.941 ha. Durante o ano de 2014 nove cavidades foram inventariadas entre os meses de março (estação úmida) e junho (estação seca). No total, foram encontrados 276 exemplares com características troglomórficas distribuídos em onze espécies. Destas, nove (254 exemplares) foram classificadas como troglóbias por estarem aparentemente restritas ao ambiente subterrâneo tendo em vista suas características morfológicas (troglomorfismos). A riqueza média de espécies por caverna estudada foi igual a 2,66. A regressão linear demonstrou uma relação positiva entre o número de espécies e o aumento da projeção horizontal das cavidades avaliadas ($p = 0,01$; $r2 = 0,59$). Este trabalho representa uma pequena contribuição para o conhecimento bioespeleológico no Brasil e faz parte de um projeto de pesquisa amplo que pretende avaliar a distribuição de espécies troglomórficas em cavernas ferríferas do estado de Minas Gerais.

Palavras-Chave: Cavernas; Formação Ferrífera; Troglóbios; Parque Estadual da Serra do Rola Moça.

Abstract

The objective of the present work was to present the results obtained during the studies for evaluate of diversity troglobites species found in iron caves in the state park of the Serra do Rola Moça, Minas Gerais, Brazil. This conservation unit corresponds to the third largest park in an urban area of the country, with 3,941 ha. During the year 2014 nine cavities were inventoried between the months of March (wet season) and June (dry season). In total, we found 276 individuals troglomorphic distributed in 11 species. Of these, nine (254 individuals) were classified as troglobites. The average richness of species by cave studied was equal to 2.66. Linear regression showed a positive relationship between the number of species and the increase in the horizontal projection of the cavities evaluated ($p = 0.01$; $r2 = 0.59$). This study represents a small contribution to the knowledge of the fauna underground in Brazil and is part of a research project that aims to assess the distribution of troglomorphic species in iron caves of Minas Gerais state.

Key-words: Caves; Iron formation; troglobites; Parque Estadual da Serra do Rola Moça.

1. INTRODUÇÃO

O meio subterrâneo ou hipógeo, compreende o conjunto de espaços interconectados do subsolo, de dimensões variáveis, preenchidos por água ou ar e formados preferencialmente em rochas de alta solubilidade como os carbonatos (JUBERTHIE, 2000). No entanto, cavidades de diferentes dimensões também podem ocorrer em menor proporção em rochas de baixa solubilidade como quartzitos, arenitos, granitos e formações ferríferas (AULER et al., 2001). Parte de um conjunto de ecossistemas subterrâneos, as cavernas são um

importante elemento hipógeo das paisagens cársticas.

Em geral, o ambiente cavernícola é caracterizado como estável, apresentando oscilações ambientais menores que as observadas no ambiente epígeo circundante. A temperatura no interior das cavernas aproxima-se da média anual da temperatura externa e em cavernas extensas, a temperatura e a umidade quase não variam em locais mais distantes de sua entrada principal. Entretanto, cavernas menores em extensão apresentam oscilações mais evidentes para estas

variáveis, que são reflexos diretos das variações ambientais no ambiente epígeo (BARR & KUEHNE, 1971; CULVER, 1982; FERREIRA, 2004; HOWARTH, 1983; POULSON & WHITE, 1969).

A total ausência de luz nos ecossistemas cavernícolas exclui a possibilidade de existência de produtores fotossintetizantes nestes ambientes, estando às plantas restritas as zonas de entrada. Em geral, grande parte ou a quase totalidade da produtividade nos ecossistemas cavernícolas é de origem secundária, baseada em cadeias de detritívoros atuando sobre recursos orgânicos provenientes do meio externo. Desta forma, em sua maioria, as cavernas são consideradas ambientes oligotróficos e a matéria orgânica penetra nestes sistemas carreada, contínua ou temporariamente, por agentes físicos e biológicos (CULVER, 1982; FERREIRA & MARTINS, 1999; GNASPINI, 1989; HOWARTH, 1983). Assim, os recursos alimentares alóctones mantêm populações de todos os níveis tróficos nos ecossistemas subterrâneos e o tipo, a qualidade e a forma de disseminação deste recurso no sistema são determinantes na composição e estrutura das comunidades cavernícolas (CULVER, 1982; FERREIRA & MARTINS, 1999; HOWARTH, 1983).

Em relação à condição ecológico-evolutiva das espécies, os organismos cavernícolas não se apresentam de maneira homogênea sendo representados por táxons muito variados. Segundo Holsinger & Culver (1988) os organismos cavernícolas podem ser classificados em três categorias (modificado do sistema Schinner-Racovitza): troglóxenos, troglófilos e troglóbios. Espécies troglóbias são organismos restritos ao ambiente subterrâneo e que em geral podem apresentar diversos tipos de especializações morfológicas, fisiológicas e comportamentais que provavelmente evoluíram em resposta às pressões seletivas presentes em cavernas e/ou à ausência de pressões seletivas típicas do meio epígeo.

Embora o sistema de Shinner-Racovitza contemple somente três categorias, existe uma quarta categoria de organismos que podem ser frequentemente encontrados nestes ambientes. Tais organismos, denominados acidentais, compreendem espécies que não são capazes de estabelecer populações no ambiente subterrâneo, mas que involuntariamente penetram nestes ambientes seja de forma ativa (e.g. por quedas através de entradas verticais) ou passiva (e.g. veiculadas pela água ou vento). Esses organismos, embora não consistam de espécies efetivamente cavernícolas, apresentam uma

importância ecológica nítida, uma vez que suas fezes e principalmente seus cadáveres, servem de alimento para outros organismos presentes nestes ambientes.

Devido ao elevado nível de especialização ao ambiente subterrâneo, distribuição geográfica muitas vezes restrita e ao reduzido tamanho de suas populações quando comparado a espécies epígeas, as espécies troglóbias podem ser consideradas extremamente vulneráveis aos processos de extinção decorrentes dos impactos ambientais de origem antrópica (POULSON & WHITE 1969; CULVER, 1982). Além disso, cavernas são dependentes das condições ambientais epígeas refletindo de forma direta todas as alterações provocadas em sua área de entorno (FERREIRA & HORTA, 2001, ELLIOTT, 2000). Entretanto, em formações ferríferas a aparente existência de uma elevada conectividade subterrânea formada pelas meso e microcavidades (FERREIRA, 2005) parece permitir que espécies efetivamente troglóbias possam apresentar distribuições mais amplas chegando a ocupar serras inteiras ou até mesmo diferentes unidades geomorfológicas. Sendo assim, estudos sobre a biodiversidade e distribuição de espécies troglóbias podem permitir uma melhor compreensão sobre a conectividade subterrânea destes sistemas neste tipo de formação litológica.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar os resultados obtidos durante os estudos para avaliação da diversidade de espécies consideradas troglóbias encontradas em cavidades ferríferas do Parque Estadual da Serra do Rola Moça (PESRM), Minas Gerais.

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

O Quadrilátero Ferrífero (QF) é considerado uma das mais importantes províncias minerais do Brasil, devido principalmente às suas jazidas de ouro e ferro (Figura 1). Corresponde a uma área de 7.200km² coberta por levantamentos geológicos sistemáticos na escala 1:25.000, a partir do convênio firmado entre os governos dos EUA e do Brasil (USGS-DNPM) - em meados do século XX (DORR, 1969) – levantamentos esses que servem de referência a todos estudos posteriores. Esta unidade geomorfológica, que limita a sul o Cráton do São Francisco, apresenta forte controle litoestrutural,

gerando um relevo movimentado, com serras e cristas entrecortadas por zonas de dissecação

responsáveis por elevado gradiente altimétrico.

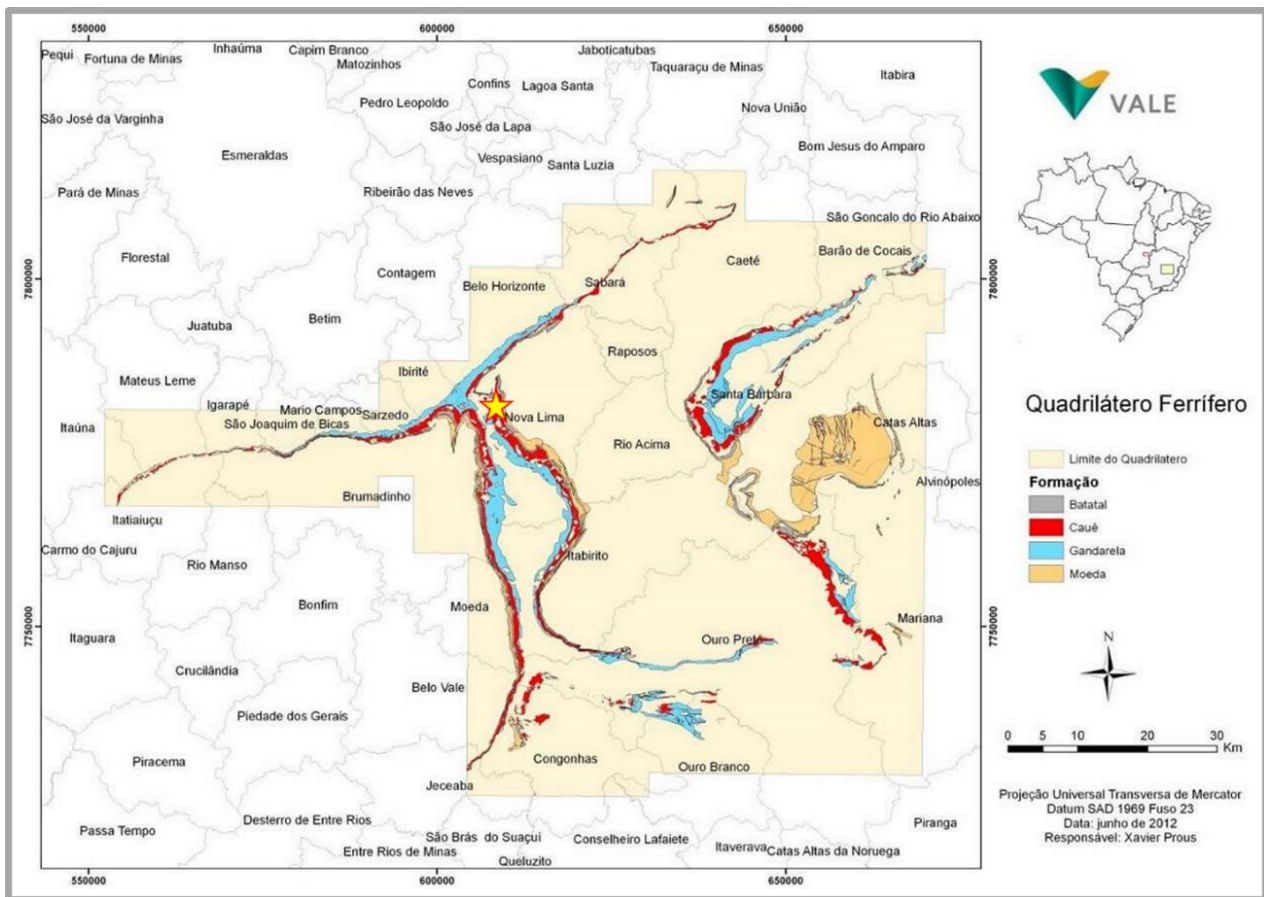


Figura 1. Mapa geral do Quadrilátero Ferrífero e sua inserção no estado de Minas Gerais. A estrela amarela indica a localização do PESRM.

Criado em 27 de setembro de 1994, o Parque Estadual Serra do Rola Moça está situado na confluência das Serras do Curral, Três Irmãos e da Moeda, englobando os municípios de Belo Horizonte, Nova Lima, Ibirité e Brumadinho (Figura 2), entre as coordenadas geográficas 44°01'15" - 43°5'28" W e 22°03'29" - 22°00'19" S (SANTOS, 2011).

O clima da região é considerado tipicamente tropical ocorrendo uma estação muito chuvosa e outra tipicamente seca (SEMAD – IEF, 2007). Com temperatura média em torno de 19°C, o regime pluviométrico anual apresenta variação de 1.300 – 2.100 mm, sendo os meses de novembro, dezembro e janeiro os mais chuvosos e junho, julho e agosto os mais secos (MEYER et al. 2004).

Esta unidade de conservação corresponde ao terceiro maior parque em área urbana do país, com 3.941 ha, inserido na bacia do rio das Velhas, próximo à divisa com a bacia do rio Paraopeba. Com uma rede hidrográfica representativa, o parque

engloba as bacias do ribeirão Mutuca, do córrego dos Fechos e do córrego Seco. Nestas bacias estão presentes vários pontos de captação de água, interligados ao sistema de abastecimento da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA-MG) responsáveis pelo abastecimento de água de parte da porção sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (SANTOS, 2011).

A região é composta por um mosaico de fitofisionomias, sendo esta uma área de transição entre o Cerrado e a Mata Atlântica. No Parque, predominam as formações campestres, que se sucedem, de forma gradual, com as formações savânicas e florestais. A Floresta Estacional Semidecidual encontra-se associada aos cursos d'água, sendo também denominada mata de galeria. As formações savânicas, correspondem a dois subtipos: Savana Arborizada (Campo Cerrado) e Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo sujo ou campo ferruginoso). A Savana Gramíneo-Lenhosa recobre mais da metade da área do parque, ocorrendo nas regiões mais altas e associadas as áreas de canga

(SANTOS, 2011). Em termos estruturais, pode-se considerar que todas as florestas da região são

secundárias e se encontram em diferentes estágios de regeneração (SEMAD – IEF, 2007).

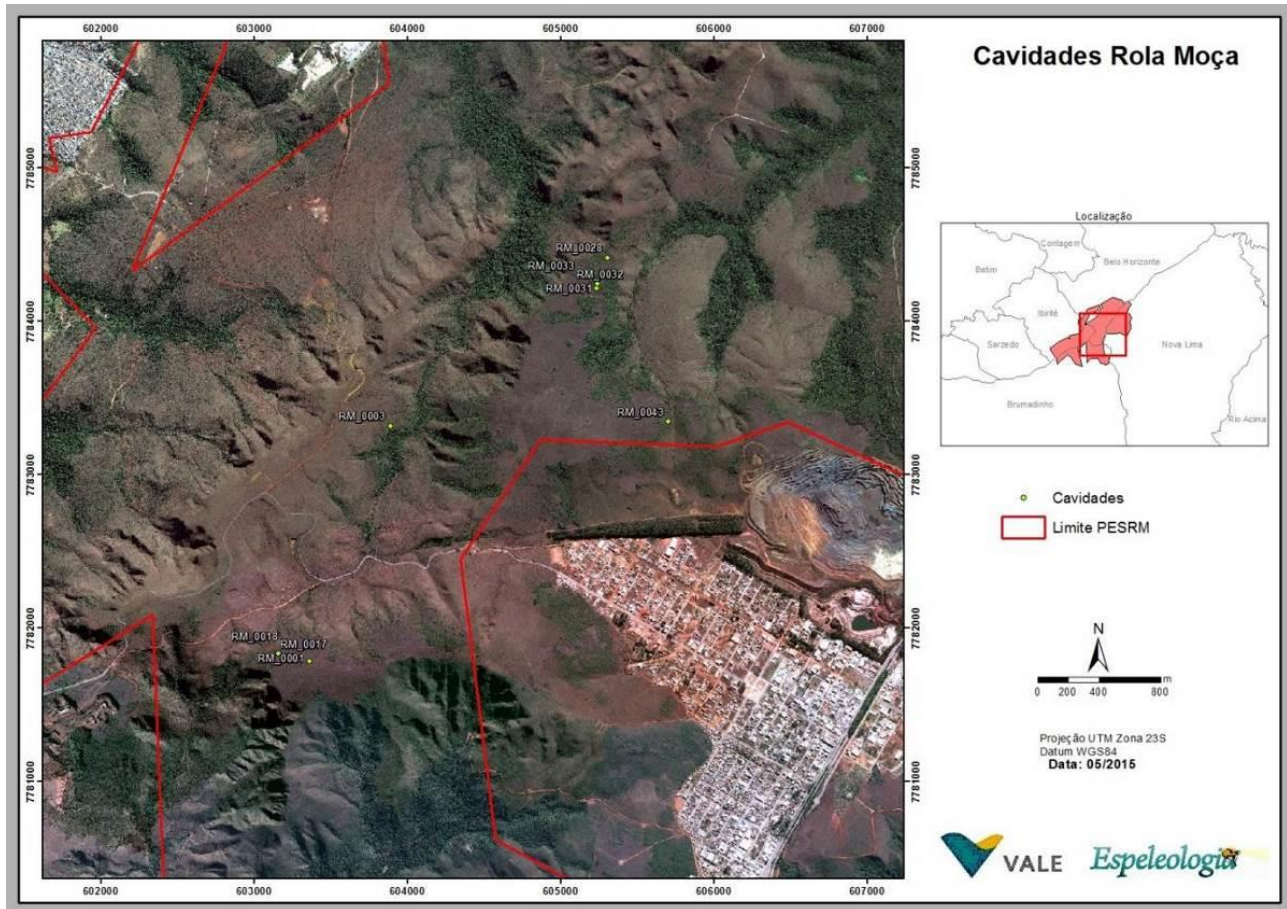


Figura 2. Localização das cavernas amostradas em relação aos limites do Parque Estadual da Serra do Rola Moça (PESRM).



Figura 3. A) Aspecto geral do relevo da região; B) Paisagem (vegetação e relevo) no Parque Estadual da Serra do Rola Moça (PESRM). A seta vermelha indica a quebra da canga, local de ocorrência de cavernas; C e D) Entrada e aspecto geral de uma das cavernas amostradas.

onduladas a trechos bastantes acidentados, com altitudes variando aproximadamente entre 900 a 1.450m. De forma geral, a canga recobre este relevo extremamente acidentado e, exatamente onde ocorrem as rupturas (quebras da canga), podem ser encontradas as principais cavernas naturais subterrâneas conhecidas na região (Figura 3).

Os estudos bioespeleológicos em cavernas ferruginosas no Quadrilátero Ferrífero foram realizados de forma pioneira nesta região em cavernas localizadas nas áreas de Capão Xavier, Rola Moça e Serra da Moeda (FERREIRA, 2005). Na oportunidade, aproximadamente trinta cavernas (quatro no PESRM) foram estudadas nestas áreas e muitas espécies foram consideradas troglomórficas. Desta forma, a região assumiu uma condição de destaque no cenário bioespeleológico nacional em virtude da elevada riqueza de espécies troglóbias associadas a formações ferríferas (SOUZA-SILVA et al. 2011).

O relevo da região é muito irregular, com topografia que varia de suaves colinas levemente

3.2 Materiais e métodos

Na área de estudo existem aproximadamente 40 cavidades segundo o Cadastro Nacional de Cavidades (CNC) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) e a base de dados do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV). Destas, nove (Figura 2) foram inventariadas com o objetivo de avaliar a biodiversidade de espécies troglomórficas potencialmente restritos ao ambiente subterrâneo (cavernas).

As coletas foram realizadas durante os meses de março (estação úmida) e junho (estação seca) de 2014 conforme autorização IBAMA 334/2013 (NUFAS/MG) e permissão do PESRM. As cavidades foram selecionadas em função de suas dimensões, sendo que cavidades maiores foram priorizadas em virtude de poderem apresentar áreas de maior confinamento em relação ao ambiente epígeo e poderem apresentar zonas afóticas ou de penumbra escura. O tempo de coleta em cada cavidade foi determinado em função da complexidade de cada sistema, sendo este, resultado do esforço amostral com maior grau de detalhamento possível. Foram realizadas buscas minuciosas ao longo de toda sua extensão, principalmente em zonas afóticas, com especial atenção aos micro-habitats em potencial e os exemplares coletados através da captura manual, com o auxílio de pinças e pincéis. A preservação de todo o material biológico coletado foi feita através de seu acondicionamento em recipientes contendo álcool 70%. Em laboratório, o material biológico coletado foi triado, identificado até o nível taxonômico mais refinado possível e encaminhados para um taxonomista.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização das cavernas estudadas

A projeção horizontal das cavidades estudadas variou entre 12m (RM-43) e 80m (RM - 33), sendo 30m a projeção média para a amostra avaliada. A maioria das cavidades não apresenta zona afótica e possuem baixa estabilidade ambiental. Exceção corresponde à cavidade RM-33 que apresenta condições típicas de ambientes subterrâneos (estabilidade ambiental, zonas afóticas e baixa disponibilidade de recursos tróficos). Assim como a maioria das cavidades existentes no Quadrilátero Ferrífero, as cavernas estudadas encontram-se inseridas predominantemente na alta vertente, em condição superficial, preferencialmente

no contato entre a canga e o minério de ferro e com suas entradas associadas à quebra de relevo.

Todas as cavidades encontram-se localizadas entre as cotas 1.305 e 1.480 metros de altitude. Em geral, os principais recursos tróficos estão representados por depósitos serrapilheira na zona de entrada, sistemas radiculares que atingem as macrocavernas e, eventualmente, pequenas manchas de guano em sua maioria produzida por morcegos frugívoros ou insetívoros. Tendo em vista a superficialidade destas cavidades, o transporte de matéria orgânica dissolvida através de gotejamentos durante as chuvas provavelmente também represente um importante recurso dentro dos sistemas. Esporadicamente, fezes de anfíbios também podem ser observadas, além de formigueiros que podem utilizar as cavernas como lixeiras (depósitos de restos orgânicos descartados pelas colônias) (Figura 4).



Figura 4. A) Raízes desenvolvidas no interior da cavidade; B) Fezes de anfíbio; C) Cultivo de fungos realizado por formigas (*Apterostigma* sp.) no interior da caverna; D) Teto da cavidade completamente úmido e com gotejamentos que podem carrear matéria orgânica dissolvida.

4.2 Diversidade de espécies troglóbias

Durante o trabalho foram encontrados 276 exemplares com características troglomórficas distribuídos em onze espécies. Destas, nove espécies (254 exemplares) foram classificadas como troglóbias por estarem aparentemente restritas ao ambiente subterrâneo tendo em vista suas características morfológicas (troglomorfismos) (Tabela 1 e Figura 6). Duas espécies de colêmbolos já descritas com distribuição conhecida também para o ambiente epígeo apresentam troglomorfismos

como despigmentação, redução ou ausência de estruturas oculares: *Isotomiella nummulifer* Deharveng & Oliveira, 1990 e *Cyphoderus arlei* Cassagnau 1963. Dentre as espécies classificadas como troglóbias os táxons Collembola (*Pararrhopalites* sp., *Pseudosinella* sp. e *Trogolaphysa* sp.), Coleoptera (*Pselaphinae* sp.), Araneae (*Tsentinops* sp. e *Lygromma* sp.), Opiliones (aff. *Spinopilar* sp.), Pseudoscorpiones (*Pseudochthonius* sp.) e Diplopoda (Pyrgodesmidae sp.) representaram a totalidade dos registros para o presente estudo (Figura 5). Em 2007, praticamente o mesmo número de espécies troglomórficas foi observado durante amostras realizadas em apenas quatro cavidades (IEF, 2007) das quais pelo menos cinco podem corresponder as mesmas espécies encontradas no presente estudo.

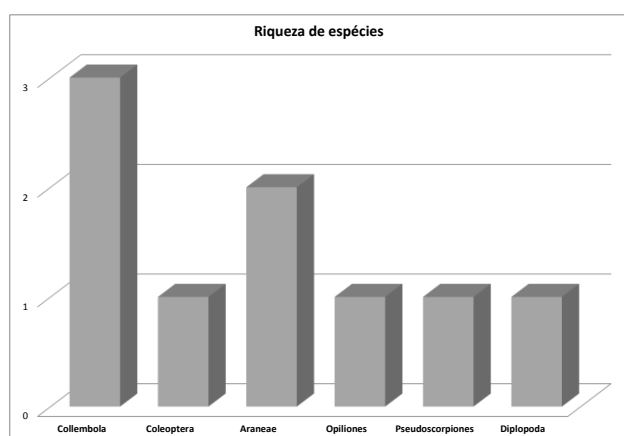


Figura 5. Riqueza (valor absoluto) de espécies troglomórficas coletadas para cada táxon.

A riqueza média de espécies por caverna estudada foi igual a 2,66 tendo sido encontrada no máximo oito espécies em uma única caverna ao longo de duas campanhas (RM-33) e no mínimo uma. A única exceção foi à cavidade RM-31 onde não foi encontrada nenhuma espécie troglóbia. A regressão linear demonstrou uma relação positiva entre o número de espécies troglóbias e o aumento da projeção horizontal das cavidades avaliadas ($p = 0,01$; $r^2 = 0,59$). Dentre as nove espécies, apenas cinco foram coletadas nas duas estações (seca e chuva), sendo que quatro foram exclusivas da estação úmida (*Trogolaphysa* sp., *Tsentinops* sp., *Lygromma* sp. e *Spinopilar* sp.).

4.3 Considerações sobre os táxons encontrados

Em geral, as aranhas estão entre os grupos que apresentam maior diversidade de espécies em ecossistemas cavernícolas, com representantes nos três grupos ecológico-evolutivos (WILLEMART &

TAQUES, 2013). Sendo assim, também é esperada uma elevada riqueza de espécies troglóbias para o táxon. Até o momento existem apenas quatro espécies de aranhas troglóbias descritas para o Brasil, sendo apenas uma (*Brasilomma enigmatica*) coletada em cavernas de minério de ferro (BRESCOVIT et al., 2012). Entretanto, existem inúmeros outros registros de espécies troglóbias não descritas para cavernas carbonáticas e quartzíticas dos estados da Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais (TRAJANO & BICHUETTE, 2010). Duas espécies troglóbias foram coletadas durante o estudo: *Tsentinops* sp. (Caponiidae) e *Lygromma* sp. (Prodidomidae). Para as duas espécies, os exemplares coletados apresentaram completa redução de estruturas oculares, despigmentação e alongamento dos apêndices locomotores.

Os opiliões representam a terceira maior ordem entre os aracnídeos e estão associados principalmente a áreas úmidas, ocorrendo somente nos ambientes terrestres e podendo viver enterrados no solo, na serapilheira, em bromélias, embaixo de pedras e troncos, sobre a vegetação ou em cavernas (PINTO-DA-ROCHA, 1999). No Brasil existem oito espécies troglóbias descritas. No entanto, há um número elevado de espécies troglófilas, troglógenas e troglóbias ainda não descritas. Durante o presente estudo três exemplares imaturos foram encontrados. Dentre os troglomorfismos observados, vale destacar a redução completa de estruturas oculares e a presença de inúmeras cerdas sensoriais ao longo dos apêndices locomotores.

Atualmente existem mais de 3.800 espécies descritas de pseudoescorpiões distribuídas em 461 gêneros e 26 famílias (HARVEY, 2013). HARVEY (1992) propôs a divisão dos pseudoescorpiões em 24 famílias agrupadas por sua vez em duas subordens, Epiocheirata e Iocheirata. A família Chthoniidae (Epiocheirata) possui 28 gêneros, e atualmente é dividida em três tribos: Chthoniini, Ayyaloniini e Tyrannochthoniini. Membros desta família encontram-se distribuídos em diferentes regiões do mundo e estão associados à serrapilheira, ao solo, embaixo de rochas e em cavernas. A espécie encontrada no presente estudo pertence ao gênero *Pseudochthonius* e apresenta como troglomorfismos o alongamento de apêndices (em especial em relação as suas quelas) e redução de estruturas oculares. Atualmente existem cinco espécies possivelmente troglóbias descritas para o Brasil, sendo duas do gênero *Pseudochthonius*.

A ordem Polydesmida é a mais rica e mais bem estudada entre os Diplópodos. Compreendendo animais que variam de 10 mm até 140 mm,

atualmente a ordem apresenta aproximadamente 5.480 espécies, 1.437 gêneros e 30 famílias descritas, distribuídas por todo mundo, com exceção da Antártida (SHELLEY, 2003; HOFFMAN, GOLOVATCH, et al., 2002). É um táxon comum do ambiente subterrâneo e são recorrentes nas cavernas brasileiras, sendo as famílias Cryptodesmidae, Pyrgodesmidae, Paradoxosomatidae, Polydesmidae e Chelodesmidae as mais comuns. A maioria das espécies vive associada ao solo e as camadas de serapilheira, entretanto algumas são arborícolas e muitas são cavernícolas. Existem diversos registros de espécies troglomórficas em cavernas brasileiras, todavia a despigmentação e ausência de estruturas oculares são recorrentes no grupo o que dificulta a determinação de espécies realmente troglóbias. Assim, uma avaliação em relação ao alongamento de apêndices sensoriais e locomotores e da diminuição da espessura do exoesqueleto são extremamente importantes para a determinação de espécies troglóbias (SHEAR, 1969; HOLSINGER e CULVER, 1988; GOLOVATCH, SPELDA e WYTWER, 2004; LEWIS, 2005; GOLOVATCH, GEOFFROY e MAURIES, 2006). Durante o presente estudo, exemplares troglomórficos da família Pyrgodesmidae foram coletados nas cavidades avaliadas.

Os colêmbolos são pequenos insetos encontrados em todo o mundo e com aproximadamente 8.500 espécies descritas distribuídas em 600 gêneros e 31 famílias e representam um dos táxons mais adaptados à vida no ambiente subterrâneo (JANSSENS, 2015). Muitos grupos são extremamente abundantes em depósitos de guano de morcegos e em acúmulos de matéria orgânica e são extremamente importantes na base trófica dos ecossistemas cavernícolas (GNASPINI, 1989 e FERREIRA et al, 1999). No Brasil, os registros mais comuns em cavernas estão representados pelas famílias: Arrhopalitidae, Cyphoderidae, Entomobryidae, Isotomidae, Paronellidae e Hypogastruridae (TRAJANO & BICHUETTE, 2010; FERREIRA, 2004; SOUZA-SILVA et al. 2011). Existem dezenas de registros de espécies troglomórficas encontradas em cavernas brasileiras, entretanto, assim como para outros grupos, muitas espécies epígeas que vivem associadas ao solo apresentam características morfológicas semelhantes aos troglomorfismos.

Até o momento onze espécies troglóbias encontram-se oficialmente descritas, sendo a maioria encontrada em cavernas carbonáticas do Vale do Ribeira em São Paulo. Para o Quadrilátero Ferrífero, duas espécies são cientificamente

reconhecidas: *Pararrhopalites sideroicus* Zeppelini & Brito, 2014 e *Troglobius ferroicus* Zeppelini et al 2014. Durante o presente estudo foram encontradas cinco espécies de colêmbolos troglomórficos, das quais três correspondem a espécies possivelmente troglóbias: *Pseudosinella* sp. (Entomobryidae), *Trogolaphysa* sp. (Paronellidae) e *Pararrhopalites* sp. (Sminthuridae). As outras duas espécies correspondem a táxons já descritos a partir de exemplares coletados no meio epígeo: *Isotomiella nummulifer* Deharveng & Oliveira, 1990 e *Cyphoderus arlei* Cassagnau 1963.

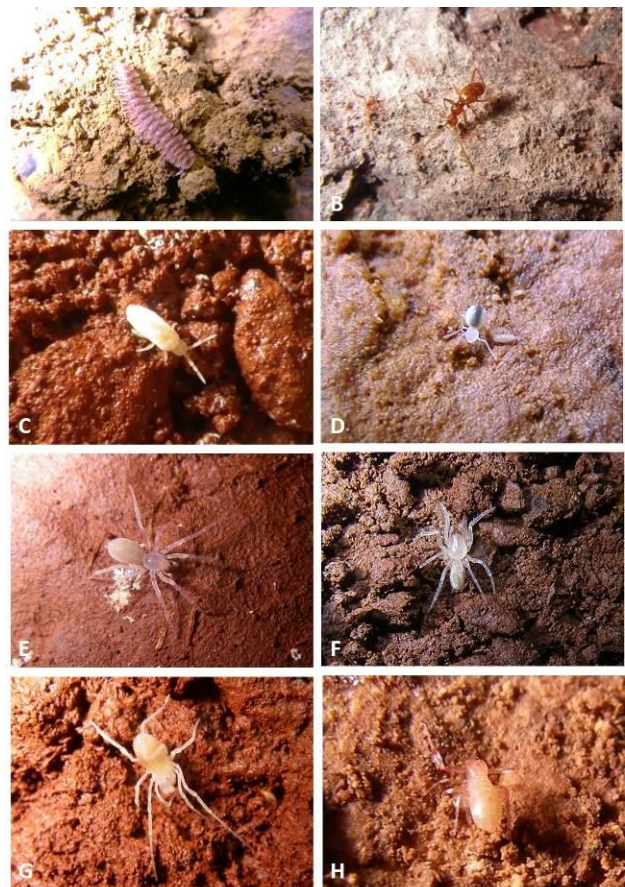


Figura 6. Espécies troglóbias encontradas durante o presente estudo. A) Pyrgodesmidae sp.; B) Pselaphinae sp.; C) Pseudosinella sp.; D) Pararrhopalites sp.; E) Lygromma sp.; F) Tsentinops sp.; G) Spinopilar sp.; H) Pseudochthonius sp. Fotos sem escala.

Inseridos atualmente dentro da família Staphylinidae, a última espécie encontrada neste estudo corresponde a um besouro da subfamília Pselaphinae. Existem diversos registros de espécies troglomórficas para as cavernas brasileiras (FERREIRA, 2005; TRAJANO & BICHUETTE, 2010), mas até o momento nenhuma espécie encontra-se oficialmente descrita. Os exemplares encontrados no PESRM apresentam apêndices locomotores e sensoriais bem alongados e redução

parcial das estruturas oculares. Apesar de a espécie ter sido considerada como troglóbia, uma enorme diversidade de formas no grupo e a evolução de muitas espécies edafobiontes dificulta a

classificação de espécies coletadas em cavernas neste grupo ecológico-evolutivo. Em alguns casos, espécies epígeas também apresentam redução ou ausência de estruturas oculares e despigmentação.

Tabela 1. Diversidade de espécies troglóbias encontradas no presente estudo.

CAVIDADE	PROJEÇÃO HORIZONTAL (m)	ALTITUDE (m)	<i>Pselaphinae</i> sp.	<i>Pseudosinella</i> sp.	<i>Pararrhopalites</i> sp.	<i>Trogolaphysa</i> sp.	<i>Pyrgodesmidae</i> sp.	<i>Pseudochthonius</i> sp.	<i>Tsentinops</i> sp.	<i>Lygromma</i> sp.	<i>Spinopilar</i> sp.	Riqueza de espécies por caverna
RM-01	25	1480	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1
RM-03	33	1320	-	26	2	3	1	-	-	-	1	5
RM-17	23	1409	-	3	-	-	-	-	-	-	-	1
RM-18	28	1431	-	6	-	-	-	1	-	-	1	3
RM-28	13	1376	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1
RM-31	40	1327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
RM-32	18	1344	-	3	-	-	-	-	-	-	-	1
RM-33	80	1385	51	87	5	-	6	15	1	1	1	8
RM-43	12	1305	-	28	-	1	-	-	-	-	-	2

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos bioespeleológicos no Brasil são recentes e, apesar de haver um grande esforço amostral por diferentes grupos de pesquisa vinculados às universidades brasileiras, para a maior parte destes trabalhos a informação não está integrada, o que inviabiliza a determinação efetiva de padrões sobre a biodiversidade cavernícola no país. Infelizmente não existe intercâmbio de informação entre estes grupos e, muitas vezes, nem mesmo entre estudos realizados em regiões biogeográficas em comum. Apesar do volume de material biológico coletado representar uma riqueza imensurável, apenas uma pequena parcela encontra-se descrita sendo que a maior parte não foi sequer examinada por especialistas.

Desde o início, as cavernas carbonáticas foram o alvo principal dos estudos sobre a fauna cavernícola brasileira e no mundo, correspondendo cerca de 90% dos estudos realizados até o início do século XXI no Brasil (TRAJANO & BICHUETTE, 2010; PINTO-DA-ROCHA, 1995). Apesar de existirem registros de cavernas em litologias ferríferas desde 1842, apenas durante as décadas de 50 e 60 é que trabalhos espeleológicos sistemáticos

foram realizados neste tipo de litologia (GUILD, 1957; SIMMONS, 1963). Entretanto, na última década, os trabalhos de prospecção intensa resultaram na identificação de centenas de cavidades associadas a esta litologia no Quadrilátero Ferrífero (Estado de Minas Gerais) e em Carajás (Estado do Pará) (AULER & PILO, 2005). Desde então, um elevado número de estudos realizados por empresas de consultoria foi desenvolvido e uma gama gigantesca de informações sobre biologia, geologia, geomorfologia, arqueologia e outros têm sido acumulados. Todavia, praticamente nada foi publicado até o momento em periódicos científicos (SOUZA-SILVA et al. 2011; FERREIRA, 2005) e uma pequena parcela tem resultado na descrição de novas espécies ou apresentada em resumos de encontros científicos sobre o tema.

Ferreira (2005) apresenta a única caracterização disponível sobre cavernas ferruginosas do Quadrilátero Ferrífero onde é apresentada algumas hipóteses sobre o funcionamento biológico destes sistemas, bem como sobre uma elevada biodiversidade subterrânea associada a este tipo de litologia. Entretanto, muitas destas hipóteses ainda devem ser testadas, principalmente em relação à existência de uma alta riqueza de espécies

troglóbias. Outra questão importante a ser considerada é sobre a existência de elevada conectividade do ecossistema subterrâneo em áreas ferríferas.

Apesar de todas as espécies classificadas como troglóbias no presente estudo apresentarem características troglomórficas que podem ser resultantes da evolução/especialização destas no ambiente subterrâneo, vale lembrar que o conceito de troglóbio é geográfico e está relacionado ao isolamento das espécies neste tipo de ambiente não ocorrendo em ecossistemas epígeos ou superficiais. Desta forma, faz-se necessário o conhecimento absoluto da biodiversidade externa para uma classificação conclusiva destas espécies como endêmicas de ambientes subterrâneos. Sendo assim, o registro de populações destas espécies no meio epígeo pode permitir a reclassificação do status ecológico-evolutivo das mesmas. Além disso, não se pode destacar a possibilidade de existirem espécies restritas ao ambiente subterrâneo nas cavernas avaliadas que não possuem troglomorfismos evidentes.

Em uma recente revisão Gallão (2013) fez uma importante contribuição sobre a biodiversidade e distribuição de espécies troglóbias brasileiras, bem como avaliou as principais pressões antrópicas sobre

estas espécies e seus ambientes. Neste trabalho foram listadas a ocorrência de pelo menos 252 espécies troglóbias das quais apenas 92 se encontram formalmente descritas. A grande maioria dos registros estão relacionados a cavernas calcárias e quartzíticas sendo ainda insignificante a quantidade de espécies conhecidas para as formações ferríferas. Sendo assim, o presente estudo representa uma pequena contribuição para este conhecimento e faz parte de um projeto de pesquisa amplo que pretende avaliar a distribuição de espécies troglomórficas em cavernas ferríferas do estado de Minas Gerais.

AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores Dr. Douglas Zeppelini e Dr. Antonio D. Brescovit pela identificação do material biológico (Collembola e Araneae). Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e ao Parque Estadual da Serra do Rola Moça (PESRM) pelas autorizações de pesquisa. Aos colegas Xavier Prous e Ewerton Gontijo pela elaboração dos mapas da área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AULER, A.; RUBBIOLI, E. & BRANDI, R. **As grandes cavernas do Brasil**. Belo Horizonte: Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, 2001. 228 p.
- AULER, A. S.; PILÓ, L. B. Introdução às cavernas em minério de ferro e canga. **O Carste**, Belo Horizonte, 17, n. 3, 70-72, 2005.
- BARR, T. C.; KUEHNE, R. A. Ecological studies in mammoth cave ecosystems of Kentucky. **Annales de Speleologie**, Paris, v. 26, n. 1, p. 47-96, mar. 1971.
- BRESCOVIT, A. D.; FERREIRA, R. L.; SOUZA-SILVA, M. & RHEIMS, C. A. *Brasilomma* gen. nov, a new prodidomid genus from Brazil (Araneae, Prodidomidae). **Zootaxa**, Auckland, 3572, p. 23–32, 2012.
- CULVER, D. C. **Cave life: evolution and ecology**. London: Harvard University, 1982. 189 p.
- DORR, J. V. N. **Physiographic, Stratigraphic and Structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. USGS/DNPM. Washington, p. 110p. 1969.
- ELLIOTT, W. R. Conservation of the American cave and Karst biota. Pages 671-695 in: Wilkens, D. C. Culver and Humphreys, editors. **Subterranean Ecosystems**, Elsevier, Oxford, United Kingdom, 2000.

- FERREIRA, R. L. **A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos.** Tese de Doutorado em Ecologia Conservação e Manejo de Vida Silvestre - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2004, 161p.
- FERREIRA, R. L. A vida subterrânea nos campos ferruginosos. **O Carste**, Belo Horizonte, 17, n. 3, 106-115, jul. 2005.
- FERREIRA, R. L. & HORTA, L.C.S. Natural and human impacts on invertebrate communities in Brazilian caves. **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, 61(1), p. 7-17, 2001.
- FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Diversity and distribution of spiders associated with bat guano piles in Morrinho cave (Bahia State, Brazil). **Diversity and Distributions**, Oxford, v. 4, n. 5-6, p. 235-241, 1998.
- GALLAO, E. J. **Estado de conservação e dados de distribuição da fauna troglóbias brasileira com propostas de áreas prioritárias para proteção.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 93p. 2012.
- GNASPINI, P. Análise comparativa da fauna associada a depósitos de guano de morcegos cavernícolas no Brasil: primeira aproximação. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 33, n. 2, p. 183-192, jun. 1989.
- GOLOVATCH, S.; SPELDA, J.; WYTWER, J. The millipede subgenus *Persebrachyiulus* Golovatch, 1983, genus *Megaphyllum* Verhoeff, 1894, with the description of a new species from Israel and Cyprus (Diplopoda: Julida: Julidae). **Annales Zoologici**, 54, n. 4, 677-685, 2004.
- GOLOVATCH, S. I.; GEOFFROY, J. J.; MAURIES, J. P. Review of the millipede genus *Hyleoglomeris* Verhoeff, 1910 (Diplopoda, Glomerida, Glomeridae), with descriptions of new species from caves in Southeast Asia. **Zoosystema**, 8, 2006. 887-915.
- GUILD, P.W. **Geology and mineral resources of the Congonhas District, MG, Brazil.** USGS, Professional Paper, 1957. 290, 90p.
- HOFFMAN, R. L. et al. Diplopoda. In: ADIS, J. **Amazonian: Arachnida and Myriapoda.** 1. ed. Bulgaria: [s.n.], 2002. p. 505 - 533.
- HOLSINGER, J. R.; CULVER, D. C. The invertebrate cave fauna of Virginia and a part of eastern Tennessee: zoogeography and ecology. **Museum of Natural Sciences**, North Carolina: State, 1988. 164 p.
- HOWARTH, F. G. Ecology of cave arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 28, p. 365-389, jan. 1983.
- JANSSENS, F. **Checklist of Collembola of the World**, 2013. Disponível em: <www.collembola.org>. Acesso em: 19 abril 2015.
- JUBERTHIE, C. B. The diversity of the karstic and pseudokarstic hypogean habitats in the World. In: WILKENS, H.; CULVER, D. C.; HUMPHREYS, W. F. (Ed.). **Ecosystems of the World.** 30. subterranean ecosystems. Amsterdam: Elsevier Science, 2000. p. 17-39.
- LEWIS, J. J. Six new species of *Pseudotremia* from caves of the Tennessee Cumberland Plateau. **Zootaxa**, 1080, 17-31, 2005.
- MEYER, S. T.; SILVA, A. F.; JÚNIOR, P. M.; NETO & J. A. A. M. Composição florística da vegetação arbórea de um trecho de floresta de galeria do Parque Estadual do Rola-Moça na Região Metropolitana

de Belo Horizonte, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, 18, n. 4, , 701-709. oct/dec. 2004.

PINTO-DA-ROCHA, R. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907 - 1994). **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, 6, n. 39, 61-163, jul. 1995.

POULSON, T. L.; WHITE, W. B. The cave environment. **Science**, Cambridge, v. 165, n. 3897, p. 971-981, sept. 1969.

SANTOS, C. A. O. **Seleção de habitats por tatus no Parque Estadual Serra do Rola Moça, Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 83p., 2011.

SEMAD – IEF, 2007. **Plano de manejo do Parque Estadual da Serra do Rola Moça, incluindo a Estação Ecológica de Fechos**. Belo Horizonte, Minas Gerais, 449p.

SHEAR, W. A. A synopsis of the cave millipedes of the United States, with an illustrated key to genera. **Psyche**, 76, 126–143, 1969.

SHELLEY, R. M. A revised, annotated, Family-level classification of Diplopoda. **Arthropoda Selecta**, 11, n. 3, 187-207, 2003.

SIMMONS, G.C. Canga caves in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **The National Speleological Society**, Bulletin 25: 66-72, 1963.

SOUZA-SILVA, M.; MARTINS, R. P.; FERREIRA, R. L. Cave lithology determining the structure of the invertebrate communities in the Brazilian Atlantic Rain Forest. **Biodiversity and Conservation**, 8, n. 20, 1713-1729, 2011.

TRAJANO, E.; BICHUETTE, M. E. Diversity of Brazilian subterranean invertebrates, with a list of troglomorphic taxa. **Subterranean Biology**, 7, 1-16, 2010.

WILLEMART, R. H.; TAQUES, B. G. Ecologia Sensorial e os aracnídeos troglóbios. **Revista da Biologia**, São Paulo, v. 10: 46-51, 2013.