

## LEVANTAMENTO E COMPARAÇÃO DA MACROFAUNA DE ARTRÓPODES EM DUAS GRUTAS DE PAINS, MINAS GERAIS, BRASIL

*Data de submissão: 21/10/2024*

*Data de aceite: 01/11/2024*

### **Vinicius L. Alves**

Departamento de Ciências Naturais e da Terra, Universidade do Estado de Minas Gerais  
Minas Gerais, Brasil.

### **Paula C. Zama**

Departamento de Ciências Naturais e da Terra, Universidade do Estado de Minas Gerais  
Minas Gerais, Brasil.

**RESUMO.** Cavernas naturais subterrâneas ou cavernas são conhecidas por sua estabilidade ambiental em relação às alterações do meio externo. Sendo assim, cavernas são locais que possuem características facilitadoras à realização de estudos, uma vez que sua área é delimitada fisicamente pela projeção de seus condutos, permitindo uma amostragem mais eficiente. Este estudo teve como principal objetivo realizar um levantamento e uma comparação da macrofauna de artrópodes cavernícolas em duas grutas de Pains, Minas Gerais. Os trabalhos de campo ocorreram em quatro coletas utilizando busca ativa com plotagem de espécies, abrangendo os períodos de seca e de chuva. O estudo ocorreu em duas

cavernas, a Gruta da Divisa e a Coqueiro II, localizadas dentro da Mineração Saldanha LTDA. Ao todo foram contabilizados 399 espécimes de 11 ordens diferentes, destes, 193 indivíduos foram coletados na Gruta da Divisa e 206 na Gruta Coqueiro II. As ordens mais coletadas foram Diptera com 143 espécimes e Araneae com 140 indivíduos. As cavernas apresentaram riqueza total de 39 espécies, Índice de Shannon de 2,89, Índice de Simpson de 0,91 e Equitatividade de 1,82. Quando comparadas por meio de análises rarefeitas do índice de Shannon, a fauna de indivíduos pertencentes a Insecta apresentam diferenças, porém em Arachnida não. Além disso, foi coletado um miriápode troglófilo e registrada a primeira ocorrência de um espécime da família Mantispidae para cavernas da região. A partir dos resultados obtidos, as cavernas estudadas mostraram um alto índice de diversidade, ademais a realização deste estudo contribuiu para a documentação da fauna de artrópodes da região, servindo como base para futuros estudos na área.

**PALAVRAS-CHAVE.** Arachnida, Insecta, espeleologia, cavernas, espeleobiologia.

**ABSTRACT.** Survey and comparison of arthropod macrofauna in two caves at Pains,

Minas Gerais, Brazil. Caves are known for their environmental stability in relation to outside changes. Consequently, cavities facilitate studies since its area is physically delimited by the projection of the conduits, allowing a complete sampling. The main objective of this study was to survey and compare the arthropods macrofauna of two caves in Pains, MG. The field works took place in four collections using active search with species plotting, which covered the dry and rainy periods. The study happened in two cavities, Gruta da Divisa and Coqueiro II, located inside Mineração Saldanha LTDA. Totally, 399 specimens of 11 different orders were recorded, which 193 individuals were collected in Gruta da Divisa and 206 in Coqueiro II. The most collected orders were Diptera with 143 specimens and Araneae with 140 individuals. The cavities had a total richness of 39 species, Shannon Index of 2.89, Simpson Index of 0.91 and Equitability of 1.82. When the caves were compared by rarefied analyzes of Shannon index, the Insecta fauna present differences, but no one was checked in Arachnida. Besides, a troglophilous myriapod was collected and a specimen of Mantispidae is the first record of the family in the region. Based on the results obtained, the cavities studied showed a high level of diversity. In addition, this study contributed to document the arthropod fauna in the region and works as reference for future studies.

**KEYWORDS.** Arachnida, Insecta, speleology, cavity, speleobiology.

A espeleologia possui essência multidisciplinar e abrange diversas áreas do conhecimento como: geografia, geologia, biologia entre outras (CRUZ & PILÓ, 2019). Assim, estudos que envolvem a biologia e a espeleologia são chamados de espeleobiologia, que nada mais é que um ramo da biologia que estuda os ambientes subterrâneos, abordando os aspectos ecológicos e evolutivos deste ecossistema (TRAJANO *et al.*, 2012).

É um consenso entre os especialistas da área, que o clima geral no interior da caverna é muito mais estável do que os ambientes da superfície. A partir disso, nota-se que a temperatura no interior das cavidades, geralmente, representa a média anual da região, e assim, as cavernas tropicais são conhecidas por suas elevadas temperaturas em relação a cavidades de climas temperados (POULSON & WHITE, 1969).

O fato da ausência permanente de luz dentro das cavernas impedir o estabelecimento de espécies fotossintetizantes, faz com que a base da cadeia produtiva (produção primária) destes ambientes fique a cargo de organismos quimioautotróficos, como bactérias que utilizam o ferro e enxofre para se desenvolver (SARBU *et al.*, 1996). Uma segunda e principal fonte de alimento para os organismos cavernícolas é obtida por meio do ambiente externo. Animais podem levar material orgânico para dentro das cavidades, como morcegos que depositam guano e corujas que regurgitam bolotas. Além disso, agentes abióticos, como água e vento, podem carrear matéria orgânica, como folhas, carcaças de animais mortos, pólen e madeira, para o interior das cavidades, criando depósitos de serrapilheira ideais para o desenvolvimento de vários organismos (GNASPINI-NETTO, 1989). Uma terceira via de aporte de nutrientes externos para os animais cavernícolas são as raízes de árvores que penetram as paredes da cavidade e ficam expostas (SILVA, 2008). Visto isso, é de se esperar que a distribuição dos indivíduos que vivem dentro cavidade seja influenciada por

inúmeros fatores, dentre eles a disponibilidade de alimento e matéria orgânica em seu interior, onde temos uma forte correlação entre os organismos e o tipo de depósito orgânico (POULSON & CULVER, 1969).

Neste contexto, o estudo dos animais em cavernas permite identificar características morfológicas singulares de cada um, observar sua história de vida e registrar adaptações necessárias para vida no ambiente cavernícola. Sendo assim, elas possuem um grande potencial de estudo e de pesquisa científica, porque diferente dos vários ambientes existentes na superfície, dentro das cavernas, é possível estudar os diferentes organismos, comunidades e suas relações abrangendo toda sua área de distribuição que é delimitada pelos condutos, dentro da cavidade (POULSON & WHITE, 1969).

Levantamentos de fauna contribuem para caracterizar a cavidade e classificar sua relevância de forma correta. É importante lembrar que as espécies existentes nas cavidades e aspectos abióticos, como os espeleotemas, são testemunhas da evolução do planeta (POULSON & WHITE, 1969), e contêm milhares de anos de história geológica e registros do clima da região (TIMO, 2014), o que reforça a importância de garantir a conservação destes ambientes. A classificação das cavernas pode se enquadrar entre as categorias: máximo, alto, médio ou baixa relevância, levando em consideração seu patrimônio espeleológico, a área de influência, sua geometria e componentes estruturais que formam o Carste (BRASIL, 2009). Após a classificação e compilação dos dados coletados é possível elaborar medidas de conservação efetivas e singulares da realidade de cada cavidade.

Pains é a cidade com o maior número de cavidades registradas em Minas Gerais e no Brasil (ICMBIO, 2022). Atualmente, segundo dados do Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (BRASIL, 2021), existem cerca de 2.400 cavidades subterrâneas naturais registradas somente no município de Pains. O alto índice de ocorrência e, conseqüentemente, de registros de cavidades se explica devido à geologia da região ser composta por rochas solúveis, a respeito o calcário, fator que favorece o processo de dissolução e a gênese destes ambientes (ICMBIO, 2022).

Tendo em vista a importância do ambiente cavernícola e da necessidade de se conhecer cada carste, o objetivo do presente trabalho foi realizar um levantamento da macrofauna de artrópodes em duas grutas de Pains e comparar aspectos gerais desses dois ambientes. Por se tratar de ambientes pouco explorados, espera-se também contribuir com informações biológicas e espeleológicas para futuros estudos e para possíveis propostas de conservação das grutas.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Área de estudo. O município de Pains e seu entorno estão inseridos em uma geologia de rocha calcária, localmente é possível notar feições características como lapíais, dolinas, afloramentos e grandes maciços além da vegetação característica, conhecida como Mata

de Pains (MELO *et al.*, 2013). A Mineração Saldanha se localiza próximo a região central do município, onde deu início em suas operações por volta da década de 80. As cavidades estudadas, Gruta da Divisa e Coqueiro II, estão inseridas próximas a área de lavra da mineração (Fig.1), estando antes oclusas e descobertas em detrimento das atividades minerárias.

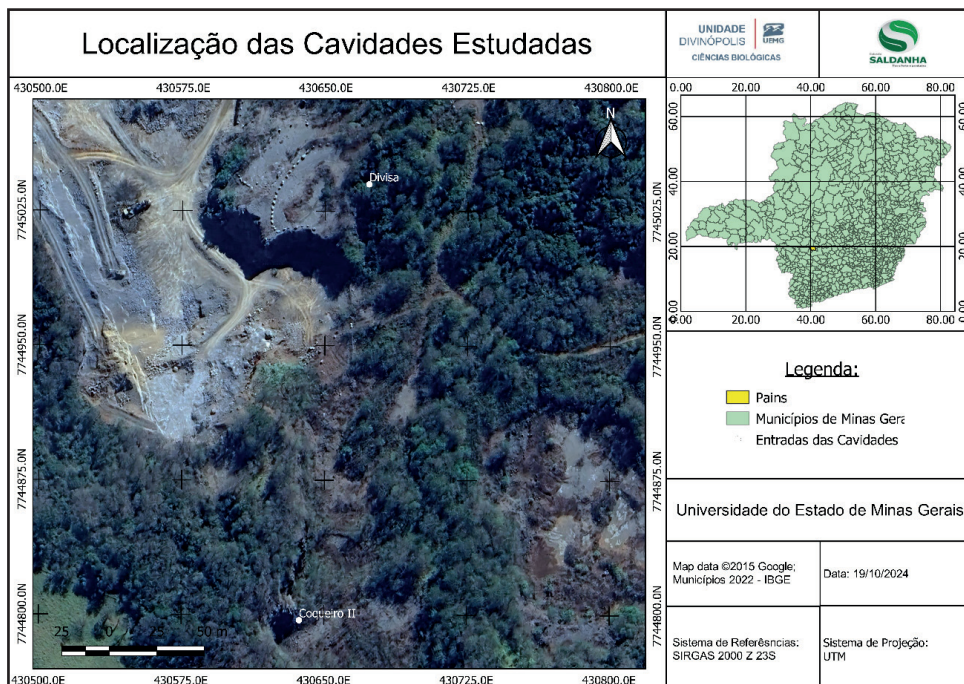
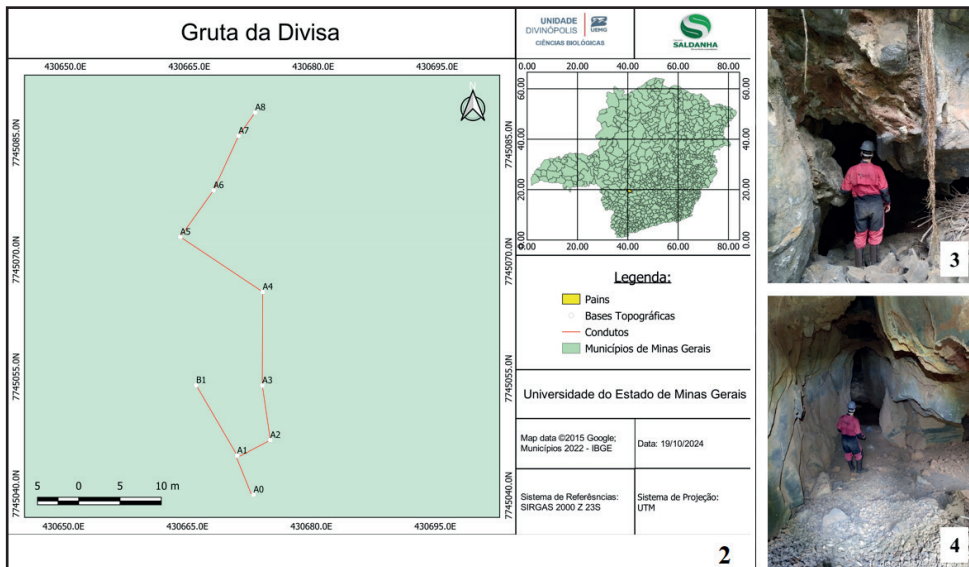


Fig. 1. Mapa da área de estudo no município de Pains – MG, mostrando a localização das duas cavidades selecionadas para estudo. Alves 2024.

A Gruta da Divisa ( $20^{\circ}23'29,86''S$ ,  $45^{\circ}39'51,80''W$ ) é uma cavidade de alta relevância em meio a uma antiga cava de extração onde as operações foram suspensas a muitos anos (Fig. 1). Por ser um local de fácil acesso e já ter sido bastante explorada, é possível perceber ações antrópicas, como pichações, em sua entrada. A gruta está próxima a cota do Rio São Miguel e foi alvo de inundações ao longo dos anos, fato que pode ser comprovado através da presença de marcas nas paredes de seus condutos evidenciando o nível atingido pela água durante a cheia. A Gruta da Divisa possui desenvolvimento linear de aproximadamente 279 metros (Fig. 2) e ao longo de seus condutos é possível observar a existência de diversos depósitos de serrapilheira que podem se tornar biótopos perfeitos para diversos organismos (Figs 3, 4). A cavidade possui zoneamento incompleto com a presença de zona eufótica e disfótica, seus condutos foram divididos em nove bases amostrais (Figs 2, 5-12).



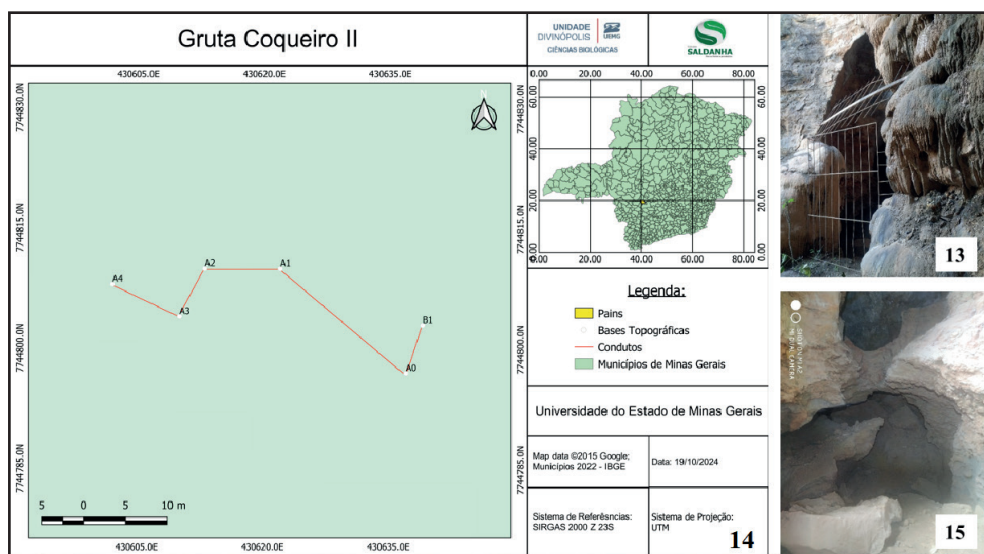
Figs 2-4. 2) Projeção horizontal da Gruta da Divisa, com a identificação das bases amostrais (QGIS Development Team); 3) Entrada da cavidade, base A0; 4) Base A1 com marcas de inundações nas paredes.



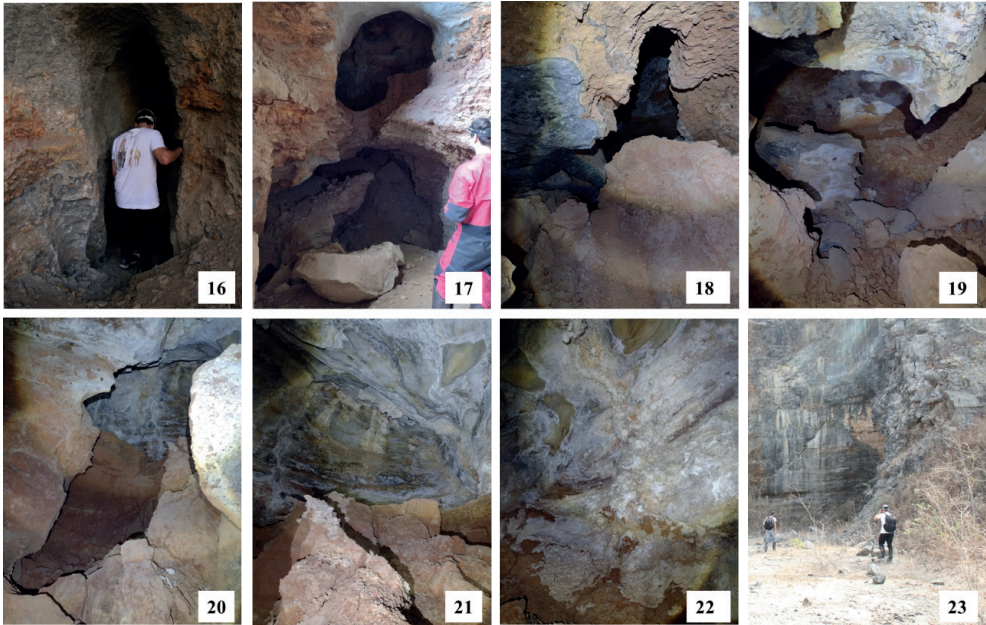
Figs 5-12. Bases amostrais existentes na Gruta da Divisa. 5) B1; 6) A2; 7) A3; 8) A4; 9) A5; 10) A6; 11) A7; 12) A8.

A Gruta Coqueiro II (20°23'37,76"S, 45°39'53,10"W) também é uma cavidade de alta relevância devido a seus atributos que lhe conferem grande beleza cênica. Situada

próxima à Gruta da Divisa, seu acesso é relativamente fácil, sendo realizado pela estrada que liga a antiga cava à planta de beneficiamento seguida por um pequeno trecho de mata fechada em estado de recomposição (Fig. 1). Devido ao fácil acesso, foi instalado um portão de proteção e cadeado em sua entrada para evitar a entrada de pessoas não autorizadas pelos órgãos ambientais (Fig. 13). Por este motivo, nota-se uma cavidade bem preservada de ações antrópicas, apesar da fragilidade e proximidade da lavra. A cavidade possui desenvolvimento linear de aproximadamente 49 metros e zoneamento incompleto, com a presença apenas de zona eufótica e disfótica (Fig. 14). Em seu interior há pouca deposição de serrapilheira (Fig. 15), no entanto, próximo a sua entrada é possível observar bolotas regurgitadas, penas, ossos e guano. Em seus condutos é possível observar que apesar da geologia calcária existe grande quantidade de solo (Figs. 16-23). Em seu interior também é possível visualizar alguns espeleotemas únicos, como a flor de gipsita (Fig. 22).



Figs 13-15. 13) Base amostral A0; 14) Projeção horizontal dos condutos da cavidade Coqueiro II (QGIS Development Team); 15) Base amostral A1.



Figs. 16-22. Bases amostrais existentes na cavidade Coqueiro II. 16) B1; 17) A1; 18) A1; 19) A2; 20) A3; 21) A4; 22) Espeleotema flor de gipsita em A3; 23) Parte externa do maciço onde se localiza a cavidade.

**Amostragens.** A metodologia adotada para este estudo foi a de coleta manual com plotagem de espécies, como proposta por FERREIRA (2004).

Para o georreferenciamento dos espécimes coletados, foi utilizado como base os mapa topográfico das cavidades das Grutas da Divisa e Coqueiro II, extraído dos estudos de licenciamento ambiental da Mineração Saldanha. Esta medida foi necessária uma vez que não existe sinal de GPS no interior da gruta. A partir do mapa topográfico foram determinadas as bases amostrais, nomeadas “A” e “B”, correspondendo respectivamente aos pontos demarcados no conduto principal da cavidade e aos pontos demarcados em condutos secundários, ambas seguidas de sua sequência numérica (Figs 2, 14). Estes pontos foram utilizados para monitoramento da temperatura e umidade durante a coleta e para apontar a localização dos indivíduos coletados em relação a extensão da cavidade. Os espécimes coletados foram etiquetados e armazenados em potes com álcool 70%.

Concluída a etapa de acondicionamento, as amostras foram transportadas até o laboratório de Zoobotânica da Universidade do Estado de Minas Gerais, unidade Divinópolis (UEMG-Divinópolis) onde foi realizada a identificação de cada animal coletado, até o menor nível taxonômico possível. A identificação dos Arachnida foi baseada em CANDIANI *et al.* (2005), ÁZARA *et al.* (2013), BRESCOVIT *et al.* (2003), ICMBIO (2013), CHAVARI *et al.* (2014), TOURINHO *et al.* (2007) e HARVESTMEN (2007). A identificação dos Insecta foi realizada através de BÉRENGER & GIL-SANTANA (2005), REUBEN (1994), CARVALHO *et al.* (2002), RIBEIRO

*et al.* (2007), LEITE & DE SÁ (2010), RAFAEL *et al.* (2012), BACCARO *et al.* (2015) e BARRETO & WANDSCHEER (2017). Ademais, foi realizada consulta a especialistas para identificação de alguns indivíduos coletados.

O material coletado em campo e fixado será depositado na coleção didática da UEMG-Divinópolis e no Centro de Coleções Taxonômicas da Universidade Federal de Minas Gerais (CCT-UFMG), sendo disponibilizado posteriormente para comunidade.

**Análises.** Após tabulação dos dados obtidos durante a pesquisa, foi mensurada a riqueza de espécies para cada cavidade amostrada, almejando avaliar o número de diferentes espécies que vivem em cada gruta. Também foram realizados cálculos padrões para os índices de diversidade de Shannon, visando mensurar a diversidade de cada ambiente, e o índice de Simpson, análise que também avalia a diversidade, porém de forma menos sensível (este cálculo foi realizado utilizando como base 1 – Diversidade). Como o desenvolvimento horizontal das cavidades e conseqüentemente suas áreas são diferentes, adicionalmente foram realizadas análises de rarefação com base na riqueza de espécies e diversidade de Shannon. Este cálculo permitiu comparar a diferença entre os índices de riqueza e diversidade de Shannon das cavidades amostradas. Optou-se por fazer repetições de todas as análises para os seguintes grupos: amostra total (N total), Insecta e Arachnida. Todos os cálculos realizados foram executados por meio da linguagem de programação R (R CORE TEAM, 2022).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo foram realizadas quatro coletas, sendo a 1<sup>a</sup> e a 2<sup>a</sup> realizadas nas datas de 24/07 e 18/09, contemplando a estação seca, e a 3<sup>a</sup> e a 4<sup>a</sup> nas datas de 29/10 e 21/11, abrangendo a estação chuvosa.

Ao fim dos trabalhos de campo, foram contabilizados 399 espécimes coletados, sendo estes representantes de 11 ordens diferentes (Tab. I). Destes, 193 indivíduos foram coletados na Gruta da Divisa e 206 na Gruta Coqueiro II. A ordem mais coletada foi Diptera com 143 espécimes, seguida por Araneae com 140, Lepidoptera com 38, Hymenoptera com 26, Hemiptera com 19, Psocodea com 12, Orthoptera com nove, Opiliones com cinco, Neuroptera com quatro, Spirostreptida com dois e, por fim, Blattaria com apenas um indivíduo coletado.

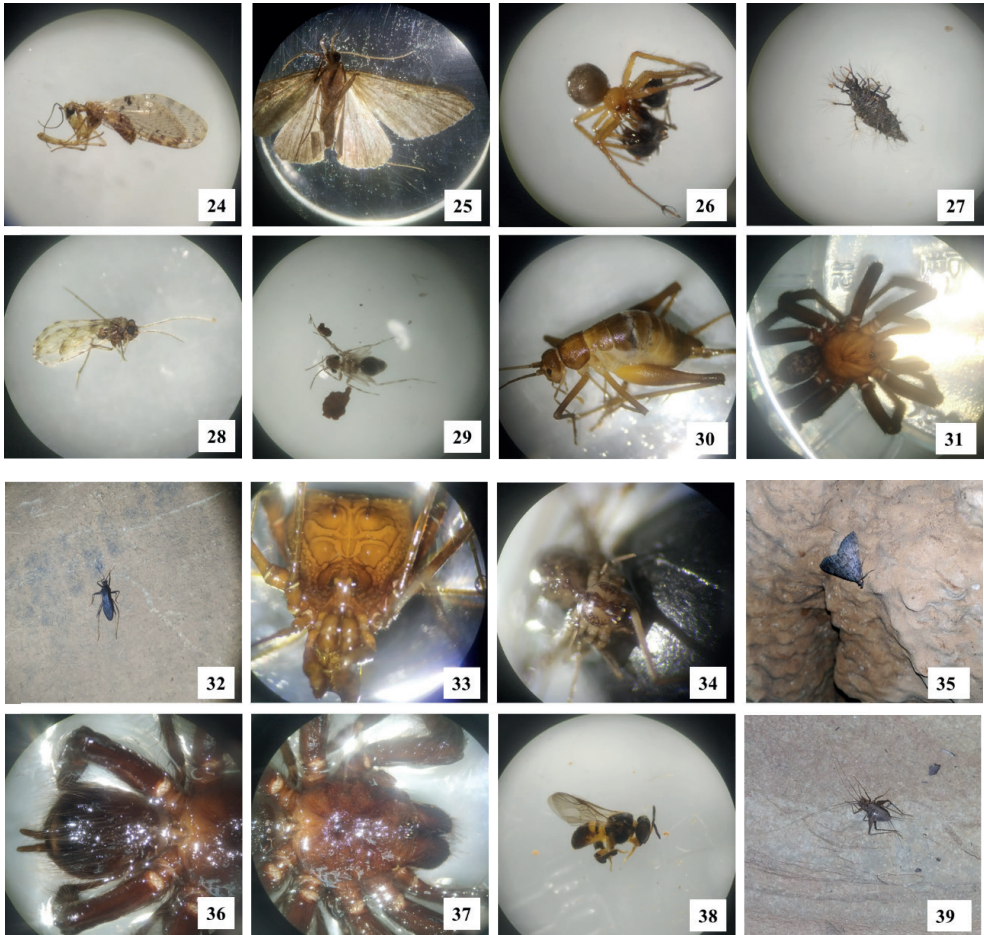
No período de seca (jun. a set.), foi observado um menor número de indivíduos (119 spp.), representando 8 ordens (Tab. I). Enquanto no período de chuva (out. e nov.), foi observado uma abundância maior de espécimes (280 spp.) de 11 diferentes ordens (Tab. I).



Grupos	Ordem	Família	Espécie	Gruta da Divisa				Gruta Coqueiro II			
				Período Seca		Período Chuva		Período Seca		Período Chuva	
				1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
Arachnida	Araneae	Araneidae	sp.1	3	1	7	3	0	0	2	0
		Dipluridae	sp.1	0	0	0	1	0	0	0	0
		Ischnotheiidae	sp.1	0	0	0	1	0	0	0	1
		Pholcidae	sp.1	3	9	14	7	1	2	1	1
			sp.2	2	4	4	4	0	0	0	0
		Salticidae	sp.1	0	0	0	0	0	0	0	1
		Scytodidae	sp.1	1	0	0	1	0	0	3	2
		Sicariidae	<i>Loxosceles sp.1</i>	0	0	0	0	2	8	10	6
			<i>Loxosceles sp.2</i>	0	0	0	0	1	17	9	7
			sp.1	0	0	1	0	0	0	0	0
Opiliones	Gonyleptidae	<i>Mitogoniella taquara</i>	2	1	1	1	0	0	0	0	
Insecta	Blattaria	Blattidae	sp.1	0	0	1	0	0	0	0	
	Diptera	Anthomyiidae	sp.1	0	0	0	0	0	1	0	0
		Culicidae	<i>Culex sp.</i>	1	0	1	2	0	0	0	2
		Limoniidae	sp.1	2	9	9	10	0	1	1	1
		Muscidae	sp.1	1	9	0	1	2	4	2	3
		Psychodinae	<i>Philosepedon sp.</i>	1	0	1	0	0	0	0	0
		Tipulidae	sp.1	0	0	0	0	0	0	0	1
			sp.1	0	0	0	0	0	0	26	48
			sp.2	0	0	2	0	0	0	2	0
	Hemiptera	Reduviidae	<i>Zelurus sp.</i>	0	0	2	3	0	2	6	4
<i>Cosmoclopius sp.</i>			0	0	0	0	0	0	1	0	
Achilixiidae		sp. 01	0	0	1	0	0	0	0	0	
Hymenoptera	Apidae	<i>Trigona sp.</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	
		<i>Plebeia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	
	Formicidae	sp.1	0	3	2	11	0	4	0	0	
	Vespidae	<i>Mischocyttarus cassununga</i>	0	0	0	0	1	0	2	0	
Lepidoptera	Erebidae	sp.1	3	6	2	11	5	1	1	3	
	Noctuidae	sp.1	0	0	0	1	0	0	0	0	
	Tineidae	sp.1	1	0	0	1	0	0	0	3	
Neuroptera	Crysopidae	sp.1	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Mantispidae	sp.1	0	0	1	2	0	0	0	0	
Orthoptera	Acrididae	sp.1	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Phalangopsidae	<i>Strinatia sp.</i>	0	3	1	0	0	0	0	0	
sp.1		0	0	0	4	0	0	0	0		

			sp.1	1	1	1	1	0	0	0	1
			sp.2	0	0	0	7	0	0	0	0
Miriapoda	Diplopoda	Pseusonannolenidae	<i>Pseudonannolene</i> sp.	0	0	2	0	0	0	0	0

Tab. I. Descrição e abundância dos táxons coletados nas cavidades amostradas durante as estações de seca e chuva.



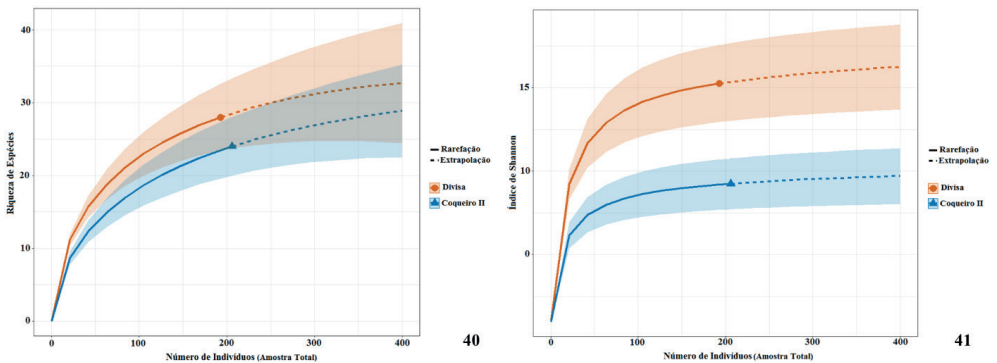
Figs 24-39. 24) Mantispidae sp.1; 25 e 35) Erebidae sp.1; 26) *Loxosceles* sp.1; 27) Crysopidae sp.1; 28) Psocodea sp.1; 29) Psocodea sp.2; 30 e 39) Phalangopsidae sp.1; 31) Ischnothelidae sp.1; 32) *Zelurus* sp.1; 33) *Mitogoniella taquara*, 34) Pholcidae sp.1; 36) Abdomes de Dipluridae sp.1; 37) Cefalotórax de Dipluridae sp.1; 38) *Plebeia* sp.

Ao todo foram identificadas 38 diferentes espécies de artrópodes cavernícolas (Figs. 24-39), sendo apenas dois identificados até o nome específico e o restante morfotipadas.

Considerando toda a amostra (Ntotal), os cálculos do índice de diversidade mostram que a Gruta da Divisa tem riqueza de 28 espécies e a Coqueiro II de 24. O índice de Shannon para Gruta da Divisa é de 2,72 nats, para Coqueiro II é de 2,22 nats e o Índice de

Shannon total é de 2,89 nats. O índice de Simpson para a Gruta da Divisa foi de 0,90, para Coqueiro II de 0,81 e Simpson total de 0,91. A equitatividade foi calculada em 0,81 para a Gruta da Divisa, de 0,69 para a Coqueiro II e 1,82 como Equitatividade total.

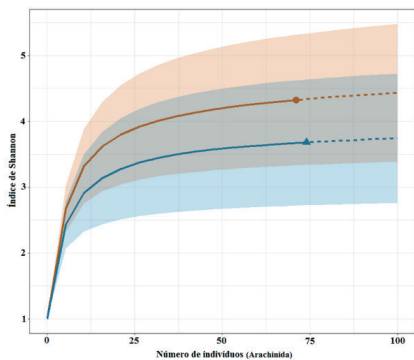
Utilizando as análises de rarefação, os resultados apontam que ao comparar as cavidades não existe uma diferença significativa entre as grutas quando utilizado como métrica a riqueza de espécies (Fig. 40). No entanto, ao comparar as cavidades utilizando o Índice de Shannon rarefeito, os cálculos apontam uma diferença de aproximadamente dez pontos entre a diversidade das cavidades (Fig. 41). Este resultado provavelmente se deve ao fato do teste de Shannon-Wiener ser mais sensível do que a análise de riqueza, quantificando valores diferentes a cada espécie de acordo com a sua raridade (DA-SILVA *et al.*, 2022).



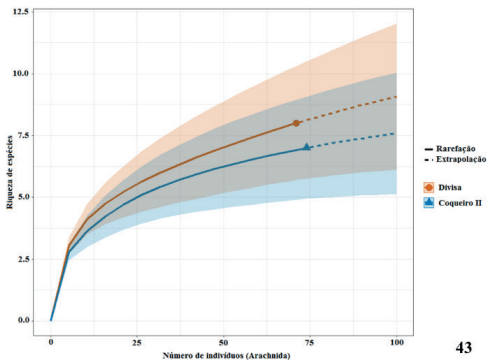
Figs 40-41. Curvas de rarefação para o grupo Ntotal, considerando as coletas realizadas entre julho-novembro/2022 nas grutas Coqueiro II e Gruta da Divisa, na região cárstica de Pains (Minas Gerais, Brasil): 40) rarefação baseada na riqueza de espécies; 41) rarefação baseada no índice de Shannon (R Core Team, 2022).

Foram realizadas as mesmas análises para os dois grandes grupos mais coletados de artrópodos. Para os aracnídeos obteve-se uma riqueza de oito espécies na Gruta da Divisa e de sete na Coqueiro II, além de uma riqueza total de 11. O Índice de Shannon para aracnídeos, apontam para uma diversidade de 1,46 nats na Gruta da Divisa, 1,30 nats na Coqueiro II e Shannon total de 1,89 nats. Já o Índice de Simpson retornou a diversidade de 0,69 na Gruta da Divisa, 0,65 para Coqueiro II e 0,81 como Simpson total. Em relação a Equitatividade, a Gruta da Divisa apresentou índice de 0,70, a Coqueiro II de 0,66 e Equitatividade total de 1,81 para Aracnídeos.

Ao comparar as cavidades tanto pelo Índice de Shannon rarefeito (Fig. 42) como pela riqueza rarefeita (Fig. 43), as análises indicam que não existem diferenças significativas entre a fauna de aracnídeos das cavidades. É possível ver que as curvas de rarefação e extrapolação se mantêm sobrepostas desde o início ao fim da coleta de dados (Figs 42, 43).



42

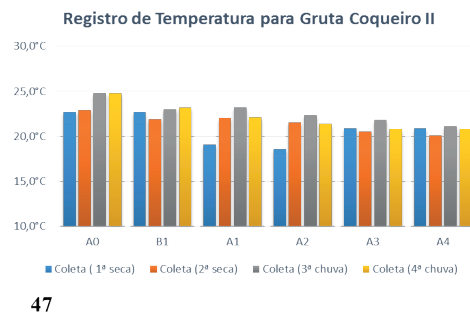
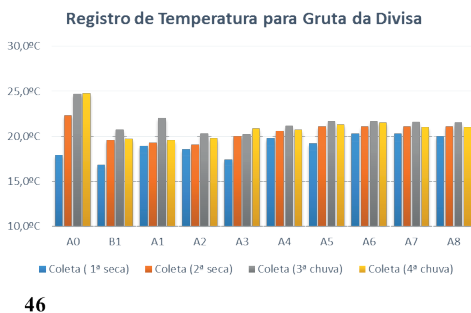
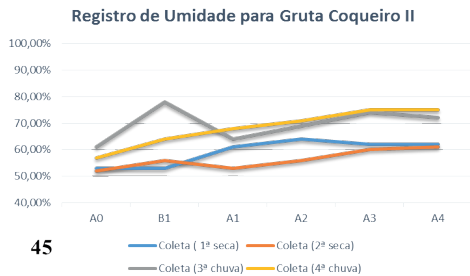
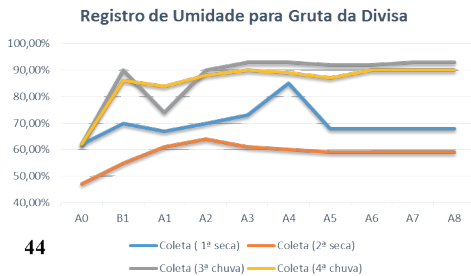


43

Figs 42-43. Curvas de rarefação para o grupo Arachnida considerando as coletas realizadas entre julho-novembro/2022 nas grutas Coqueiro II e Gruta da Divisa, na região cárstica de Pains (Minas Gerais, Brasil): 40) rarefação baseada na riqueza de espécies; 41) rarefação baseada no índice de Shannon (R Core Team, 2022).

Ainda sobre os aracnídeos, as coletas apontaram uma predominância de aranhas do gênero *Loxosceles* HEINEKEN & LOWE, 1832 (Fig.26) na cavidade Coqueiro II (Tab. I). Dentre os fatores que contribuem para o sucesso de sua colonização, FISCHER & VASCONCELLOS-NETO (2003) trazem em seu estudo que as aranhas deste gênero possuem grande resistência à escassez de alimentos e à amplitude de temperatura, tendo algumas espécies sobrevivido em locais com temperaturas acima de 40°C. Além disso, aranhas-marrons, nome pelo qual também são conhecidas aqui no Brasil (VALDEZ-MONDRAGÓN *et al.*, 2018), preferem habitats quentes em locais com rochas, fendas e rachaduras, como as grutas, para se esconderem (BERTANI *et al.*, 2015). Desta forma, por ser a cavidade mais quente a Gruta Coqueiro II parece ser um ambiente mais favorável para estes indivíduos. Além disso, nessa cavidade também foi registrado um número maior de dípteros (Tab. I) e esses animais podem ser potenciais presas das aranhas na cavidade. Apesar da proximidade entre as grutas, não houve registros de *Loxosceles* na Gruta da Divisa.

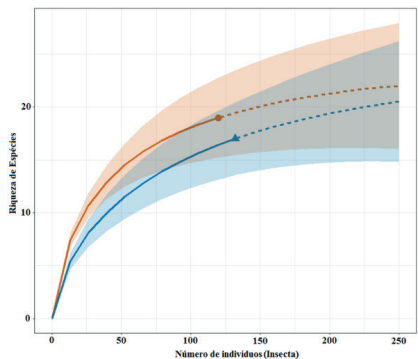
Outra situação interessante sobre os aracnídeos após as coletas foi a ausência de opiliões na gruta Coqueiro II (Fig. 33). Como os opiliões utilizam substratos como folhas, madeiras e serrapilheira para fazer a deposição de seus ovos e são extremamente sensíveis às mudanças de temperatura e umidade, talvez a gruta Coqueiro II não seja um ambiente propício para eles (HARVESTMEN, 2007). Na Gruta da Divisa foi registrada temperatura média em torno de 20.0°C (Fig. 46), sendo esta a temperatura ótima para incubação dos ovos dos opiliões (HARVESTMEN, 2007). Desse modo, por ter maior umidade relativa, além de ter muita serrapilheira (com grandes depósitos na entrada próximo aos locais onde estes indivíduos foram coletados), a Gruta da Divisa se mostra mais favorável a este grupo de aracnídeos.



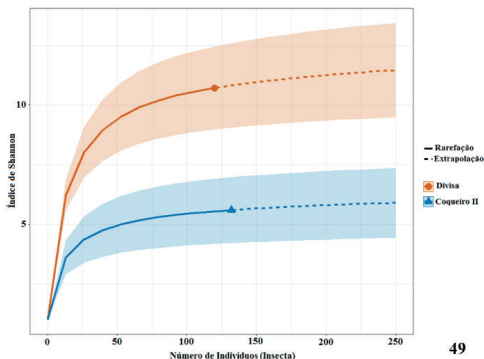
Figs 44-47. Registros de temperatura e umidade nos pontos amostrais das cavidades durante as coletas de seca e chuva. 44-45) Umidade relativa nas grutas da Divisa e Coqueiro II; 46-47) Temperatura relativa nas grutas da Divisa e Coqueiro II.

Em relação aos indivíduos coletados do grupo Insecta, a riqueza registrada foi de 19 espécies na Gruta da Divisa, 17 na Coqueiro II e riqueza total de 27. Já o Índice de Shannon registrou diversidade de 2,37 nats para Gruta da Divisa, 1,72 nats para Coqueiro II e Shannon total de 2,41 nats. O Índice de Simpson resultou uma diversidade de 0,86 para Gruta da Divisa, 0,66 para Coqueiro II e Simpson total de 0,85. Quanto à equitatividade do grupo Insecta, a Gruta da Divisa apresentou índice de 0,80 e a Coqueiro II 0,60, com a total de 1,68.

Ao comparar as cavidades por meio da rarefação, os cálculos mostram que ao utilizar como métrica a riqueza de espécies para Insecta não existe diferença significativa entre as cavidades, onde provavelmente na extrapolação do teste as linhas se cruzaram em algum momento com o aumento do esforço amostral (Fig. 48). Já em relação às análises tendo o Índice de Shannon como métrica, o gráfico ilustra que existe uma diferença entre a diversidade das cavidades do início ao fim das coletas, com a Gruta da Divisa mostrando um índice superior ao da Coqueiro II, sendo inclusive mantida na extrapolação do gráfico (Fig. 49).



48



49

Figs 48-49. Curvas de rarefação para o Grupo Insecta considerando as coletas realizadas entre julho-novembro/2022 nas grutas Coqueiro II e Gruta da Divisa, na região cárstica de Pains (Minas Gerais, Brasil): 40) rarefação baseada na riqueza de espécies; 41) rarefação baseada no índice de Shannon (R Core Team, 2022).

Ainda sobre Insecta, a fauna amostrada destaca-se pelo registro de uma espécie não identificada de neuróptera da família Mantispidae (Fig.24) que parece ser um grupo incomum nas cavidades da região, já que não foi registrado em outros estudos (ZAMPAULO, 2010; Soares *et al.*, 2013). Os indivíduos foram registrados na Gruta da Divisa nas 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> coletas, estando localizados no teto dentro da cavidade em zona eufótica a aproximadamente 3 metros da entrada. Também foi registrada a presença de duas espécies da ordem Psocoptera nas cavidades amostradas (Tab. I). A espécie identificada como sp.2 (Fig.28) apresentou ocorrência maior na Gruta da Divisa, porém foi comum em ambas cavidades, já sp. 1 (Fig.29) apresentou ocorrência restrita na Gruta da Divisa. No entanto, por limitações de técnica, equipamento adequado e tempo, não foi possível realizar a identificação ao nível de família ou inferior.

Outro registro interessante foi a ocorrência de uma espécie não identificada de diplopoda do gênero *Pseudonannolene* Silvestri, 1895. Esse registro foi realizado na Gruta da Divisa, durante a 3<sup>a</sup> coleta, localizado entre as bases A4 e A5, numa região eufótica próximo a uma mancha de guano. Indivíduos deste gênero são espécies comuns em ambientes cavernícolas, sendo classificados como animais troglófilos, ou seja, aqueles que podem ou não completar todo ciclo de vida dentro da cavidade (ICMBIO, 2019).

Assim como outros estudos relacionados a inventários de artrópodes cavernícolas, os indivíduos mais abundantes nesta pesquisa foram, de modo geral, os detritívoros e os predadores não específicos, como por exemplo, os dípteros e os aracnídeos. Observações similares também foram encontradas em estudos na região de Pains (ZAMPAULO, 2010; SOARES *et al.*, 2013) e em outros lugares do Brasil (FERREIRA *et al.*, 2010; SIMÕES *et al.*, 2012; FERREIRA *et al.*, 2016; BICHUETTE *et al.*, 2019). Isso provavelmente se deve ao fato de que existe uma grande ocorrência destes indivíduos no meio epígeo, fator que aumenta a probabilidade de sua presença na cavidade. Dessa forma, as coletas abrangeram desde a

entrada da cavidade (na região da caverna onde temos maiores similaridades de condições ecológicas com o meio externo), até o fim de seus condutos (onde normalmente temos maior estabilidade ambiental), evitando a exclusão de áreas potenciais, como indica TRAJANO *et al.* (2006).

Quando comparado, nota-se que o índice médio de diversidade das duas cavidades amostradas foi de 2.47 nats, se mostrando um pouco mais alto do que o relatado por SOARES *et al.* (2013) em seu estudo de cavidades no município de Córrego Fundo, MG. Os resultados das análises também indicam que a Gruta da Divisa possui um maior índice de diversidade total em relação a Coqueiro II, esta informação pode ser explicada devido a diferença do desenvolvimento linear das cavidades, onde a Divisa possui aproximadamente 279m e a Coqueiro II 45m. Alguns estudos evidenciam esta relação de riqueza versus área, onde as cavidades maiores possuem maior heterogeneidade de micro habitats, proporcionando um maior aporte de nutrientes e consequentemente maior diversidade de organismos (FERREIRA, 2005; SOUSA-SILVA, 2008; SOUSA-SILVA & FERREIRA, 2009).

Outros fatores ambientais também podem ser determinantes para que haja essa diferença entre a riqueza e a diversidade de espécies nas cavidades. A Gruta da Divisa é um pouco mais fria e úmida do que a Coqueiro II (Figs 44-47). A média dos dados coletados referentes à umidade e à temperatura ao longo dos condutos de ambas cavidades mostra que a Gruta da Divisa possui umidade relativa de 78,25% e temperatura de 20,90°C, enquanto a Coqueiro II apresenta 65,50% e 21,73°C, respectivamente.

As diferenças ambientais encontradas entre as grutas podem tornar a cavidade Coqueiro II menos propícia à colonização de organismos que necessitam de um ambiente mais úmido (BICHUETTE *et al.*, 2019). Além disso, essa cavidade não apresenta grandes acúmulos de serrapilheira, manchas de guano ou drenagens que poderiam contribuir com o aporte de nutrientes e sucesso de uma fauna diversificada (POULSON & LAVOIE, 2000). Já a Gruta da Divisa possui fatores que podem facilitar a colonização de diferentes grupos de artrópodes (Tab. I), como temperatura menor e umidade mais alta (Figs 44, 46), maior estabilidade ambiental, um grande acúmulo de serrapilheira, manchas de guano e presença de drenagem. Adicionalmente, a Gruta da Divisa possui no fim de seu conduto principal uma claraboia, que permite a entrada de alimento carregados pela chuva, vento e/ou animais que eventualmente possam se abrigar na cavidade (BICHUETTE *et al.*, 2017).

Ademais, mesmo após os trabalhos de campo, a assíntota no gráfico de coleta não foi atingida (Fig. 40). O aumento do esforço amostral poderia contribuir para que a mesma fosse alcançada, porém FERREIRA (2004), traz em seu estudo realizado em cavidades no Rio Grande do Norte, os riscos aos danos causados a estes ecossistemas quando submetidos a uma coleta exaustiva. Além disso, mesmo após o aumento do esforço amostral não existem garantias que a assíntota de coleta seria atingida, como ocorreu nos estudos de SOARES *et al.* (2013), realizado em 28 cavidades, e ZAMPAULO (2010), realizado em 296 cavidades. Esta situação provavelmente se deve a heterogeneidade dos habitats cavernícolas, onde

existem locais como fraturas, frestas e/ou blocos grandes que dificultam ou impossibilitam sua amostragem (FERREIRA, 2005).

Por fim, mesmo tendo o maior número de cavidades registradas em todo Brasil, estudos que envolvem a espeleobiologia são escassos no município de Pains. Este é um fator preocupante, uma vez que estes ambientes sofrem maiores pressões antrópicas a cada dia. Indivíduos cavernícolas são muito sensíveis quanto a interferências em seus habitats, onde pequenas alterações podem culminar no declínio inteiro de uma comunidade. Neste contexto este estudo contribuiu para o conhecimento da fauna de invertebrados cavernícolas da região, registrando uma espécie até então sem ocorrência documentada, além de fornecer dados ecológicos sobre as cavidades amostradas, servindo como base para futuros estudos na área.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha professora e orientadora Paula Zama pela contribuição durante os trabalhos de campo, identificação e escrita deste projeto. Agradeço também a colaboração do professor Wellington Donizet pela ajuda com as identificações e análises ecológicas. Agradeço a meus amigos e também discentes do curso de Ciências Biológicas, Pedro Paulo e Thiago Vilella que tiveram papel fundamental durante as coletas dos indivíduos. Por fim, agradeço a direção da Mineração Saldanha LTDA e a Deise Miola por se prontificarem e facilitarem a realização deste estudo.

## REFERÊNCIAS

ALVES, VINICIUS LUIZ. MAPA LOCALIZAÇÃO DAS CAVIDADES ESTUDADAS. ESCALA 1:1400. SETEMBRO DE 2024. **USANDO: QGIS [SOFTWARE GIS]. VERSÃO 3.16. QGIS GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM. OPEN SOURCE GEOSPATIAL FOUNDATION PROJECT. [HTTP://QGIS.OSGEO.ORG](http://qgis.osgeo.org), 2024.**

BACCARO, F. B., FEITOSA, R. M., FERNANDEZ, F., FERNANDES, I. O., IZZO, T. J., SOUZA, J. L. P., & SOLAR, R. (2015). Guia para os gêneros de formigas do Brasil. **Editora INPA** (p. 388). <https://doi.org/10.5281/zenodo.32912>

BARRETO, M. R., & WANDSCHEER, R. B. (2017). Registro de Ortópteros (Orthoptera, Caelifera, Ensifera) presentes no Acervo Biológico da Amazônia Meridional, Brasil. **EntomoBrasilis**, 10(3), 187–193. <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v10i3.663>

BÉRENGER, J.-M., & GIL-SANTANA, H. (2005). Nouveau genre et nouvelles espèces d'Ectrichodiinae d'Amérique du Sud (Heteroptera, Reduviidae). **Bulletin de La Société Entomologique de France**, 110(4), 509–516. <https://doi.org/10.3406/bsef.2005.16271>

BERTANI, R., GODÉ, L., KURY, A., & CÉLÉRIER, M. L. (2015). Aracnídeos (Arachnida): Da reserva biológica de pedra talhada. **Boissiera**, 68, 175–191.



BICHUETTE, M. E., NASCIMENTO, A. R., VON SCHIMONSKY, D. M., GALLÃO, J. E., RESENDE, L. P. A., & ZEPON, T. (2017). Terrestrial fauna of the largest granitic cave from Southern Hemisphere, southeastern Brazil: A neglected habitat. **Neotropical Biology and Conservation**, 12(2). <https://doi.org/10.4013/nbc.2017.122.01>

BICHUETTE, M. E., SIMÕES, L. B., ZEPON, T., VON SCHIMONSKY, D. M., & GALLÃO, J. E. (2019). Richness and taxonomic distinctness of cave invertebrates from the northeastern state of Goiás, central Brazil: A vulnerable and singular area. **Subterranean Biology**, 29, 1–33. <https://doi.org/10.3897/subtbiol.29.30418>

BRASIL, Instrução Normativa N° 2, De 20 de Agosto de 2009. Regulamenta os Atributos a Serem Levados em Consideração para Classificação Quanto a Relevância da Cavidade. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/IN%2002\\_MMA\\_criterios\\_210809.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/IN%2002_MMA_criterios_210809.pdf). Acesso: 30/01/2023.

BRASIL.CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas – CANIE, 2021. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>. Acesso em: 25/01/2023

BRESCOVIT, ANTONIO D; BONALDO, AD; BERTANI, R & RHEIMS, CA. Araneae. In: Amazonian Arachnida and Myriapoda - Keys for the identification to classes, orders, families, some genera, and lists of know species. **Pensoft, Sofia-Moscow**.

CANDIANI, D. F., INDICATTI, R. P., & BRESCOVIT, A. D. (2005). Composição e diversidade da araneofauna (Araneae) de serapilheira em três florestas urbanas na cidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, 5(1a), 111–123. <https://doi.org/10.1590/s1676-06032005000200010>

CARVALHO, C. J. B. DE, MOURA, M. O., & RIBEIRO, P. B. (2002). Chave para adultos de dípteros (Muscidae, Fanniidae, Anthomyiidae) associados ao ambiente humano no Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 46(2), 107–144. <https://doi.org/10.1590/s0085-56262002000200001>

CHAVARI, J. L., CIPOLA, N. G., & BRESCOVIT, A. D. (2014). Records of spiders (Arachnida: Araneae) of the parque estadual mata São Francisco, Paraná, Brazil. **Check List**, 10(6), 1435–1444. <https://doi.org/10.15560/10.6.1435>

DA-SILVA FERNANDO RODRIGUES; GONÇALVES-SOUZA THIAGO; PATERNO GB; PROVETE DB; VANCINE MH. 2022. Análises ecológicas no R. **Nupeea**: Recife, PE, Canal 6: São Paulo. 640 p. ISBN 978-85-7917-564-0.

DE ÁZARA, L. N., DASILVA, M. B., & FERREIRA, R. L. (2013). Description of *Mitogoniella mucuri* sp. nov. (Opiliones: Gonyleptidae) and considerations on polymorphic traits in the genus and Gonyleptidae. **Zootaxa**, 3736(1), 69–81. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3736.1.3>

FERREIRA R. L. 2004. A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos. Tese apresentada ao programa de pós-graduação em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 158pp.

FERREIRA, R. L., CARDOSO, R. C., & SOUZA SILVA, M. (2016). Composição, riqueza e diversidade de invertebrados em cavernas de Dianópolis (TO). **Revista Brasileira de Espeleologia**, 2(7), 1–18.

FERREIRA, R. L., PROUS, X., BERNARDI, L. F. O., & SOUZA SILVA, M. (2010). Fauna subterrânea do estado do Rio Grande do Norte: Caracterização e impactos. **Revista Brasileira de Espeleologia**, 1(1), 25–51.

FERREIRA, R.L. A vida subterrânea nos campos ferruginosos. **O Carste**. 17(3):106-115. 2005.

FISCHER, M. L., & VASCONCELLOS-NETO, J. (2003). Determination of the maximum and minimum lethal temperatures (LT 50) for *Loxosceles intermedia* Mello-Leitão, 1934 and *L. laeta* (Nicolet, 1849) (Araneae, Sicariidae). **Journal of Thermal Biology**, 28(8), 563–570. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2003.07.002>

GNASPINI NETTO, P. (1989). Análise comparativa da fauna associada a depósitos de guano de morcegos cavernícolas no Brasil. Primeira aproximação. **Revista Brasileira de Entomologia**, 33(2), 183–192.

HARVESTMEN: the biology of Opiliones. (2007). **Choice Reviews Online**, 44(11), 44-6238-44–6238. <https://doi.org/10.5860/choice.44-6238>

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBIO. A região cárstica de Pains / Luís B. Piló e Jocy Brandão Cruz. (org). – Brasília: **ICMBio**, 2022.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Aranhas do Parque Nacional do Itatiaia, Rio De Janeiro/Minas Gerais, Brasil / Indicatti, Rafael.P. **Boletim de pesquisa do Parque Nacional do Itatiaia**, nº16: 1-35. ISSN - 1677-6569. 2013.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Espeleologia e Licenciamento Ambiental / Jocy Brandão Cruz e Luís Beethoven Piló. [org] – Brasília: **ICMBio**, 2019.

LEITE, GERMANO LEÃO DEMOLIN & DE SÁ, VERÍSSIMO GIBRAN MENDES. Apostila: Taxonomia, Nomenclatura e identificação de espécies. **Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias**, v. 50, 2010.

MELO, P. H. A. DE, LOMBARDI, J. A., SALINO, A., & CARVALHO, D. A. DE. (2013). Composição florística de angiospermas no carste do Alto São Francisco, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, 64(1), 29–36. <https://doi.org/10.1590/s2175-78602013000100004>

POULSON, T. L., & CULVER, D. C. (1969). Diversity in Terrestrial Cave Communities. **Ecology**, 50(1), 153–158. <https://doi.org/10.2307/1934678>

POULSON, T. L., & WHITE, W. B. (1969). The Cave Environment. **Science**, 165(3897), 971–981. [doi:10.1126/science.165.3897.971](https://doi.org/10.1126/science.165.3897.971).

POULSON, T.L., & LAVOIE, K.H. The trophic basis of subsurface ecosystems. In: Wilkens H, Culver DC, Humphreys WF (Eds). *Ecosystems of the World 30. Subterranean Ecosystems*. Amsterdam, **Elsevier**, 231–249. 2000.

R CORE TEAM (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. **URL** <https://www.R-project.org/>.

RAFAEL, J. A., MELO, G. A. R. DE, CARVALHO, C. J. B. DE, CASARI, S. A., & CONSTANTINO, R. (2012). Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia. **Editora Holos** (Vol. 1, p. 810).

REUBEN, R., TEWARI, S. C., HIRIYAN, J., & AKIYAMA, J. (1994). Illustrated keys to species of *Culex* (*Culex*) associated with Japanese Encephalitis in Southeast Asia (Diptera: Culicidae). **Mosquito Systematics**, 26(2), 75–96.

- RIBEIRO, G. C., LAMAS, C. J. E., & DE AZEVEDO, L. N. S. (2007). A catalogue of the types of Limoniidae and Tipulidae (Diptera: Tipulomorpha) in the collection of the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Brazil. **Zootaxa**, (1497), 1–22. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1497.1.1>
- SARBU, S. M., KANE, T. C., & KINKLE, B. K. (1996). A chemoautotrophically based cave ecosystem. **Science**, 272(5270), 1953–1954. <https://doi.org/10.1126/science.272.5270.1953>
- SILVA, A. P. B. Enriquecimento trófico em ambientes subterrâneos e suas aplicações para a conservação da biodiversidade de invertebrados aquáticos. Unpublished M. Sc. thesis, Universidade Federal de Lavras-Lavras, 2008.
- SIMÕES, M. H., SOUZA-SILVA, M., & FERREIRA, R. L. (2012). Species richness and conservation of caves in the Uruçuia river sub-basin, a tributary of the San Francisco river: a case study in caves of Arinos, Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Espeleologia**, 2(2), 1–17. Retrieved from: <http://www.biologiasubterranea.com.br/workspace/uploads/artigos/arinos.pdf>
- SOARES, LUIZ GUSTAVO SOUTO; KOKEN, ANTONIA FIGUEIRA VAN DE; TIMO, MARIANA BARBOSA & SILVA, RUBENS PEREIRA. Fauna de invertebrados em cavernas de calcário na região de Córrego Fundo, Minas Gerais, Brasil. **Revista Eletrônica de Biologia**. ISSN 1983-7682. 2013.
- SOUZA-SILVA, M. Ecologia e conservação das comunidades de invertebrados cavernícolas na Mata Atlântica Brasileira. Tese de Doutorado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre, ICB-UFMG 224 p.2008.
- SOUZA-SILVA, M., & FERREIRA, R. L. (2009). Estrutura das comunidades de invertebrados em cinco cavernas insulares e intertidais na costa brasileira. **Espeleo-Tema**, 20(1/2), 25–36. Retrieved from [http://www.cavernas.org.br/espeleo-tema/espeleo-tema\\_v20\\_n1-2.pdf#page=27](http://www.cavernas.org.br/espeleo-tema/espeleo-tema_v20_n1-2.pdf#page=27)
- TIMO, M. B. Mapeamento geomorfológico da região Cárstica do Córrego do Cavalo, Piumhi (MG). Dissertação (Mestrado em Geografia) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 133, 2014.
- TOURINHO, ANA LÚCIA; MAN HUNG, NANCY FRANÇA LO; SALVATIERRA, LIDIANNE et.,al. Mariuá: a fora, a fauna e o homem no maior arquipélago fuvial do planeta / Organizador Marcio Luiz de Oliveira. Manaus: **Editora INPA**, 2017.
- TRAJANO, E.; BICHUETTE, E. & BATALHA, M.A. Estudos ambientais em cavernas: os problemas da coleta, da identificação, da inclusão e dos índices. **Espeleo-Tema**, v 23; N°: 1: 13-22. 2012. Disponível em: <https://www.cavernas.org.br/espeleo-tema/v-23-n-1-2012/>.
- TRAJANO, ELEONORA, *Biologia subterrânea: introdução* / Eleonora Trajano, Mana Elina Bichuette. - São Paulo; **Redespeleo**, 2006. ISBN 85-99244-03-5.
- VALDEZ-MONDRAGÓN, A., CORTEZ-ROLDÁN, M. R., JUÁREZ-SÁNCHEZ, A. R., & SOLÍS-CATALÁN, K. P. (2018). A new species of *Loxosceles* Heineken & Lowe (Araneae, Sicariidae), with updated distribution records and biogeographical comments for the species from Mexico, including a new record of *Loxosceles rufescens* (Dufour). **ZooKeys**, 2018(802), 39–66. <https://doi.org/10.3897/zookeys.802.28445>
- ZAMPAULO, ROBSON DE ALMEIDA. Diversidade de invertebrados cavernícolas na Província Espeleológica de Arcos, Pains e Doresópolis (MG): Subsídios para determinação de áreas prioritárias para conservação / Robson de Almeida Zampaulo. – Lavras: UFLA, 2010.