

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS - *CAMPUS BAMBUI*
MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA
AMBIENTAL

Giovana Batista Soares

**MÉTODOS DE CARACTERIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS PARA A CONSERVAÇÃO
DO MEIO BIÓTICO E ABIÓTICO DE CAVIDADES DA REGIÃO CÁRSTICA DE
PAINS – MG, POR MEIO DO TURISMO**

Bambuí – MG

2024

GIOVANA BATISTA SOARES

**MÉTODOS DE CARACTERIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS PARA A CONSERVAÇÃO
DO MEIO BIÓTICO E ABIÓTICO DE CAVIDADES DA REGIÃO CÁRSTICA DE
PAINS – MG, POR MEIO DO TURISMO**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) - Campus Bambuí, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, para obtenção do título de “Mestre”.

Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão Ambiental. Projeto Estruturante: Análise e Gestão da Paisagem V - Economia Ecológica
Orientador: Prof. Dr. Pedro Luiz Teixeira de Camargo
Coorientador: Dr. Marcos Santos Campello

Bambuí – MG

2024



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação
Seção de Pós-Graduação
Av. Professor Mário Werneck, 2590 - Bairro Barúti - CEP 30575-180 - Belo Horizonte - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

PARECER Nº 7

FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação de Mestrado, intitulada “**PLANO DE AÇÃO: RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA ELABORAÇÃO DE PLANO DE MANEJO ESPELEOLÓGICO COM ÊNFASE NO TURISMO NA REGIÃO CÁRSTICA DE PAINS – MG**”, de autoria da mestranda em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, **Giovana Batista Soares**, sob a orientação do prof. Dr. **Pedro Luiz Teixeira de Camargo** e como coorientador prof. Dr. **Marcos Santos Campello**, aprovada pela Banca Examinadora de Defesa, em 20/05/2024, com a média de 84,7 pontos.

Bambuí (MG), 20 de maio de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Pedro Luiz Teixeira de Camargo, Professor EBTT**, em 20/05/2024, às 17:33, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **FÁBIO LUIS BONDEZAN DA COSTA, Usuário Externo**, em 20/05/2024, às 19:37, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Marcos Campello registrado(a) civilmente como Marcos Santos Campello, Usuário Externo**, em 21/05/2024, às 07:45, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Ludimilla Portela Zambaldi Lima Suzuki, Professora**, em 21/05/2024, às 09:59, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Ariane Flávia do Nascimento, Professora**, em 22/05/2024, às 10:29, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **GIOVANA BATISTA SOARES, Usuário Externo**, em 23/05/2024, às 17:05, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

S676m Soares, Giovana Batista.
Métodos de caracterização dos atributos para a conservação do meio biótico e abiótico de cavidades da região cárstica de Pains – MG, por meio do turismo. / Giovana Batista Soares. – Bambuí, 2024.
119 f.: il.; color.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luiz Teixeira de Camargo.
Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2024.

1. Cavidades. 2. Pains-MG. 3. Turismo. I. Camargo, Pedro Luiz Teixeira de. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 580.7

Elaborada por Douglas Bernardes de Castro- CRB-6/2802

AGRADECIMENTOS

Mais uma etapa finalizada. Agradeço a Deus pela minha vida e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho. Expresso minha gratidão à minha família e ao meu namorado, que me incentivaram durante todo o processo.

Aos amigos, pelo apoio demonstrado ao longo do período do mestrado. Agradeço também ao Fábio Bondezan, que me incentivou a cursar a pós, e aos colegas de sala, em especial a Shirley Soares, com quem compartilhei muitas risadas.

Agradeço também a Juliana Magno, que me ajudou muito na reta final, a Mateus Vieira, que me auxiliou na elaboração dos mapas, à Mineração Timburé LTDA, Subterrânea Pesquisa Ambiental e MC Ambiental Ltda, empresas parceiras do projeto, e às professoras Ludimilla Portela e Ariane Flávia, que me deram suporte durante esses dois anos.

A todos que participaram, direta ou indiretamente, do desenvolvimento desta pesquisa, enriquecendo meu processo de aprendizado. Por fim, agradeço ao Dr. Pedro Luiz Teixeira de Camargo, meu orientador, e ao Dr. Marcos Santos Campello, meu coorientador, que tanto me ensinaram nestes dois anos, e ao IFMG Bambuí pela oportunidade e todo apoio durante esse trajeto.

RESUMO

A região cárstica de Pains-MG destaca-se pelas suas características geomorfológicas singulares e pela sua notável diversidade biológica. Especialmente pela quantidade de cavidades registradas no município que ele recebe o título de “Província Cárstica Arcos/Pains/Doresópolis”. Essas características distintivas tornam essencial a conservação local da biodiversidade e da geodiversidade, para prevenir e mitigar os impactos em áreas identificadas com alta vulnerabilidade, gerando consequências positivas tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade. Este estudo visa a elaboração de um plano de ação para as cavernas Tio Rafa I e Tio Rafa II localizadas em Pains-MG. O objetivo é estabelecer um manejo turístico sustentável desses locais em benefício das comunidades vizinhas, bem como criar uma cartilha para ser utilizada em atividades educacionais, com o intuito de divulgar a importância dos invertebrados cavernícolas. Para alcançar esse propósito, foram realizados levantamentos bioespeleológicos e caracterização do meio físico. Com base nesses dados, foram elaborados mapas com zoneamentos espeleológicos e diretrizes para a conservação, com ênfase no turismo. Os resultados desses esforços incluem dois mapas cartográficos detalhados, destacando diversas zonas de uso, incluindo zonas extensivas, de preservação, de uso restrito, temporariamente restritas e intensivas. Além disso, foram identificados pontos de importância para o meio físico e biótico, essenciais para a dinâmica ecológica e para serem apresentados durante visitas futuras. Através desse zoneamento, foi possível observar detalhes cruciais que exigem estudo e elaboração cuidadosa em relação ao turismo nas cavernas Tio Rafa I e II. Assim, foram estabelecidas as principais diretrizes para o plano de manejo desses locais. Por fim, a criação da cartilha contou com fotos retiradas da fauna das próprias cavidades e com uma linguagem simples e clara, acessível a qualquer pessoa interessada em compreender a riqueza dos invertebrados cavernícolas. Este estudo não apenas contribui para ampliar o conhecimento sobre a Província Cárstica de Arcos/Pains/Doresópolis, em Minas Gerais, mas também reforça a importância da conservação do patrimônio espeleológico e a utilização do turismo como ferramenta para disseminar informações sobre esse ambiente cavernícola, por meio da educação ambiental na região.

Palavras-chaves: Cavidades. Pains-MG. Turismo. Plano de manejo.

ABSTRACT

The karst region of Pains-MG stands out for its unique geomorphological characteristics and its remarkable biological diversity. Especially due to the number of cavities registered in the municipality, it receives the title of “Arcos/Pains/Doresópolis Karstic Province”. These distinctive characteristics make the local conservation of biodiversity and geodiversity essential to prevent and mitigate impacts in areas identified as highly vulnerable, generating positive consequences for both the environment and society. This study aims to develop an action plan for the Tio Rafa I and Tio Rafa II caves located in Pains-MG. The objective is to establish sustainable tourist management of these places for the benefit of neighboring communities, as well as to create a booklet to be used in educational activities, with the aim of publicizing the importance of cave invertebrates. To achieve this purpose, biospeleological surveys and characterization of the physical environment were carried out. Based on this data, maps were prepared with speleological zoning and guidelines for conservation, with an emphasis on tourism. The results of these efforts include two detailed cartographic maps highlighting various use zones, including extensive, preservation, restricted use, temporarily restricted, and intensive zones. Furthermore, points of importance for the physical and biotic environment were identified, essential for ecological dynamics and to be presented during future visits. Through this zoning, it was possible to observe crucial details that require careful study and elaboration in relation to tourism in the Tio Rafa I and II caves. Thus, the main guidelines for the management plan for these sites were established. Finally, the creation of the booklet included photos taken of the fauna of the caves themselves and a simple and clear language, accessible to anyone interested in understanding the richness of cave invertebrates. This study not only contributes to expanding knowledge about the Karstic Province of Arcos/Pains/Doresópolis, in Minas Gerais, but also reinforces the importance of conserving speleological heritage and the use of tourism as a tool to disseminate information about this cave environment, by through environmental education in the region.

Keywords: Cavities. Pains-MG. Tourism. Management plan.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Áreas e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade no estado de Minas Gerais (MG) | 14 |
| Figura 2 - Produção de calcário de cada estado do Brasil..... | 23 |
| Figura 3 - Exemplo de estalactite, localizado no município de Pains-MG | 27 |
| Figura 4 - Exemplo de estalagmite se aproximando de um estalactite, registrado no município de Pains-MG | 27 |
| Figura 5 - Exemplo de coluna, localizado no município de Pains- MG | 28 |
| Figura 6 - Exemplo de escorrimento calcítico, Pains-MG | 28 |
| Figura 7 - Exemplo de cortinas, registro de caverna do município de Pains- MG..... | 29 |
| Figura 8 - Exemplo de helictite, observada em caverna calcária da região de Pains-MG | 29 |
| Figura 9 - Exemplo de flores aragonita..... | 30 |
| Figura 10 - Esquema ilustrativo dos espeleotemas | 30 |
| Figura 11 - Um dos abrigos do conjunto arqueológico e espeleológico, Lapa Vermelha, Lagoa Santa (MG)..... | 34 |
| Figura 12 - Exemplo de área de extração de calcário no município de Pains, retirada do site da empresa Solo Fértil | 35 |
| Figura 13 - Esquema do processo de criação de uma RPPN..... | 37 |
| Figura 14 - Localização do município de Pains-MG | 39 |
| Figura 15 - Localização das cavidades | 41 |
| Figura 16 - Foto da entrada da cavidade Tio Rafa I | 41 |
| Figura 17 - Entrada da cavidade Tio Rafa II | 42 |
| Figura 18 - Modelo de ficha para anotação das espécies coletadas nas cavernas | 44 |
| Figura 19 - Equipamentos proteção individual..... | 45 |
| Figura 20 - Equipamentos usados na coleta (1: Lanterna de led, 2: pinça, 3: pincel e 4: tubo falcon) | 45 |
| Figura 21 - Fotos dos principais espeleotemas identificadas nas cavidades Tio Rafa I no município de Pains- MG | 49 |
| Figura 22 - Fotos dos principais espeleotemas identificadas na cavidade Tio Rafa II no município de Pains- MG | 50 |
| Figura 23 - Estromatólitos encontrados nas paredes das cavidades Tio Rafa I e II | 51 |
| Figura 24 - Fragmentos de cerâmicas | 52 |
| Figura 25 - Canais de drenagem das cavidades Tio Rafa I e Tio Rafa II | 53 |

| | |
|--|----|
| Figura 26 - Zona de preservação Tio Rafa I..... | 60 |
| Figura 27 - Zona de preservação Tio Rafa II | 60 |
| Figura 28 - Zona de uso restrito Tio Rafa I, a imagem de cima é o desnível e a de baixo o paleopiso..... | 61 |
| Figura 29 - Zona de uso restrito Tio Rafa II, indivíduo da espécie <i>Desmodus rotundus</i> na imagem a esquerda e a direita o guano na parede | 62 |
| Figura 30 - Fragmentos de cerâmica Tio Rafa I..... | 62 |
| Figura 31 - Fragmentos de cerâmica Tio Rafa II..... | 63 |
| Figura 32 - Zona intensiva Tio Rafa I..... | 63 |
| Figura 33 - Zona intensiva Tio Rafa II | 64 |
| Figura 34 - Zoneamento cavidade Tio Rafa I..... | 64 |
| Figura 35 - Conjunto de espeleotemas Tio Rafa I | 65 |
| Figura 36 - Paleopiso localizado ao lado da parede com estromatólitos. | 66 |
| Figura 37 - Parede onde se encontra os estromatólitos | 66 |
| Figura 38 - Desnível com blocos | 67 |
| Figura 39 - Imagem da região mediana onde possui um salão de teto..... | 67 |
| Figura 40 - Entrada ascendente e com blocos | 68 |
| Figura 41 - Conduto com estalactite | 68 |
| Figura 42 - Zoneamento cavidade Tio Rafa II | 69 |
| Figura 43 - Divisão da rocha calcítica e dolomítica | 70 |
| Figura 44 - Detalhe da divisão..... | 70 |
| Figura 45 - Canais de drenagem | 71 |
| Figura 46 - Espeleotemas na parede | 72 |
| Figura 47 - Raízes saindo do teto | 72 |
| Figura 48 - Ponto onde está localizado o guano | 73 |
| Figura 49 - Exemplo da espécie <i>Desmodus rotundus</i> (morcego-vampiro)..... | 73 |
| Figura 50 - Contorno das cavidades, vista superior..... | 74 |
| Figura 51 - Exemplo de placa para início da trilha..... | 77 |
| Figura 52 - Exemplos de sinalizações durante trilhas..... | 78 |
| Figura 53 - Sequência de dez fotos da cartilha pronta..... | 81 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Classificações e definições mais utilizadas para a fauna subterrânea | 25 |
| Quadro 2 - Listas dos especialistas responsáveis pela identificação dos invertebrados | 46 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Fauna de invertebrados encontrada na Tio Rafa I, Pains-MG | 54 |
| Tabela 2 - Fauna de invertebrados encontrada na Tio Rafa II, Pains-MG | 56 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 Justificativa | 17 |
| 1.2 Objetivo geral..... | 18 |
| 1.3 Objetivos específicos..... | 18 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 19 |
| 2.1 Legislação ambiental | 19 |
| 2.2 Patrimônio espeleológico - breve conceito | 20 |
| 2.3 História da espeleologia..... | 21 |
| 2.4 Características do meio biótico | 23 |
| 2.5 Características do meio físico | 26 |
| 2.6 Impactos nas cavidades | 32 |
| 2.7 Caracterização da região cárstica de Pains, MG | 34 |
| 2.8 Unidades de Conservação (UC) | 35 |
| 2.9 Plano de manejo | 37 |
| 3 ÁREA DE ESTUDO..... | 38 |
| 4 METODOLOGIA | 42 |
| 4.1 Aspectos do meio físico..... | 42 |
| 4.2 Levantamento bioespeleológico..... | 43 |
| 4.3 Zoneamento espeleológico | 47 |
| 4.4 Elaboração de diretrizes necessárias que antecedem a criação de um plano de manejo com cunho turístico na cavidade Tio Rafa I e Tio Rafa II | 47 |
| 4.5 Criação de uma cartilha informativa para ampliar os conhecimentos sobre os invertebrados do ambiente cavernícola..... | 48 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 48 |
| 5.1 Aspectos do meio físico..... | 48 |
| 5.2 Levantamento bioespeleológico..... | 53 |
| 5.3 Zoneamento espeleológico | 59 |
| 5.4 Princípios Fundamentais que antecedem a Elaboração de um Plano de Manejo com Enfoque Turístico nas Cavernas Tio Rafa I e Tio Rafa II | 75 |
| 5.4.1 Normas, placas, sinalizações..... | 75 |
| 5.4.2 Resgate arqueológico..... | 80 |

| | |
|--|-----|
| 5.5 Elaboração de uma cartilha educativa para aprofundar o conhecimento sobre os invertebrados em cavernas | 80 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 83 |
| REFERÊNCIAS | 85 |
| ANEXO A – Ficha de coleta | 99 |
| ANEXO B – Cartilha | 101 |
| ANEXO C – Contorno das Cavidades, vista superior | 111 |
| ANEXO D – PRODUTO TÉCNICO-TECNOLÓGICO: MAPAS DE ZONEAMENTO ESPELEOLÓGICO DAS CAVIDADES TIO RAFA I E II. | 112 |

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado mundialmente um país megadiverso, por ter os maiores índices de biodiversidade, além de incluir uma grande concentração de espécies endêmicas, integrando o grupo de 17 países com essa titulação (MITTERMEIER et al., 1997).

As espécies descritas podem atingir entre 15% a 20% das 1,5 milhões identificadas no planeta, dentre elas, a flora brasileira, que possui aproximadamente 46.975 espécies nativas, a fauna com 8.297 indivíduos compostos por: 775 espécies nativas de mamíferos, 1.825 aves, 1188 de anfíbios, 848 de répteis, além de 3661 espécies de peixes de água doce conforme Froese e Pauly (2024) (BFG, 2021; ABREU; CASALI et al., 2022; SEGALLA et al., 2021; GUEDES et al., 2023; PESSA, 2009).

Minas Gerais (MG) não seria diferente, pois possui características favoráveis como: ampla superfície, clima bem definido, relevo e recursos hídricos para desenvolvimento de uma cobertura vegetal rica, e está inserida em três grandes biomas: a Mata Atlântica, o Cerrado e a Caatinga, abrangendo uma variedade de paisagens (DRUMMOND et al., 2009). As espécies endêmicas são aquelas que possuem uma distribuição natural restrita a uma região específica. Por isso, é crucial que haja um foco especial na preservação dessas espécies em seus habitats naturais, como uma medida de conservação (OECO, 2015).

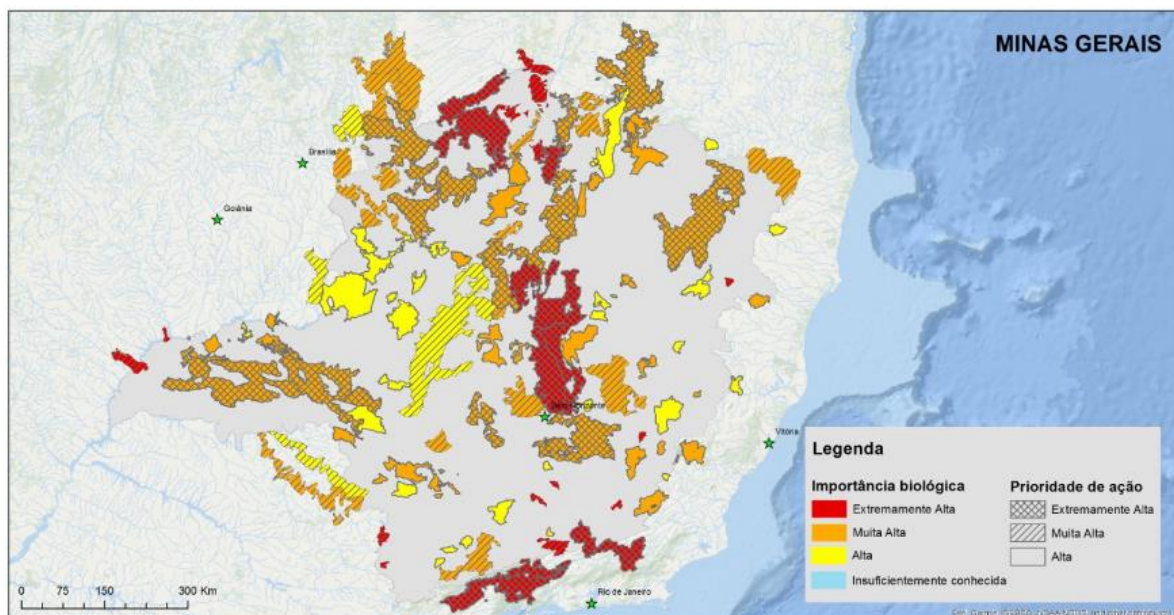
Contudo, essa riqueza da flora e da fauna e suas interações sofrem por transtornos ambientais em todas as interações ecológicas dos biomas brasileiros, por consequência de explorações desenfreadas e ocupação territorial desordenada (CHAVES, 2017). E tais pressões ambientais fornecem estrutura teórica para o desenvolvimento de estratégias que alertam e fomentam táticas ligadas a necessidade de conservação das espécies, como a lista vermelha, ferramenta que contém informações sobre espécies de animais e plantas que estão ameaçadas de extinção. No estado mineiro estão mais de 50% das espécies ameaçadas, e que ocorrem nos remanescentes da Mata Atlântica, bioma esse que compreendia 41% da superfície original e hoje resta apenas 4% (DRUMMOND et al., 2008).

Segundo o site do Instituto Estadual de Floresta (IEF), no Mapa de Biomas do Brasil, o domínio Cerrado ocupa cerca de 54% da extensão territorial de MG. Ele vem passando por transformações, perdendo espaço para atividades agropecuárias. Já o domínio Caatinga possui em torno de 6% do estado, embora apresente expressividade menor, abriga 5% das espécies da flora e aproximadamente 4% das espécies da fauna ameaçadas de extinção (IEF, 2023).

Conforme Guarlado (2023) O desmatamento no Cerrado ocorre principalmente na região do Matopiba, que o conjunto dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, uma das principais fronteiras agrícolas do Brasil. Em 2022, essa região foi responsável por 77,7% de todo o desmatamento no bioma, totalizando cerca de 512 mil hectares.

As consequências geradas pelo impacto nesses ecossistemas acarretaram uma ação pioneira no planejamento regional, onde o estado, em 1998, descreveu as prioridades para a conservação da biodiversidade no território mineiro, publicando o trabalho “Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua Conservação” (COSTA et al., 1998). Na figura 1 observam-se as áreas. Depois da publicação desse atlas em 1998, este estudo foi atualizado e detalhado. Conforme Drummond et al. (2009), Minas Gerais possui 56 áreas prioritárias para a conservação focadas nos invertebrados, identificadas em seus estudos, e dentro dessas áreas estão inseridas as cavernas da província cárstica Arcos/Pains/Doresópolis.

Figura 1 - Áreas e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade no estado de Minas Gerais (MG)



Fonte: MMA, 2018.

Legenda: Vermelho: extremamente alta, Laranja: muito alta, Amarelo: alta.

Segundo a mesma obra, a elaboração dos critérios se deu através das lacunas inventariais, na concentração de cavernas e onde há maior quantidade de espécies troglomórficas para a delimitação das áreas prioritárias para a investigação bioespeleológica, sendo setorizado em quatro regiões:

- a) duas compreendem a porção inicial e final do grande “corredor” carbonático que se inicia na área do circuito das grutas e estende-se até o Norte de Minas Gerais;
- b) em seguida cavernas ferruginosas e quartzíticas na parte Sul de Belo Horizonte, que se sobressai pela quantidade de espécies troglomórficas;
- c) e por fim, trata-se da província cárstica Arcos/Pains/Doresópolis, onde há o maior agrupamento de cavidades no território brasileiro (DRUMMOND et al., 2009; COSTA et al., 1998).

De acordo com Castro (1999), as principais consequências dos impactos ambientais dos invertebrados em Minas Gerais vêm da destruição dos habitats naturais da fauna. A presença de espécies endêmicas e raras é um dos maiores argumentos para criar Unidades de Conservação (UC) com enfoque na preservação dos invertebrados e do seu habitat.

O estado de Minas Gerais é pioneiro na criação de UC com o principal propósito da preservação dos invertebrados, como por exemplo a Estação Biológica de Tripuí localizada no município de Ouro Preto criada com o intuito de proteger o onicóforo *Macroperipatus acacioi* e o Refúgio de Vida Silvestre Libélula da Serra de São José, em Tiradentes, que tem o objetivo de amparar as cerca de 200 espécies de libélulas do local (MACHADO et al., 2021).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (Lei 9.985, 18 de julho de 2000) descreve as unidades de conservação como:

Art. 2º I - unidade de conservação: espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

A delimitação de regiões para a conservação da biodiversidade local é uma das melhores ferramentas que podem gerar ações e resultados positivos no meio ambiente e na sociedade (GATTI, 2020). Entretanto, o autor destaca que o processo por si só não produz resultados tão eficientes, pois o combate aos impactos ambientais pelas ações antrópicas encontra-se cada vez mais resistente.

Dentro deste contexto, o município de Pains-MG, está inserido em uma das áreas prioritárias para a conservação em razão da elevada concentração de cavidades presentes na região, além de estar localizada em uma das províncias cársticas mais ricas do Brasil, a área cárstica de Arcos, Pains e Doresópolis (DRUMMOND et al., 2009).

A região possui cerca de 2.570 cavidades naturais subterrâneas cadastradas, conforme o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE, 2021), e que passa pelo

emblemático impasse entre a preservação das cavidades e a exploração do calcário e dolomito pela atividade minerária, sendo a área mais ameaçada do estado (ZAMPAULO, 2010).

As cavidades de Pains-MG são alvo de pesquisa de vários cientistas e já foram publicados vários trabalhos em encontros, congressos e revistas, o que fez a região tornar-se destaque nacional (FRIGO; PIZARRO, 1998; PIZARRO et al., 2001; RIBEIRO; VILELA, 2009).

Ainda assim, são poucos os estudos comparados à dimensão da biodiversidade já encontrada. Há necessidade de mais pesquisas sobre o patrimônio espeleológico do Brasil, porém as dificuldades para isso são grandes, como a falta de especialistas na área, investimentos governamentais e recursos financeiros (FIGUEIREDO, 2009).

Perante a importância da região cárstica de Arcos, Pains e Doresópolis, este trabalho, com enfoque em duas cavidades naturais no município de Pains, visa propor a caracterização de atributos do meio físico e do meio biótico, com o intuito de conscientização sobre invertebrados cavernícolas e o geoturismo, sendo uma metodologia que poderá fazer parte de um futuro plano de manejo da área conservada. Por meio dos resultados que serão obtidos neste projeto, fortalecer-se-á a cultura da sustentabilidade e contemplar-se-ão algumas metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) de número 15, que foram criadas com o foco de promover ações para conservar o meio ambiente. As metas que serão contempladas são:

15. Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade:

15.1 Até 2020, assegurar a conservação, recuperação e uso sustentável de ecossistemas terrestres e de água doce interiores e seus serviços, em especial florestas, zonas úmidas, montanhas e terras áridas, em conformidade com as obrigações decorrentes dos acordos internacionais;

15.2 Até 2020, promover a implementação da gestão sustentável de todos os tipos de florestas, deter o desmatamento, restaurar florestas degradadas e aumentar substancialmente o florestamento e o reflorestamento globalmente;

15.4 Até 2030, assegurar a conservação dos ecossistemas de montanha, incluindo a sua biodiversidade, para melhorar a sua capacidade de proporcionar benefícios que são essenciais para o desenvolvimento sustentável;

15.5 Tomar medidas urgentes e significativas para reduzir a degradação de habitat naturais, deter a perda de biodiversidade e, até 2020, proteger e evitar a extinção de espécies ameaçadas (ONU, 2015, p.31).

1.1 Justificativa

Pains, município localizado no Centro-Oeste do estado de Minas Gerais (MG), é conhecido pelas inúmeras cavidades calcárias em seu território. Apresenta relevo cárstico caracterizado pela dissolução de rochas solúveis, como calcário e dolomito, resultando na formação de cavernas, abrigos, grutas, dolinas, sumidouros, ressurgências e demais feições que fazem o município se destacar pelo seu valor geológico e espeleológico (ICMBIO, 2018).

Embora a região possua um patrimônio espeleológico grandioso, caracterizado pela presença de diversas cavernas de valor ecológico e científico, enfrenta-se atualmente um desafio preocupante: a existência de áreas de conservação que garantam a preservação e integridade desse riquíssimo patrimônio natural. Essa lacuna na proteção ambiental da região revela que os instrumentos de proteção existentes são insuficientes para assegurar a manutenção a longo prazo desses recursos espeleológicos tão valiosos (IBAMA, 2015).

Com toda essa riqueza, a província cárstica de Pains/Arcos/Derosópolis está inserida em uma das áreas prioritárias para a proteção de invertebrados de MG. A região abriga espécies endêmicas que muitas vezes vivem diretamente nas cavidades de calcário para sua sobrevivência. A conservação desses animais é essencial para preservar a biodiversidade local e manter o equilíbrio do ecossistema (FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2019).

O município é banhado pelo rio São Miguel, que está localizado na margem direita da bacia do alto São Francisco e situado numa região cárstica. Desempenha um papel crucial na preservação do ecossistema local e é responsável pelo abastecimento de água aos habitantes. No entanto, esse importante recurso hídrico enfrenta impactos devido ao uso do solo desenfreado, que abrange campos de pastagens para pecuária, agricultura, ocupação urbana e mineração, poluindo a água e alterando os habitats aquáticos (ANA, 2022).

Tais ações, portanto, afetam o ecossistema cavernícola, a flora e a fauna ao seu redor. Esses efeitos podem levar à degradação do habitat, extinção da espécie e a perda irreparável do patrimônio espeleológico (MIRANDA, 2012). É importante salientar que a fauna cavernícola, a qual engloba vertebrados e invertebrados, possui uma diversidade enorme, em que algumas espécies são exclusivas desses locais.

No que tange às dinâmicas da paisagem e de seus integrantes, vale citar a relação deles com os serviços ecossistêmicos, os quais, desempenham funções importantes, como a ciclagem de nutrientes e a polinização de plantas. A fauna cavernícola pode ainda servir como indicadora da qualidade ambiental e da saúde dos ecossistemas cársticos (UNESCO, 2017).

Todos esses aspectos ressaltam a urgente necessidade de fornecer evidências e orientações para a ampliação de estratégias de conservação com foco nestes ecossistemas cavernícolas. Pois são áreas que têm como objetivo conservar a biodiversidade, garantindo o uso sustentável desses recursos, sendo esta a melhor forma de proteger o patrimônio espeleológico (ICMBIO, 2020). Cabe destacar, que o trabalho irá propor a metodologia para caracterização de atributos com intuito de conservar as cavidades com foco na conscientização sobre os invertebrados cavernícolas e no geoturismo que tem o intuito de aumentar o reconhecimento dos elementos inanimados e disseminando sobre a geodiversidade cavernícola do município.

1.2 Objetivo geral

Propor uma metodologia de conservação de duas cavidades da Província Cárstica Arcos/Pains/Doresópolis, nomeadas como Tio Rafa I e Tio Rafa II, localizadas no município de Pains, através da caracterização do meio físico e meio biótico e gerar dois mapas de zoneamento espeleológico para visitas turísticas direcionadas à biodiversidade de invertebrados e à formação geológica, além de ferramentas para divulgar a fauna cavernícola dessas cavernas em questão.

1.3 Objetivos específicos

- Identificar os invertebrados presentes em ambas as cavidades através do levantamento bioespeleológico.
- Descrever as formações do meio físico e pontos importantes do meio biótico através de visitas nas cavernas.
- Gerar mapas de zoneamento espeleológico para as cavidades Tio Rafa I e II para analisar os pontos de preservação, de fragilidade e qual a melhor forma de ter o cunho turístico com o mínimo impacto possível para o ambiente cavernícola.
- Sugerir diretrizes importantes para criar um plano de manejo detalhado com foco no ambiente cavernícola e na possível instalação de uma Unidade de Conservação que abranja as cavidades em questão.
- Esquematizar uma cartilha sobre os invertebrados encontrados nas cavidades, com o intuito de ser ferramenta educacional durante as visitas e assim destacar a importância da fauna cavernícola.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Legislação ambiental

A obra *Silent Spring* (Primavera Silenciosa) impulsionou a relevância da importância da preservação ambiental durante a metade do século XX, ao destacar a má utilização de produtos potencialmente tóxicos e suas consequências ao meio ambiente e a saúde humana (CARSON, 2002).

Em seguida a esta obra, merecem destaque marcos importantes para a conservação da fauna e flora como o decreto nº 58.054, de 23 de março de 1966, que “Promulga a Convenção para a proteção da flora, fauna e das belezas cênicas dos países da América” (BRASIL, 1966), a Lei de Proteção da Fauna nº 5.197, de 3 de janeiro de 1967 (BRASIL, 1967).

A Declaração de Estocolmo de 1972 começa a mostrar diretamente que o meio ambiente impactado afeta a qualidade da saúde humana, abordando ainda os direitos dos indivíduos em desfrutar das condições adequadas da vida através de um ecossistema conservado (BAHRENS, 1972).

O decreto nº 58.054 de 1966 e a declaração de Estocolmo em 1972 representam o início dos debates mundiais para solucionar os problemas ambientais causados pela ação antrópica, mostrando a importância do equilíbrio para o desenvolvimento sustentável.

Esses debates repercutiram em vários outros, como:

- a) o relatório Bruntland em 1987;
- b) a declaração do Rio de Janeiro de 1992 para promover o desenvolvimento sustentável; a Rio+10 em Johannesburgo de 2002;
- c) Rio+20 em 2012 na cidade de Rio de Janeiro; a aprovação em 2015 da Agenda 2030 e os 17 ODS;
- d) o acordo de Paris sobre mudança do clima em 2015, nomeado de Conferência das Partes 21 (COP 21) e deu continuidade nos anos seguintes a COP 22, COP 23, COP 24, COP 25, COP 26 e a última COP 27 que aconteceu no Egito onde foi abordado o agravamento dos efeitos das mudanças climáticas (BRUNTLAND, 1991; RAMID; RIBEIRO, 1992; SEQUINEL, 2002; ONU 2015; ONU, 2022).

Esses eventos foram importantes para a evolução das leis ambientais e geraram instrumentos relevantes que culminaram no processo de preservação e conscientização dentro do meio ambiente e no clima em todos os seus âmbitos, assegurando que os cidadãos, em todos os locais, sejam capazes de usufruir de um ambiente de qualidade e saudável.

Todavia, nesse processo evolutivo das normas ambientais, não estava disponível uma legislação específica para a área cárstica, o que era um grande problema. No ano de 1986 destacou-se a conservação do patrimônio espeleológico de forma mais abrangente e específica através da Resolução CONAMA Nº 009, de 24 de janeiro, a determinação de dez práticas essenciais para a proteção das regiões cársticas do Brasil, como:

- a) proteção ao bagre cego de Iporanga (*P. kronei*);
- b) obrigatoriedade de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) nos casos de empresas que tenham atividade com potencial danoso a todas as vertentes da espeleologia;
- c) realização de levantamentos espeleológicos na região de Carajás e em Altamira (Pará) para proteção das singulares cavidades de minério de ferro e arenito presente nas regiões em questão (ZAMPAULO; SIMÕES, 2022).

Assim, essa resolução acarretou práticas de conservação das espécies cavernícolas, ações para a proteção de algumas importantes cavidades e a exigência dos estudos de impacto ambiental antes de iniciar qualquer empreendimento, que tenham impactos significantes, nas cavernas e em seu entorno, consolidando regras e normas com o propósito de preservar os recursos naturais.

2.2 Patrimônio espeleológico - breve conceito

A palavra espeleologia origina-se do grego: spêlaion – caverna – e logos – estudo, o arqueólogo que levou o crédito pela criação do termo foi o francês Émile Rivière em 1890, que realizou grandes descobertas sobre a humanidade pré-histórica e sobre a arte parietal nas cavernas da França, sendo importante na criação da Sociedade Pré-Histórica Francesa (GOODRUM, 2015).

A União Internacional de Espeleologia – UIS definiu a palavra caverna como uma abertura natural formada em rocha abaixo da superfície do terreno, larga o suficiente para a entrada de um indivíduo (PILÓ; AULER, 2019). De acordo com o Decreto Federal nº 6.640, de 7/11/2008, no Art. 1º, parágrafo único:

Entende-se por cavidade natural subterrânea todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo

rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante.

2.3 História da espeleologia

Édouard Alfred Martel, nascido em 1859, foi o francês que recebeu a reputação de fundador da espeleologia moderna, ele que passou grande parte da sua vida se aventurando nos estudos de cavidades (FIGUEIREDO, 2010). Além do mais, Martel era bem versado em observações científicas, publicou diversos artigos e muitos livros, como: *Les Cévennes* (As cavernas), *Les Abîmes* (O abismo), *Explications sur Mammoth Cave* (Caverna do mamute), *Nouveau Traité des Eaux Souterraines* (Novo Tratado de Águas Subterrâneas), entre outras publicações (PILÓ; AULER, 2019).

De acordo com a descrição de Pilo e Auler (2019), Édouard Alfred Martel fundou em 1895 a Sociedade de Espeleologia, a qual em seguida se tornou a Federação Francesa de Espeleologia (FFS), possuía o intuito de conscientizar sobre a proteção das cavernas e instigar a pesquisa sobre a espeleologia, através de um boletim informativo nomeado de Spelunca, onde os trabalhos eram publicados.

Armand Viré (1869-1951) foi o primeiro pesquisador espeleólogo a adotar o termo bioespeleologia para os estudos da biologia subterrânea, inclusive um grande contribuinte foi Édouard Alfred Martel (pai da espeleologia) (ZAMPAULO; SIMÕES, 2022).

O dinamarquês Peter Wilhelm Lund (1801-1880) foi quem descreveu de forma detalhada sobre as cavernas do Brasil, além de ter elaborado conceitos sobre espeleogênese, formação de salitre, deposição de espeleotemas e cronologia dos sedimentos em grutas, considerado o pai da paleontologia brasileira pela sua descoberta no estado de Minas Gerais (MG) na região de Lagoa Santa de mais de 12 mil peças fósseis que permitiram escrever a história do período pleistoceno brasileiro em uma época sem muitas referências e recursos científicos (GLORIA et al., 2017).

No Brasil, começou a crescer o interesse pelas cavidades quando se iniciou a exploração mineral em busca de salitre, onde as cavernas de calcário da Bacia do rio São Francisco se destacaram por terem uma grande diversidade cavernícola (GOMES; PILO 1992).

Alexandre Rodrigues Ferreira (1756 - 1815) foi um dos pioneiros naturalistas da época, que em sua Viagem Philosophica descreveu cavernas na fronteira Oeste do país, e redigiu o primeiro mapeamento no território brasileiro, elaborado em 1790, na gruta da Onça, em Mato Grosso (AULER; ZOGBI, 2005).

Destaca-se também o surgimento da Sociedade Excursionista Espeleológica dos discentes da Escola de Minas de Ouro Preto – SEE, posteriormente com diversas permutas de informações, os alunos ouro-pretanos criam, no dia 12 de outubro de 1937, o primeiro grupo espeleológico das Américas (CRUZ; PILÓ, 2019).

A SEE, gerida pelo espeleólogo Victor Dequech (faleceu em 2011), executou de maneira intensa trabalhos na área da espeleologia como: mapeamentos, descrição de relatórios de cavernas brasileiras importantes para o patrimônio espeleológico, tornando-se uma das principais instituições competentes e atuantes no cenário espeleológico (CRUZ; PILÓ, 2019).

Conforme Cruz, Piló (2019) os primórdios da legislação em prol da proteção e conservação do ambiente cavernícola se deu através do Decreto Federal nº 99.556, de 1990, o qual deu o primeiro passo e definiu as diretrizes para a proteção e o manejo das cavernas brasileiras, como a exigência de elaboração de EIA/RIMA-Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental- em áreas que fossem atingidas por alguma atividade antrópica que ocorresse presença de cavidades ou que tivesse potencial espeleológico, assim avaliando os impactados e as medidas mitigadoras.

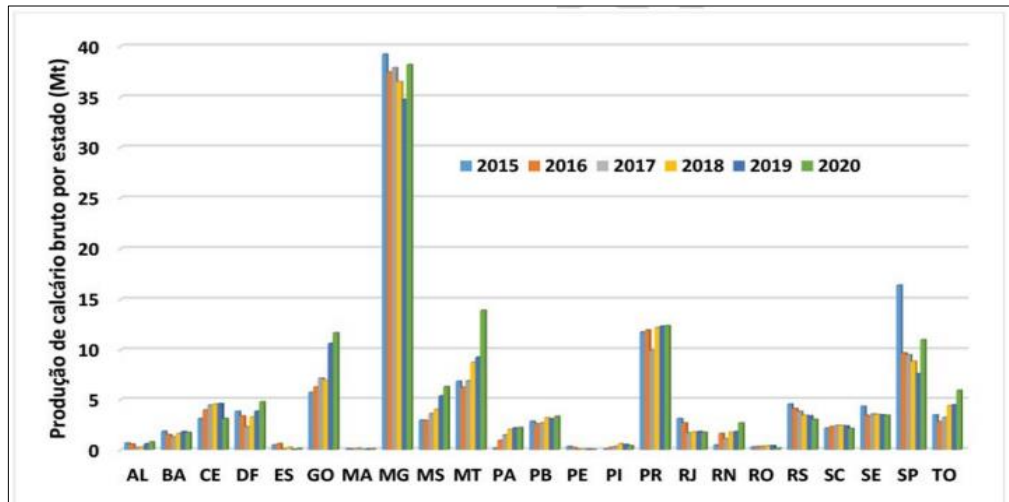
O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), em 1997, criou uma ramificação para auxiliar nas questões espeleológicas, que foi o Centro Nacional de Proteção, Manejo e Estudos de Cavernas – CECAV, que direcionaria a política de conservação, proteção e manejo das cavernas brasileiras, sendo hoje um Centro de Pesquisa e Conservação unido ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio.

Uma das ferramentas que alimenta o banco de dados do CECAV, são os grupos ou instituições de espeleologia que tem o intuito de disseminar a proteção e objetivo de conservação cavernícola, através de saídas de campo para prospectar novas cavidades e coletar os principais dados. Além desses, também há aqueles elaborados pelas empresas, que por lei precisam efetuar os estudos das áreas durante o processo de licenciamento ambiental, conforme foi instituído pela Resolução CONAMA Nº 347/2004, que acaba fomentando também as informações do CECAV.

Através dos dados obtidos pelo CECAV, das cerca de 17.000 cavidades localizadas no Brasil, só em MG se encontram 6.300 registradas, o que totaliza 39% ao nível brasileiro, seguido pelo Pará com cerca de 2.473 cadastradas, representando 15% do total, sendo estes os estados que possuem a maior quantidade de cavidades subterrâneas registradas (CECAV, 2017).

Minas Gerais também se destacou, conforme o Anuário Mineral Brasileiro - AMB (2022), na produção de calcário no setor mineral, com grande aumento de 2.015 até 2.020. Isso mostra que o estado é forte no mercado minerário e, por consequência, possui vasta exploração nessa litologia (Figura 2).

Figura 2 - Produção de calcário de cada estado do Brasil



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro (AMB), 2022.

Na Figura 02, observa-se que Minas Gerais é a maior produtora de calcário, contribuindo com 30% da produção nacional no ano de 2020, seguido por Mato Grosso, segundo maior produtor, com 11% da produção e em terceiro o Paraná com 10% (BRASIL, 2021).

Identifica-se que a produção está concentrada nos estados conhecidos por suas intensas atividades nos setores: produção agrícola, adubação química e mineração. No entanto ressalta-se que a exploração do calcário causa um grande impacto nas paisagens cársticas, como: impactos diretos e indiretos nas cavidades, modificação do entorno, alteração na hidrografia natural, mudanças profundas nos ecossistemas preexistentes e no substrato, no habitat natural, na sucessão natural, aumentando a emissão de poeira, poluição sonora e tráfego no entorno (PARISE, 2009; DARWISH et al., 2011).

2.4 Características do meio biótico

A primeira espécie de troglóbia descoberta no mundo foi uma salamandra cega, com características peculiares e próprias para o seu ciclo de vida em ambiente cavernícola, tendo sido descrita pelo médico Josephus Nicolaus Laurenti (1735 - 1805) em 1768 na França,

recebeu o nome científico *Proteus anguinus* e se tornou símbolo da biologia subterrânea mundial, sendo muito importante na pesquisa científica (TRAJANO; BICHUETTE, 2006).

Diversos estudos e descrições de espécies cavernícolas começaram a surgir. Outro animal inusitado muito importante na biologia subterrânea foi o *Steatornis caripensis*, uma ave descrita nas cavernas de Venezuela, que possuía a capacidade de ecolocalização e que confirmava a característica de hábitos noturnos, abrigo e se desenvolvendo em ambientes cavernícolas (ROJA et al., 2004).

No Brasil, a primeira divulgação de espécie provinda de cavernas relatada foi da classe das aves – *Scytalopus speluncae* (Ménétries, 1835) nome popular do tapaculo-preto, coletado em uma cavidade de São João del-Rei em Minas Gerais (RAPOSO et al., 2012).

Assim, a partir destas descobertas, as cavidades foram vistas de outra maneira, o que culminou na condecoração delas como bens da União e Patrimônio Cultural Brasileiro, de acordo com a Constituição Federal de 1988 e segundo o Decreto Federal 99.556 de 1990 (BRASIL, 1988; 1990).

De acordo com Poulson, White (1969), o ambiente cavernícola possui algumas singularidades, como: a sua alta estabilidade ambiental, a ausência de luz natural, umidade alta e a temperatura que, em áreas mais distantes da entrada é em geral constante e igual às médias anuais do ambiente externo.

Segundo Costa (2008, p. 40):

Essas peculiaridades do ambiente fazem com que esse local se torne especial para alguns grupos de seres vivos, que passaram então a viver em seu interior há milhares de anos e que, em alguns casos, já se encontram tão especializados que nem podem sair.

Holsinger, Culver (1988) classificaram os seres cavernícolas em três categorias:

- a) troglóxenos - são comuns em cavernas, mas retornam ao ambiente epígeo para completar o ciclo;
- b) troglófilos - podem completar seu ciclo dentro e/ou fora da cavidade;
- c) troglóbios - são seres restritos ao ambiente cavernícola. De acordo com Trajano (2000) os troglóbios mostram especializações de forma, fisiologia e comportamento, sob a condição de ausência permanente de luz natural.

Apesar de existirem diversas abordagens sobre a classificação (TRAJANO, 2017; TRAJANO, CARVALHO, 2017), há pesquisadores também que utilizam os conceitos usados por pesquisadores americanos (BARR, 1968), até mesmo na legislação espeleológica. Segundo

Sket (2008), são classificados em quatro categorias: troglóbias, troglófilas, troglógenas e acidentais, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Classificações e definições mais utilizadas para a fauna subterrânea

| | |
|-------------------|---|
| Troglóbio | Animais com o seu ciclo de vida completo no ambiente subterrâneo. |
| Troglófilo | Capazes de completar o seu ciclo de vida em ambiente cavernícola e/ou fora deste ambiente. |
| Troglógeno | Obrigatoriamente parte do ciclo de vida ocorre dentro da cavidade e a outra parte no ambiente epígeo. |
| Acidental | Adentram as cavidades, mas não apresentam nenhuma adaptação para a sua sobrevivência em ambiente hipógeo. |

Fonte: Zampaulo; Simões, 2022, adaptado pela autora, 2024.

Seres vivos absorvem um conjunto heterogêneo de recursos orgânicos ou inorgânicos em prol de energia para construção de moléculas e células que fazem parte de todo seu processo de desenvolvimento e para regulação de órgãos e sistemas. Na superfície, a irradiação solar compõe o início da produção de compostos orgânicos pelos organismos fotossintetizantes, autotróficos ou produtores primários (PHILLIPSON, 1969).

Uma das vertentes complexas da ecologia em ambientes subterrâneos é compreender o procedimento energético, que possui em pequena quantidade fontes de produtividade fotossintetizante (ZAMPAULO; SIMÕES, 2022).

Conforme Trajano (2000), o recurso para a fauna cavernícola é bem complexo, principalmente para aqueles que tem seu ciclo de vida restrito a cavidades. Os recursos podem adentrar às cavernas por meio dos seguintes aportes: água, vento, gravidade e por outros animais que frequentam em algum momento do seu ciclo o ambiente hipógeo.

Em estações secas, muitas das vezes a única fonte de recurso é o guano de morcegos ou outro animal voador que frequentam sempre ou parcialmente as cavidades (FERREIRA, 1998). Sobre o guano, segundo Ferreira, Martins (1999):

Os morcegos defecam na área abaixo do local em que a colônia se fixa, fornecendo assim o alimento de muitas outras espécies, mas essa deposição cessa se abandonarem esse ponto. O guano, por isso, é um recurso efêmero, colonizado no início da deposição por numerosos organismos de espécies pioneiras, que dão a partida para um processo de sucessão (FERREIRA, MARTINS, 1999, p.36).

Mediante os ecossistemas subterrâneos, os recursos orgânicos acessam às cavidades na forma de detritos e/ou matéria orgânica muitas das vezes. Estes detritos orgânicos são partes não vivas de animais ou vegetais em/ou processo de decomposição, como por exemplo: folhas, sementes, raízes, troncos, galhos, fezes, carcaças, no meio de outros (ZAMPAULO; SIMÕES, 2022).

2.5 Características do meio físico

A estruturação de um espeleotema é gerado pela dissolução de minerais e sua recristalização acerca de patamares inferiores em relação ao teto, paredes e piso das cavidades (RIOS, 2015).

O carbonato de cálcio é o mineral que recristaliza e constrói a calcita ou aragonita e quando ocorre magnésio dissolvido é formada a dolomita (REHME, 2008). Há também de espeleotemas formados por sulfato de cálcio (CaSO_4) hidratado e por carbonato básico de cobre ($\text{CH}_2\text{Cu}_2\text{O}_5$) (BRANCO, 2014).

Devido aos fatores que envolvem o processo da variável geológica, geomorfológica e climática dessas litologias, tornam-se favoráveis a formação de cavidades naturais no Brasil (AULER et al., 2001).

Segundo Branco (2014), no site do Serviço Geológico do Brasil, a diversidade dos espeleotemas, também chamados de depósitos químicos, envolve tempo, volume de água, velocidade que cai, altura do teto, temperatura entre outras. A seguir alguns espeleotemas mais comuns descritos segundo o mesmo autor:

1. Estalactites (stalassein no grego): é a definição de pingar, o gotejamento desloca do teto ao piso da cavidade pela gravidade e volume da gota, através de fendas ou alguma fissura do teto, assim dessa gota que contém água e carbonato de cálcio, esta evapora e fica somente o carbonato de cálcio precipitado normalmente sob a forma de calcita. Esse processo vai dando sequência ao longo do tempo até dar origem à estalactite (Figura 3).

Figura 3 - Exemplo de estalactite, localizado no município de Pains-MG



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2022.

2. Estalagmites: o mineral que ainda ficou na gota quando esta caiu no chão, vai acumulando ao longo do tempo, evaporando e precipitando, formando uma estrutura semelhante à estalactite, mas que cresce do piso por acumulação (Figura 4).

Figura 4 - Exemplo de estalagmite se aproximando de um estalactite, registrado no município de Pains-MG



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2022.

3. Colunas: originam-se pela conexão de uma estalactite com uma estalagmite (Figura 5).

Figura 5 - Exemplo de coluna, localizado no município de Pains- MG



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2021.

4. **Escorrimentos calcícticos:** na extensão das paredes nas cavidades podem surgir outros tipos de espeleotemas, como: órgãos, candelabros, pingentes, discos, folhas e cascatas (Figura 6).

Figura 6 - Exemplo de escorrimento calcítico, Pains-MG



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2022.

5. **Cortinas:** formada em tetos inclinados, onde a água escorre sempre pelo mesmo rumo, surgindo finas paredes onduladas, podendo chegar ao piso e se tornarem muito densas e firmes (Figura 7).

Figura 7 - Exemplo de cortinas, registro de caverna do município de Pains- MG



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2022.

6. Helictites e heligmites: são formações espiraladas que se originam dos tetos, paredes, piso ou mesmo sobre outras formações (Figura 8).

Figura 8 - Exemplo de helictite, observada em caverna calcária da região de Pains-MG



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2022.

7. Flores: formação que se irradiam em diversas direções, a contar de um ponto central. Podem ser esféricas como um dente de leão, ou formações semelhantes a cachos de flores ou flocos de algodão (Figura 9).

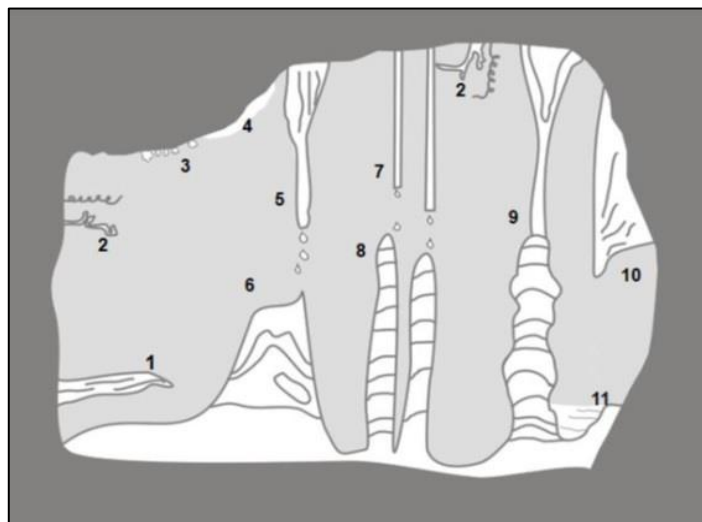
Figura 9 - Exemplo de flores aragonita



Fonte: GPME - Grupo Pierre Martin de Espeleologia.

A figura 10 traz um esquema ilustrativo, segundo Vasconcelos (2014), dos espeleotemas observados em cavidades subterrâneas: (1) paleopiso, (2) helectites, (3) coralóides, (4) escorrimento, (5) estalactite, (6) estalagmite, (7) estalactite tipo canudo, (8) estalagmite tipo vela, (9) coluna, (10) cortina, (11) represa de travertino.

Figura 10 - Esquema ilustrativo dos espeleotemas



Fonte: Vasconcelos, 2014.

A diversidade geológica consiste em vários ambientes, eventos, formas de relevo e processos que dão origem às rochas, minerais, fósseis, solos e outros sedimentos superficiais que sustentam a vida na terra (JORGE; GUERRA, 2016).

Sena (2015) pontuou que o termo consegue ser visto como um fragmento primordial dos sistemas térreos, passando a ser crucial na perspectiva da conservação dos

princípios associados a ele por possuir valor científico, cultural, estético, educacional e que constituem o patrimônio geológico. Estes valores lhe são impostos em razão do seu cargo econômico, ecossistêmico e cultural, em razão do que propicia e mantém as ligações sociais que ocorrem no espaço.

Conforme o Ruchkys (2009), a evolução do planeta é registrada por fósseis, minerais, relevo e as paisagens atuais:

Neste cenário de preocupação com a conservação dos testemunhos do passado, a Geologia tem ganhado novas áreas de atuação, entre as quais uma delas se refere ao reconhecimento de que o passado geológico impresso nos registros fósseis, nos minerais, no relevo e nas rochas constitui, além de um recurso econômico, um patrimônio que deve ser conservado. Dessa forma, a promoção e a conservação do patrimônio geológico entram no século XXI como um dos maiores desafios da comunidade de geociências (RUCHKYS, 2009, p. 36).

Na metade do século XX se iniciou a inclusão da conservação da geodiversidade nas políticas de proteção do Meio Ambiente (PEREIRA, 2010). Ademais, destaca-se que na atualidade as iniciativas para a geoconservação vem se realizando em todo o mundo e em âmbitos nacionais, neste último caso principalmente com projetos de difusão do patrimônio geológico para o público com pouca familiaridade (SENA, 2015).

Fatores dos avanços na pesquisa em relação a variedade de elementos abióticos da natureza são as propostas de inserções de geoparques brasileiros no *Global Geoparks Network* (GGN) sob os Auspícios da UNESCO, que conta como sugestão o Quadrilátero Ferrífero (MG), Bodoquena-Pantanal (MS), mas ainda não são Geoparques (SCHOBENHAUS; SILVA, 2012). O Brasil tem o reconhecimento de três Geoparques Mundiais: o Araripe (CE), Seridó Geoparque (RN), e Caminhos dos Cânions do Sul (localizado entre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina).

Contudo, para que a conservação obtenha sucesso, é crucial entender que conservar todo o conjunto é impossível, sendo primordial um diagnóstico das condições essenciais e pertinentes, sob o panorama dos valores científicos, educativos, turísticos, lazer e da proteção do patrimônio natural, formando ferramentas para incentivar e instigar a geoconservação, definindo quais elementos necessitam ser eixo das práticas de gestão e conservação (PEREIRA, 2010).

Segundo Sena (2015), o geoturismo pode ser observado entre os grupos de turismo que afetam os problemas ambientais. Esta abordagem enfoca o uso pelo visitante de elementos

inanimados da natureza como rochas, formas de relevo, cadáveres d'água, fósseis e solo, como parte do conceito de diversidade geológica.

Essa vertente do turismo pode contribuir para conservação dos elementos inanimados da natureza por meio de práticas educacionais e interpretativas. A conservação de elementos inanimados na natureza é conhecida como conservação geográfica. Envolve também a avaliação quantitativa e qualitativa de locais com valor turístico, científico, pedagógico e educacional (SENA, 2015).

Conforme Sena (2015), Minas Gerais se destaca por áreas que abrigam vestígios de momentos específicos da evolução geológica do continente e que são particularmente atrativas para a prática do turismo.

De acordo com Moreira (2009, p. 5), o geoturismo não pode ser encarado como uma forma de Ecoturismo, e sim como um novo segmento, que conta inclusive com a aprovação e incentivos por parte da UNESCO, sendo específico em seus potenciais e utilitários. Não obstante há uma semelhança entre as vertentes do turismo, se tornando uma ferramenta para assegurar a conservação e a sustentabilidade de cunho educacional voltada para a disseminação da educação ambiental (NASCIMENTO et al., 2007).

Contudo, essa prática não deve ser encarada somente como um setor do turismo de Meio Ambiente, mas como uma estratégia para potencializar e instigar a educação ambiental, por oferecer a interpretação da diversidade geológica para turistas e comunidades ao redor, o que descreve como as ações sustentáveis para almejar a geoconservação (BENTO; RODRIGUES, 2013).

2.6 Impactos nas cavidades

As cavidades com seus elementos como fauna, flora, rocha encaixante, espeleotemas, fósseis, depósitos clásticos, depósitos químicos entre outros são extremamente sensíveis e interligados com o ambiente epígeno, porém estão expostas às alterações ambientais, independente do seu tamanho, esses impactos geram ameaças à integridade dos ecossistemas cavernícolas.

Os impactos ambientais ocorrem desde o início das explorações das cavernas, com a retirada de salitre no século XVI, atividade antrópica que removeu diversos vestígios arqueológicos, paleontológicos e até a ecologia do ecossistema foi desequilibrada (AULER; ZOGBI, 2005).

Atualmente, existem impactos ambientais nos ecossistemas cavernícolas nas mais diversas formas, como: na água, mineração, obras de engenharia, visitas, atividades em cavernas conduzidas de forma inadequada e deposição de resíduos e poluentes domésticos, agrícolas e industriais (LINO, 2001; AULER; ZOGBI, 2005).

As consequências nas águas subterrâneas são principalmente: contaminação, alteração do nível freático e assoreamento de cavidades. A poluição é causada por pesticidas e fertilizantes que se infiltram no solo por gotejamento ou infiltração no lençol freático. Além disso, rios degradados são poluídos por compostos liberados pela indústria (DONATO; RIBEIRO, 2011).

Segundo Donato e Ribeiro (2011) o bombeamento excessivo pode fazer com que os rios sequem e/ou o solo afunde, tornando a terra incapaz de se sustentar sem a pressão da água abaixo.

Quanto ao assoreamento, pode ocorrer como resultado do desmatamento de áreas de mananciais, fazendo com que o solo desprotegido seja carregado pela corrente d'água e levado para cavernas, que podem ficar entupidas com argila e areia (LINO, 2001; AULER; ZOGBI, 2005), afetando os ecossistemas cavernícolas e atingindo significativamente os parâmetros físico-químicos e biológicos da qualidade da água para consumo humano (STREATER, 2010).

Vazamentos de esgotos, fossas e depósitos de animais mortos também podem levar à poluição da água, bem como mudanças de temperatura e turbidez, sendo comuns em áreas onde os rios passam por fazendas de alta densidade, como a cidade de Lagoa Santa, Minas Gerais (LINO, 2001).

Não se sabe o número exato das cavidades devastadas pela retirada do minério, mas um exemplo notável desse impacto é a Lapa Vermelha (Figura 11) de Lagoa Santa, em Minas Gerais, que possui grande importância arqueológica e foi destruída na década de 1970 (LINO, 2001; AULER; ZOGBI, 2005). Essas extrações não apenas destroem as cavidades, mas também descaracterizam toda a região cárstica e desequilibram ecologicamente o ambiente.

Como por exemplo essa atividade demanda quantidades consideráveis de água, diminuição do nível do lençol freático para a extração, há mudanças na pureza da água, na chegada da luz solar no interior do corpo hídrico, modificação do pH da água tornando-a mais ácida, vazamento de substâncias oleosas, gordurosas e metais pesados, diminuição do nível de oxigênio dissolvido nos ecossistemas aquáticos, acúmulo de sedimentos nos rios, contaminação do ar por partículas suspensas, e degradação de extensas áreas de ecossistemas naturais (PORTELLA, 2015).

Figura 11 - Um dos abrigos do conjunto arqueológico e espeleológico, Lapa Vermelha, Lagoa Santa (MG)



Fonte: Baeta et al., 2017.

2.7 Caracterização da região cárstica de Pains, MG

Localizada na porção sudoeste do Cráton do São Francisco e na unidade Depressão do Alto São Francisco (RADAMBRASIL, 1983), a região cárstica do município de Pains (MG) é caracterizada por extensos maciços calcários com escarpamentos e paredões marcados por lapiás e estruturas ruiformes, (FÉLIX, FREITAS JR., 2000). “A litologia é composta por seqüências metassedimentares clásticas e químicas do grupo Bambuí” (FREITAS, 2009).

A vegetação é caracterizada por ser de zona montano-campestre que abrange mais da metade do território mineiro, estando constituída por Cerradões, Cerrados, Carrascos e Campos, especialmente em terrenos calcários, como as matas locais (BARRETO, 1956). Conforme Timo (2019), a vegetação já foi bastante explorada por atividades de pecuária extensiva, cultivo de lavouras e extração do minério local, restando poucos remanescentes intactos das Matas Secas no local.

A flora nativa de Pains, revela uma considerável riqueza vegetal relacionada aos ambientes cársticos, reservatórios de diversidade vegetal, xérica e úmida que apresentam heterogeneidade florística (MELO, CARVALHO, 2008). Áreas florestadas e uma fitofisionomia saxícola mais aberta, bem como paisagem combinada com fatores locais, entre os quais o grau de exposição das rochas, fazem parte do que ali se observa.

A necessidade de implantar Unidades de Conservação (UC) nas áreas cársticas é cada vez maior, pois, a extração destas rochas pode ocasionar a completa destruição dos microambientes cársticos, como é possível observar na (Figura 12).

Figura 12 - Exemplo de área de extração de calcário no município de Pains, retirada do site da empresa Solo Fértil



Fonte: Solo Fértil, 2023.

Pains-MG possui rochas carbonáticas que estão inseridas em um relevo único chamado de Carste, no qual, pela sua geomorfologia e hidrologia se difere das paisagens dominantes. Este relevo está no extremo Sul do cráton de São Francisco, que faz parte da litosfera continental com grande estabilidade e resistência mecânica, ocorrendo principalmente nos estados da Bahia e Minas Gerais, onde está localizado o quadrilátero ferrífero e importantes jazidas minerais, como ouro, cobre e diamantes (ALMEIDA, 1977). A riqueza geológica e mineral de regiões como o Quadrilátero Ferrífero enfatiza a importância de considerar não apenas aspectos geológicos, mas também problemas ambientais globais.

2.8 Unidades de Conservação (UC)

Segundo Sorrentino et al., (2005) na conferência de Estocolmo de 1972, foi a primeira vez que se pensou no planeta como um todo, considerando as questões ambientais atingindo tanto os países desenvolvidos como aqueles em desenvolvimento. Este novo foco passa, também, a propor a reforma dos programas educacionais como estratégia para a prática do desenvolvimento sustentável. A necessidade de discutir os problemas ambientais com uma visão multidisciplinar é engrandecedora para educação e a formação do indivíduo, relacionada à dignidade e equidade (ALFREDO, 2003).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) é uma ferramenta que começou a potencializar o papel das unidades de conservação, no art. 2º da Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o SNUC e define Unidade de Conservação (UC) como:

Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”.

As unidades de conservação integrantes do SNUC dividem-se em dois grupos, com características específicas:

I - Unidades de Proteção Integral;

II - Unidades de Uso Sustentável.

§ 1º O objetivo básico das Unidades de Proteção Integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei.

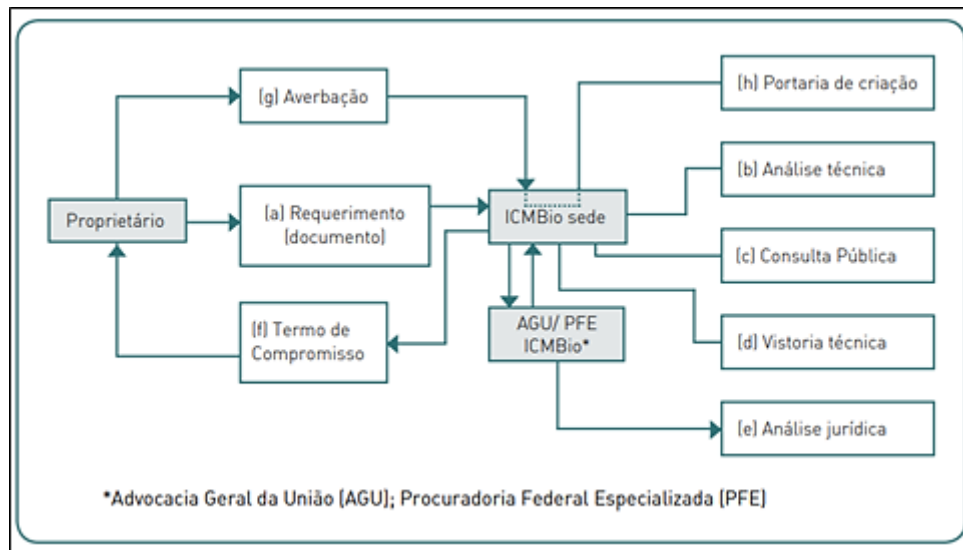
§ 2º O objetivo básico das Unidades de Uso Sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais.

De acordo com Brasil (2020), a Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN é uma categoria da unidade de conservação de uso sustentável de propriedade privada que tem o intuito de conservar a diversidade biológica. Possui vários aspectos importantes como:

- a) contribuir para a ampliação das áreas protegidas no país;
- b) apresentar índices altamente positivos para a conservação, principalmente se considerada a relação custo e benefício;
- c) serem facilmente criadas, em relação às outras categorias de UC;
- d) possibilitar a participação da iniciativa privada no esforço nacional de conservação;
- e) contribuir para a proteção da biodiversidade dos biomas brasileiros.

Além de ser a categoria de Unidade de Conservação (UC) que se destaca no estado de Minas Gerais, as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) são proeminentes. Este estado brasileiro detém o maior número de RPPNs, totalizando 286 reservas (IEF, 2024). Essa forma de unidade de conservação é amplamente utilizada em compensação ambiental, pois não requer estudos preliminares para sua criação, o que elimina a necessidade de investimento financeiro significativo, além de facilitar o processo de obtenção das documentações necessárias, como observa-se na figura 13.

Figura 13 - Esquema do processo de criação de uma RPPN



Fonte: ICMBio, 2011, p.19.

2.9 Plano de manejo

Conforme Barros, Leuzinger (2018), a iniciativa de desenvolver o primeiro plano de manejo nacional se deu em 1978, pouco antes da promulgação do Decreto 84.017/1979, visando inicialmente três parques nacionais: Parque Nacional das Sete Cidades, Parque Nacional da Amazônia e Parque Nacional de Brasília. Na época, o órgão gestor do parque nacional, o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), não dispunha de corpo técnico suficiente para realizar o serviço, nem recursos para contratar terceiros para fazê-lo.

A alternativa encontrada foi um convênio entre o IBDF e a Fundação Brasileira de Conservação da Natureza (FBCN), que financiava a contratação de técnicos nacionais e estrangeiros para a elaboração de planos de manejo (LIRA, 2015). Assim, com a promulgação de lei específica, o Plano de Manejo se consolidou como o principal documento técnico relevante para todas as categorias de UC do SNUC.

Segundo a lei 9.985, de 18 de julho de 2000, no art. 2º, XVII:

Plano de manejo: documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade.

O Plano de Manejo significa a elaboração e compreensão de todas as ações necessárias para o manejo e uso sustentável dos recursos naturais em qualquer atividade dentro

de uma área e seu entorno, de modo a conciliar, de forma adequada e em locais apropriados, os diversos tipos de usos com a conservação da biodiversidade (BIOSFERA, 2022).

O processo de construção desse documento é contínuo de consulta e tomada de decisão a partir do entendimento dos aspectos ambientais, socioeconômicos, históricos e culturais que caracterizam uma área e a região onde ela está inserida (PAJEWSKI, 2018). O desenvolvimento do planejamento e dos produtos desta ferramenta é visto internacionalmente como instrumentos essenciais para a gestão de unidades de conservação (THOMAS; MIDDLETON, 2003).

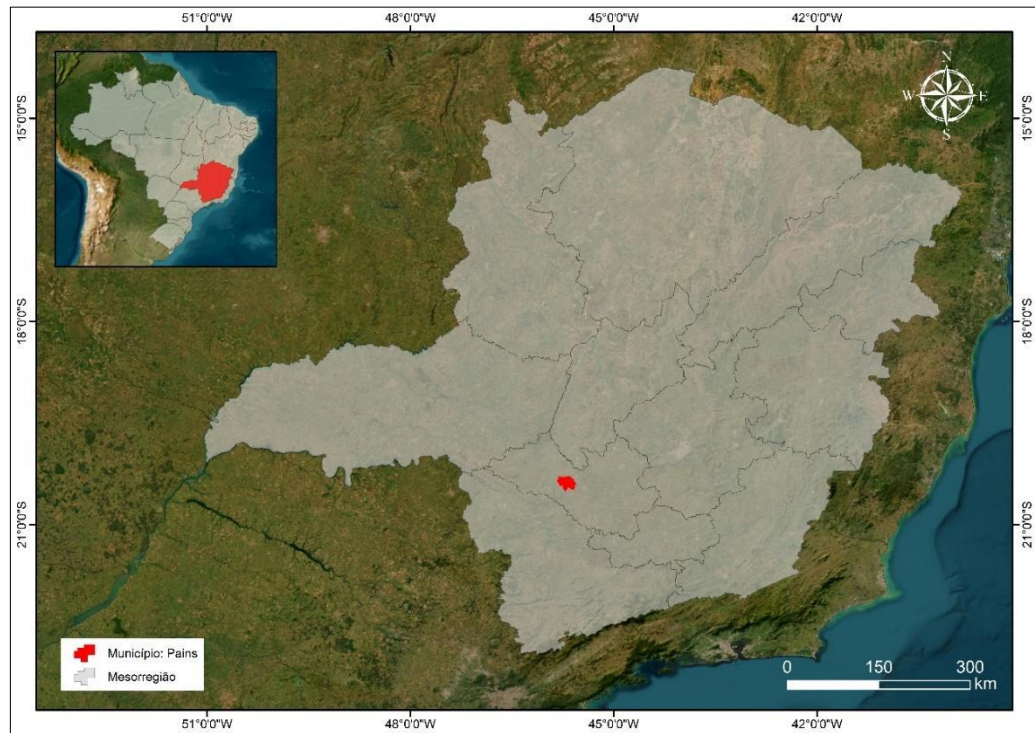
O ideal do documento técnico é ser elaborado sob uma abordagem multidisciplinar, mas cada estudo é específico e tem suas peculiaridades. No decorrer do processo, devem ser analisadas informações de todos os aspectos, de interesse da unidade de conservação e as relações entre eles (BARROS; LEUZINGER, 2018).

Para essa parte do documento ser eficaz é importante ter a avaliação da biodiversidade da unidade de conservação de forma a guiar a gestão das áreas protegidas, como: ter o conhecimento da riqueza biológica; identificar as possíveis ameaças; constituindo metas de conservação; obter um planejamento de ações gerenciais; monitorar e avaliar de forma constante e conscientizar sobre a importância da preservação da biodiversidade.

3 ÁREA DE ESTUDO

Pains é um município localizado na região Centro-Oeste de Minas Gerais, com uma população residente de 8.142 pessoas, conforme o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2022). A cidade possui uma área territorial de 421,862 km² e, segundo o IBGE (2022), é cortada pela rodovia MG-050, que liga Belo Horizonte a São Paulo (Figura 14). Situado a 728 metros de altitude, o local tem as seguintes coordenadas geográficas: UTM, 23K (7.748.320N, 429.500E) e (7.744.000N, 429.500E) (FREITAS, 2009).

Figura 14 - Localização do município de Pains-MG



Fonte: VIEIRA, 2023; IBGE, 2023.

Sua emancipação política se deu em 31 de dezembro de 1943, pelo decreto-lei número 1.058, com a sua elevação à categoria de município (IBGE, 2023). Conhecida por suas belezas naturais, como as cachoeiras, rios, cavernas, e por sua rica cultura, manifestada em festas, folclores e tradições, o local é um importante destino turístico do Centro-Oeste mineiro.

O município de Pains representa a região com maior concentração de cavidades da América do Sul, abrangendo uma quantidade expressiva de espécies troglóbias. No entanto, há um déficit no quesito de disseminação científica, com poucas publicações nessa região. Atualmente, são 35 artigos, sendo 24 deles sobre a descrição de novas espécies e 11 que abordam a ecologia de invertebrados, tanto terrestres quanto aquáticos; dois desses também abrangendo peixes (PILÓ; CRUZ, 2022).

Na categoria descrição de espécies, somente 23 espécies cavernícolas da região foram catalogadas, dentre elas cinco são espécies troglóbias, sendo vulneráveis a processos de extinção devido às suas baixas densidades populacionais (características únicas) e à sua limitada área de distribuição (espécies endêmicas) (CULVER; SKET, 2000).

A região tem uma série de pontos históricos que está associada ao intenso uso e ocupação do solo, resultando na substituição das matas nativas por áreas de cultivo, agropecuária, silvicultura e, mais recentemente, por atividades minerárias.

Durante o período colonial, foram estabelecidas grandes fazendas na cidade, onde aumentou o processo de substituição das áreas naturais por pastagens e áreas de cultivo. Também foram construídas fazendas conhecidas como "Engenhos de Serra", equipadas com engenhos hidráulicos responsáveis pelo processamento em larga escala da madeira da região (HENRIQUES, 2006).

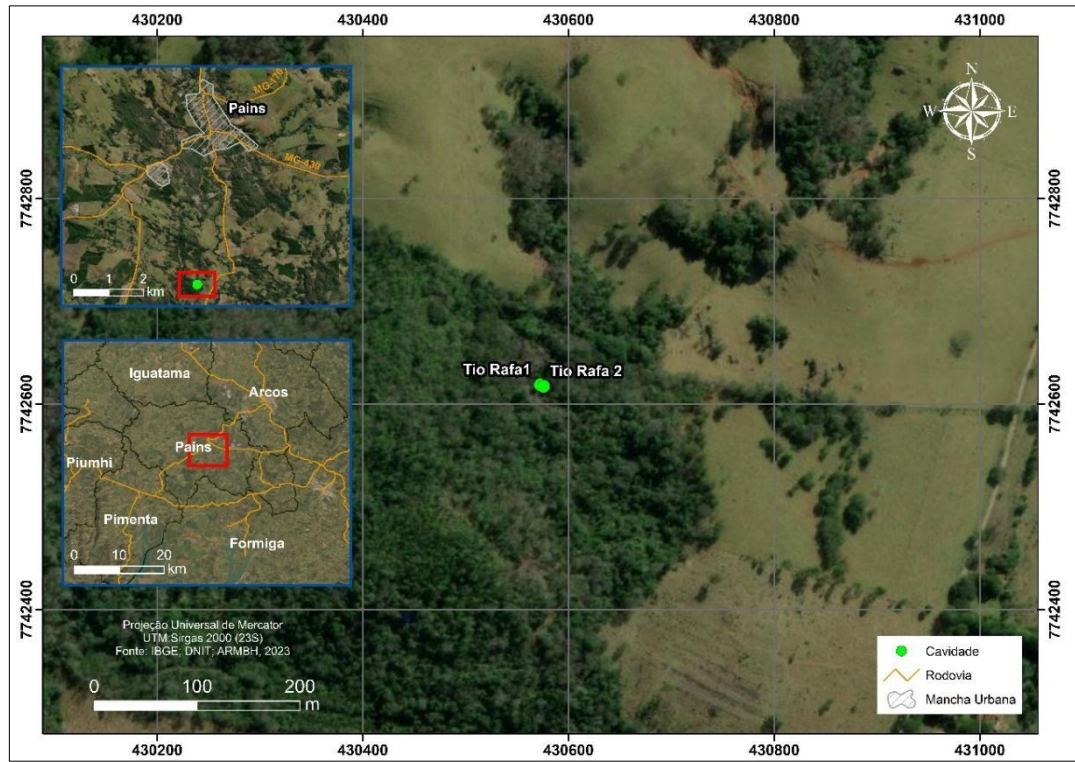
Na década de 1960 que se teve o ápice nos investimentos na indústria mineradora, com as primeiras instalações de calcinação em grande escala implantadas no município vizinho de Pains, Arcos (CHEREM; MAGALHÃES, 2007). Junto à atividade mineradora, o cultivo de eucaliptos na região para alimentar os fornos de calcinação, tornaram a mineração e o beneficiamento do calcário as atividades econômicas centrais da área.

Segundo Pilo e Cruz (2022) essa extração alterou rapidamente a paisagem local com consequências ambientais praticamente irreversíveis, suprimindo as cavidades naturais da região. A região cárstica de Pains está imersa em um dos principais conflitos do Brasil, que envolve a preservação do patrimônio espeleológico versus as consequências ambientais oriundas da mineração. A cidade ostenta o título de "capital mundial do calcário", sendo o município com o maior registro de impactos ambientais por conta disso, o que cria uma situação alarmante (ESTILLAC; RODRIGUES, 2022).

Devido a este histórico, análises nas grutas deste município se tornam fundamentais, como é o caso deste trabalho, onde são estudadas duas cavidades da região cárstica do local, popularmente conhecida como Tio Rafa I (coordenadas: UTM: 0430579 - 7745626) e Tio Rafa II (coordenadas: UTM: 0430591 - 7742623) (Figuras 15, 16 e 17).

Essas duas cavernas (Figura 15) são alvos de variadas pesquisas na região, e em dois trabalhos estão com nomenclatura diferentes, Zampaulo (2010) cita os seus nomes como Gruta Tio Rafa I e Gruta Tio Rafa II. Já Timo (2019) relata que ambas estão registradas como WO46 pelo Projeto Arcos Pains Espeleologia (PROAPE) (SEE, 2012), mas em seu trabalho ela nomeia as cavernas como Gruta vizinha (Tio Rafa I – Figura 16) e Gruta Tio Rafa (Tio Rafa II – Figura 17) (TIMO, 2019, p.158). Neste estudo, para melhor entendimento e facilidade, serão usados os seus nomes populares.

Figura 15 - Localização das cavidades



Fonte: VIEIRA, 2023.

Figura 16 - Foto da entrada da cavidade Tio Rafa I



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2022.

Figura 17 - Entrada da cavidade Tio Rafa II



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2022.

4 METODOLOGIA

Para melhor compreensão da metodologia utilizada na proposta metodológica do presente projeto, optou-se por sua divisão nas seguintes etapas:

1. Caracterizar os aspectos do meio físico das duas cavidades;
2. Identificar os invertebrados existentes em cada caverna através do levantamento bioespeleológico;
3. Através das análises do meio físico e biótico elaborar os mapas com os zoneamentos espeleológicos de ambas;
4. Apresentar os princípios fundamentais que antecedem a criação de um Plano de Manejo com enfoque turístico nas cavernas Tio Rafa I e Tio Rafa II;
5. Elaborar de uma cartilha educativa para aprofundar o conhecimento sobre os invertebrados em cavernas.

4.1 Aspectos do meio físico

Os trabalhos de campo foram executados nas duas cavidades do município de Pains - MG. O período de realização das atividades foi dividido em três fases, sendo a primeira desenvolvida no período entre 09 e 10 de dezembro de 2022, e a segunda entre 22 e 23 de dezembro de 2023 e terceira 23 e 24 de março de 2024, totalizando seis dias de trabalho de

campo para o levantamento bioespeleológico, registro fotográfico e a caracterização das feições das cavernas.

As atividades de campo foram desenvolvidas por meio de equipes multidisciplinares, compostas por biólogos, geólogos e espeleólogos, de forma a identificar os diversos aspectos relevantes. Tendo como referência o trabalho “Proposta de metodologia de levantamento espeleológico para planos de manejo em Unidades de Conservação da natureza” (LOBO et al,2007), todos os aspectos geomorfológicos foram observados, registrados (conforme os pontos que estão nas plantas baixas das cavidades) e fotografados, a fim de melhor caracterização das estruturas e espeleotemas da cavidade.

4.2 Levantamento bioespeleológico

Segundo o roteiro metodológico para elaboração e revisão de planos de manejo das unidades de conservação federais do ICMBio (2018): “O conteúdo da caracterização e dividido em duas partes: (1) caracterização dos aspectos biológicos, físicos e sociais e (2) resumos de gestão” (ICMBIO, 2018. p.65). O presente trabalho enfoca a caracterização do aspecto biológico nos invertebrados das duas cavidades, através do levantamento bioespeleológico.

Para a coleta, é importante o preenchimento de uma ficha, com intuito de registrar, contendo os seguintes dados (Figura 18):

- a) cabeçalho com data, nome do coletor, campanha e nome da localização;
- b) nome da cavidade, coordenadas, conservação do entorno e da cavidade;
- c) descrição geral da cavidade (piso, umidade, aporte de recurso e interação ecológica);
- d) descrição das espécies coletadas, quantidade visualizada e coletada, a zonação onde o exemplar foi avistado e por fim uma parte de observação (caso necessário).

Figura 19 - Equipamentos proteção individual



Fonte: Martinho, 2020.

Figura 20 - Equipamentos usados na coleta (1: Lanterna de led, 2: pinça, 3: pincel e 4: tubo falcon)



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2022.

Um recipiente com álcool 70% também é um dos materiais utilizados na coleta, pois os organismos coletados de cada cavidade são fixados nele. Já no laboratório, os exemplares coletados são separados por morfoespécies e depois encaminhados para especialistas (FERREIRA et al. 2016).

Durante a busca ativa, na coleta, há elementos importantes que deverão ser observados e realizados seus respectivos registros quando encontrados no ambiente hipógeo. Dentre estes elementos destacamos: acúmulo de matéria orgânica, coleções de água, depósitos de sedimento, raízes, blocos, paredes, fissuras e teto, além dos vestígios de outros animais, como: fezes, pegadas, ossadas, ninhos, penas, casulos, ootecas, exúvias, conchas e bolotas de regurgitação. Estes elementos auxiliam na descrição da dinâmica ecológica dos recursos tróficos do local, com todas as anotações é feita a descrição dos recursos das duas cavidades, mostrando a importância dessas para os organismos do ambiente hipógeno.

No ato da coleta de algumas espécies torna-se possível observar características dos organismos com prováveis troglomorfismos¹, sendo separados por características morfológicas, fisiológicas e ecológicas. Uma vez que essas espécies desenvolveram tais mecanismos de vida para se adaptarem em ambientes afóticos, como por exemplo redução de estruturas oculares, falta de pigmentação, entre outros (OLIVEIRA, 2014).

Após a coleta dos exemplares é realizada uma triagem objetivando identificar os organismos coletados até o menor nível taxonômico possível, sendo que parte do material é enviado para especialistas, quando existentes, para refinamento taxonômico. As amostras foram enviadas para especialistas (Quadro 2), com o intuito de refinamento taxonômico e verificar alguns dos atributos descritos na legislação, como raridade, endemismos, status evolutivo, dentre outros.

Quadro 2 - Listas dos especialistas responsáveis pela identificação dos invertebrados

| Grupo | Especialista | Instituição |
|--------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Anura | M. Sc. Adriano Marques | Consultor Independente |
| Acari | Dr. Leopoldo Bernardi | Univ. Federal de Lavras (UFLA) |
| Araneae | Dr. Antônio D. Brescovit | Instituto Butantan |
| Chiroptera | M. Sc. Michael Bruno | Consultora independente |
| Diptera | M. Sc. Renato Nogueira | Consultor independente |
| Colembolla | Dr. Douglas Zepellini | Univ. Estadual da Paraíba (UEPB) |
| Coleoptera | Dr. Sérgio Alóquio | Univ. Federal de Viçosa (UFV) |
| Isopoda | Dra. Giovanna Monticelli Cardoso | Univ. Federal de Lavras (UFLA) |
| Opiliones | Dr. Adriano B. Kury | Museu Nacional do Rio de Janeiro |
| Scorpiones | Dr. Jonas Gallão | Univ. Federal De São Carlos (UFSCar) |

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

¹ É o conjunto de adaptações morfológicas, fisiológicas e ecológicas que animais foram selecionados para melhor se adaptarem (RIZZATO,2014).

4.3 Zoneamento espeleológico

Segunda a Resolução nº 347, de 10 de setembro de 2004, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2004). Em seu artigo 2º, inciso VI, a Resolução estabelece as seguintes definições:

Zoneamento espeleológico: definição de setores ou zonas em uma cavidade natural subterrânea, com objetivos de manejo e normas específicos, com o propósito de proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos do manejo sejam atingidos.

É um instrumento de ordenamento do território que sintetiza os resultados obtidos nas etapas de mapeamento e avaliação da infraestrutura existente nas cavidades, propondo áreas para diferentes usos em função dos objetivos específicos a atingir. Este zoneamento espeleológico é de caráter preliminar e deve ser aprimorado através do manejo adaptativo proposto no plano de manejo (CRUZ; PILÓ, 2019).

Com essa finalidade, foi elaborado um mapa para cada cavidade, com a divisão em diferentes zonas: a zona de uso extensivo, destinada a traçar percursos de menor impacto para os visitantes dentro da caverna; a zona de preservação, voltada para áreas frágeis tanto do ponto de vista biótico quanto físico; a zona de uso restrito, abrangendo áreas consideradas perigosas para visitantes leigos, pois demandam um maior nível de experiência com ambientes cavernícolas; a zona intensiva, compreendendo áreas com maior fluxo de pessoas por períodos prolongados; e a zona restrita temporária, reservada para locais que exigirão resgate antes da visita.

4.4 Elaboração de diretrizes necessárias que antecedem a criação de um plano de manejo com cunho turístico na cavidade Tio Rafa I e Tio Rafa II

Essas diretrizes foram realizadas de acordo com os resultados das caracterizações e através de revisão bibliográfica dos seguintes documentos: o plano de manejo da Gruta Rei do Mato (IEF, 2012), a fim de minimizar os impactos da visita, às recomendações do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) sobre as limitações de áreas e o manejo relacionado à gestão do fluxo de visita (CECAV, 2008), utilizou-se também as 'Diretrizes para Visita em Unidades de Conservação' (MMA, 2006). A lei do SNUC (2000) estabelece normas que devem ser aplicadas para o manejo e uso de recursos naturais (BRASIL,

2000), o Planos de Manejo Espeleológico: diretrizes e orientações técnicas (ICMBio; CECAV, 2022) e Manual de Sinalização de Trilhas (MMA; ICMBio, 2023).

4.5 Criação de uma cartilha informativa para ampliar os conhecimentos sobre os invertebrados do ambiente cavernícola

A intenção da cartilha é despertar o interesse pelos invertebrados cavernícolas, fauna foco deste projeto, devido à diversidade de espécies desses animais que compõem a Tio Rafa I e Tio Rafa II e à importância destes para a dinâmica ecológicas nas cavidades.

Esta representará uma ferramenta para educação ambiental, que poderá ser amplamente utilizada na disseminação de conhecimento e na melhoria da qualidade do ensino-aprendizagem do tema abordado, promovendo a conscientização para uma utilização responsável do ambiente cavernícola e a disseminação do conhecimento sobre a biota das cavidades (FERREIRA et al., 2008). Foi desenvolvida com base nos resultados das espécies encontradas por meio da coleta bioespeleológica nas grutas Tio Rafa I e II.

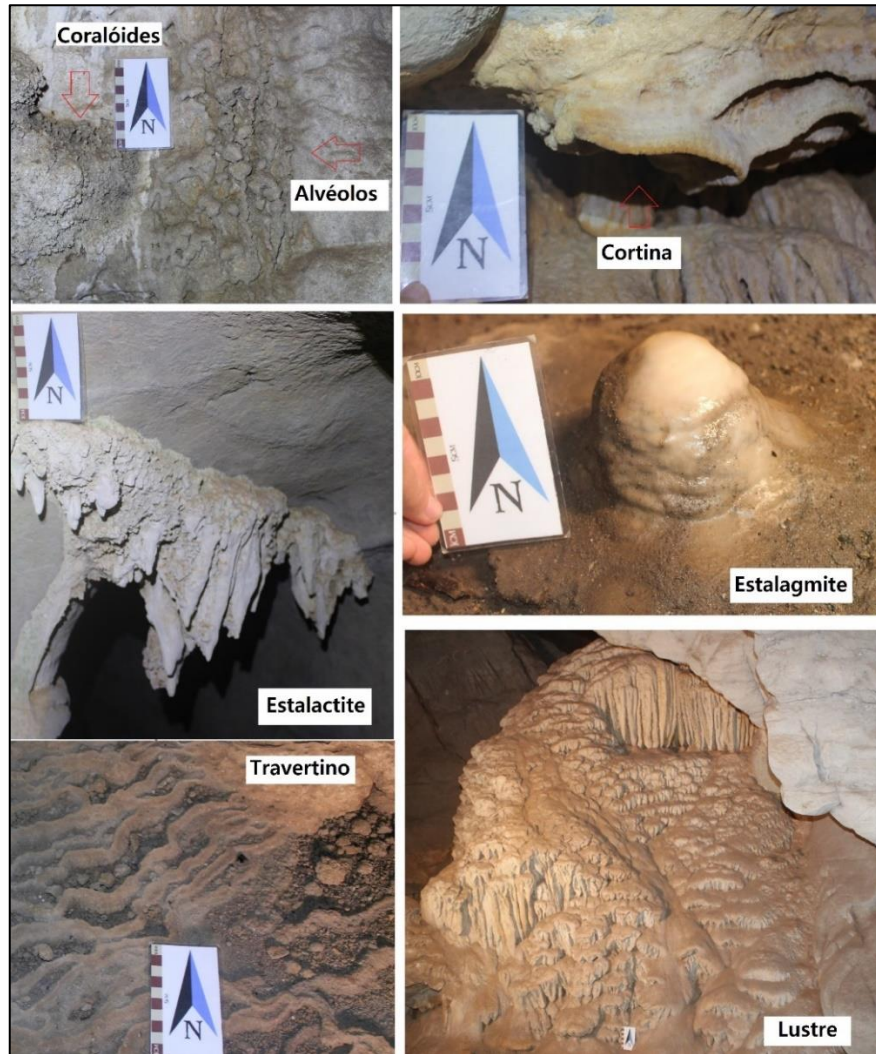
A criação da cartilha e a edição das fotos necessitou de uma série de etapas e ferramentas especializadas para garantir que os resultados sejam de qualidade e que possa transferir de forma clara o conteúdo. Para isso, foram utilizados dois programas: Canva[®], que é uma plataforma online de design gráfico que oferece diversos recursos para a criação de materiais visuais de forma ágil e baixo custo, e o Photoshop[®], ferramenta de edição de imagens que fornece um controle sobre todo processamento de aprimoramento das fotos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Aspectos do meio físico

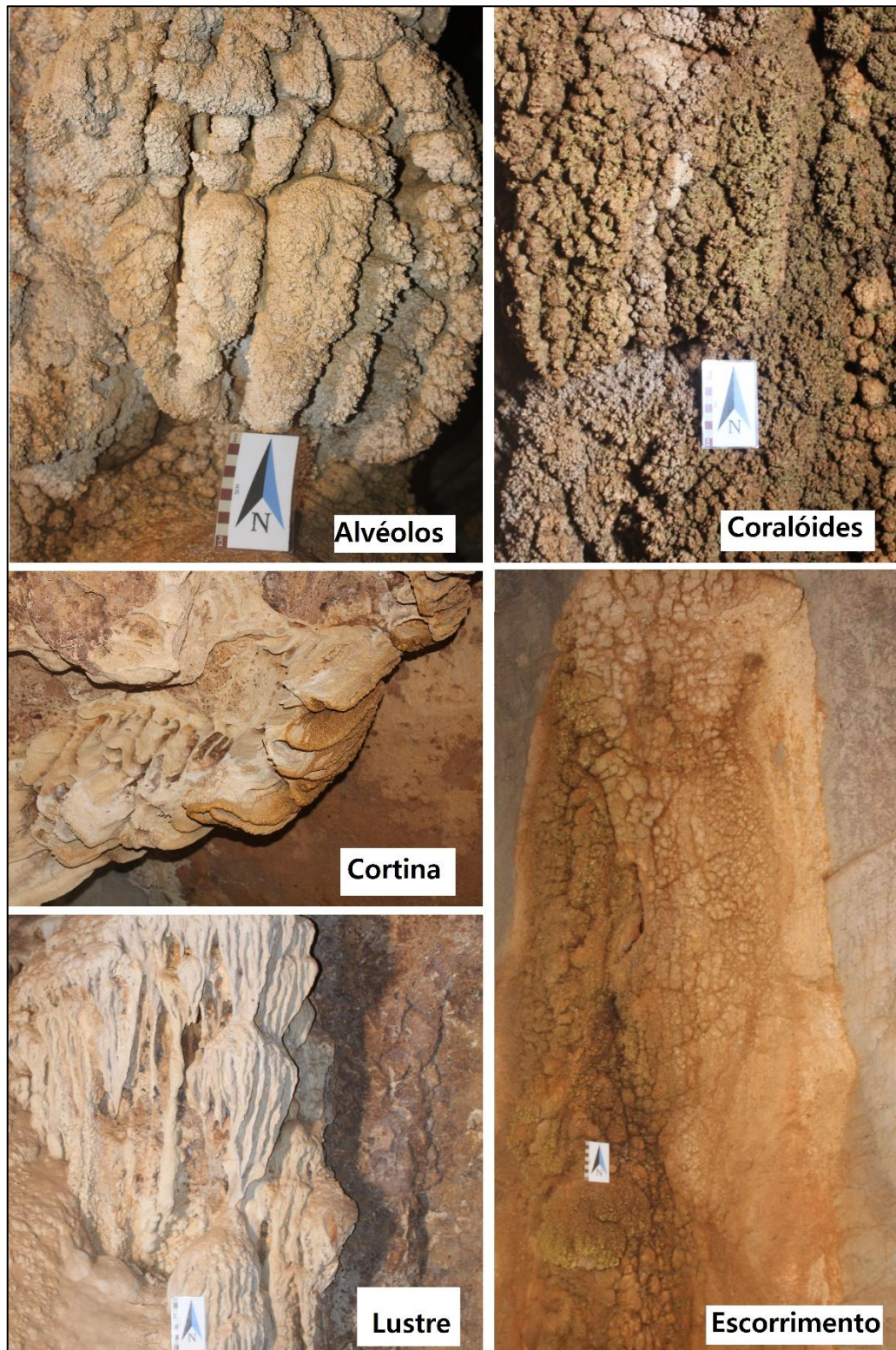
A análise dos dados de campo evidenciou uma significativa existência e variação das feições morfológicas observadas nas cavidades alvo do projeto. Os espeleotemas encontrados em cada caverna e os registros desses (Figuras 21 e 22). Essas estruturas são formadas por toda a gama de depósitos minerais que se acumulam desde o piso, as paredes e o teto, ornamentando assim o ambiente cavernícola.

Figura 21 - Fotos dos principais espeleotemas identificadas nas cavidades Tio Rafa I no município de Pains- MG



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

Figura 22 - Fotos dos principais espeleotemas identificadas na cavidade Tio Rafa II no município de Pains- MG

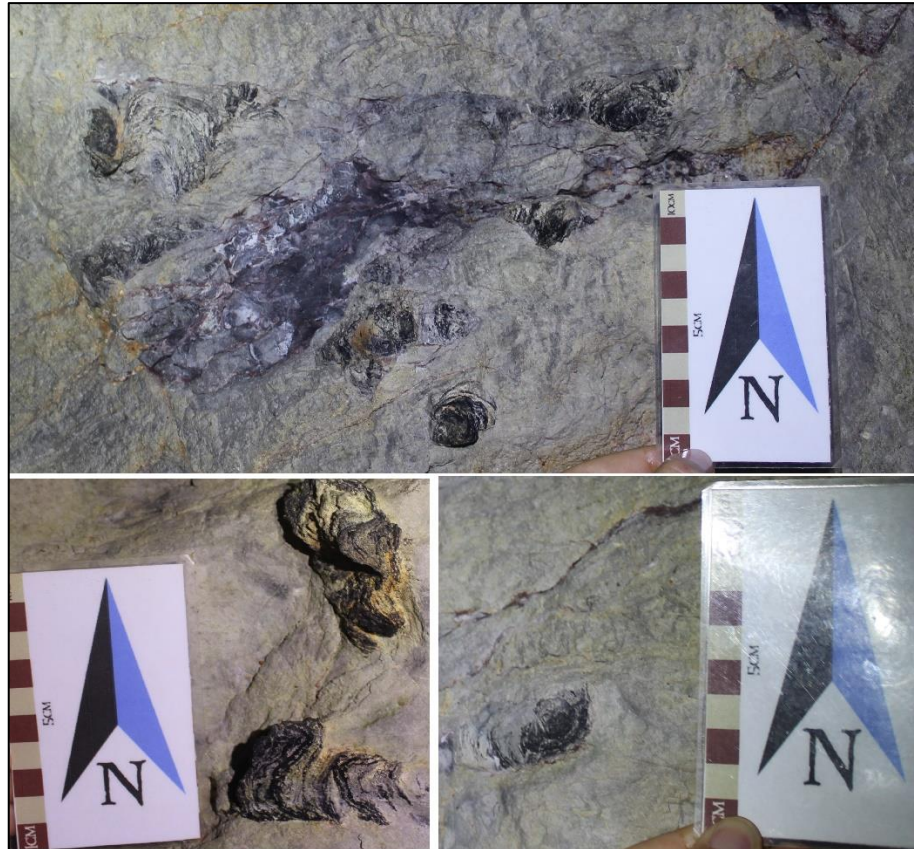


Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

Também foram observados estromatólitos em ambas as cavidades pertencentes às paredes dos salões principais (Figura 23). Essas estruturas são formadas pela associação microbiana e sedimentar, originando-se pela deposição de camadas de cianobactérias, bactérias

fotossintetizantes, e posterior fixação e cimentação de camadas de carbonato de cálcio associado ao ambiente de formação e ao processo de fotossíntese realizado por estes microrganismos (WINGE et al., 2021).

Figura 23 - Estromatólitos encontrados nas paredes das cavidades Tio Rafa I e II



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

Os estromatólitos contêm informações muito ricas e interessantes sobre a vida e os ambientes do passado dessas regiões. São diversas as implicações que surgem da formação, do impacto e da presença dessas estruturas no registro fóssil no Brasil e no mundo.

A cavidade conhecida como Tio Rafa II, apresenta uma feição geológica específica nesta caverna, denominada de paleopiso, consistindo em depósitos posicionados nas partes superiores das paredes da entrada, formando um conduto superior através de uma casca fina. O paleopiso são importantes instrumentos para a compreensão da morfologia da caverna” (PEREIRA, 2012).

Nas entradas das cavidades, também foram observados vários fragmentos de cerâmica pelo piso (Figura 24), o que indica a necessidade de realizar um resgate arqueológico na área interna das cavernas antes de qualquer atividade no local. Esses fragmentos deixados

pela sociedade fornecem percepções sobre a expansão das comunidades humanas ao longo do tempo e do espaço em cavidades, por isso são objetos de estudo da arqueologia para conservar o desenvolvimento social, constituindo parte do patrimônio cultural da humanidade (BARRETO, et al., 2016).

Figura 24 - Fragmentos de cerâmicas



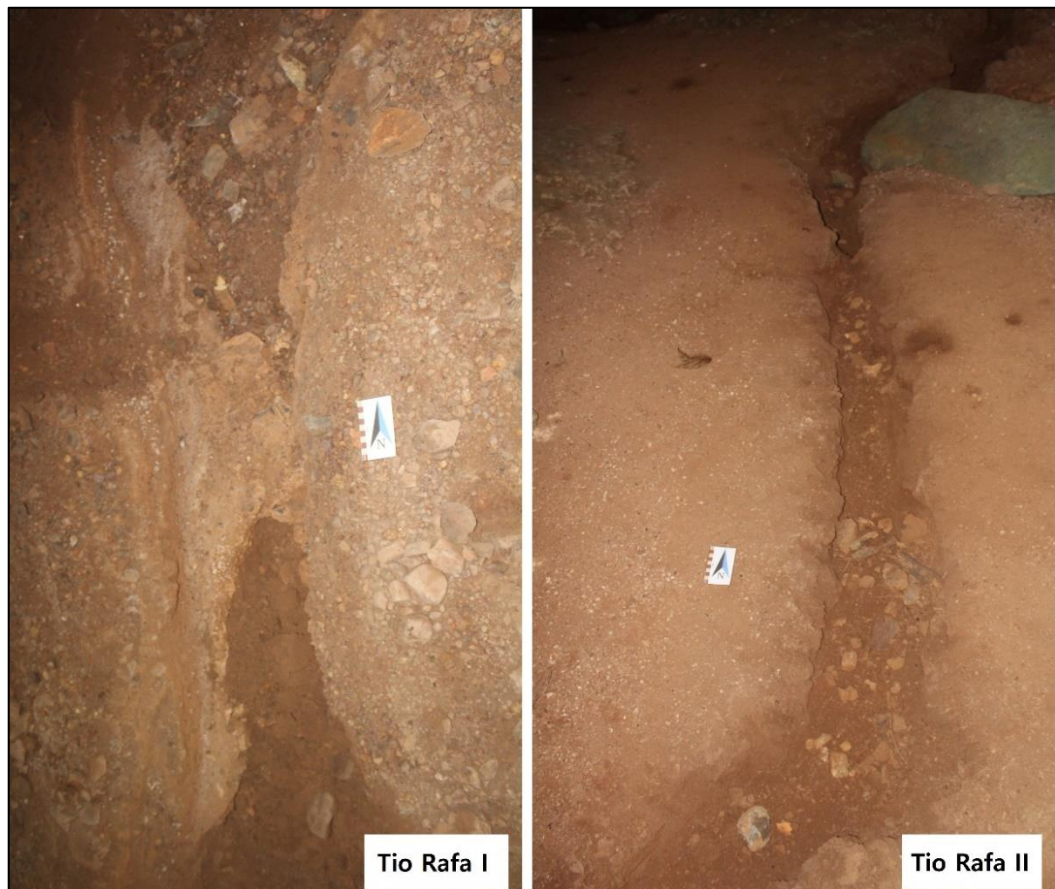
Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

A província cársica de Pains, MG, localizada no Alto São Francisco, possui uma formação geológica que contribui para o alto índice do patrimônio espeleológico, já que esses locais são favoráveis para a ocupação humana, visto que foram identificados mais de 200 sítios arqueológicos na região, e quase 70 deles estão inseridos em afloramentos e maciços calcários (HENRIQUES, 2006).

O meio físico está interligado às diversidades biológicas, através das suas estruturas, constituem aspecto singular do ambiente cavernícola com a disponibilidade de

nutrientes (GANEM, 2009). Além de ser um ecossistema com temperatura e umidade mais estável em relação ao ambiente epígeno que favorece o desenvolvimento das espécies, possui também outro fator importante da relação do meio físico com a fauna e flora cavernícola que são os cursos d'água, aporte importante de nutrientes e habitat de várias espécies. Dessa forma, tanto na Tio Rafa I quanto na Tio Rafa II foram observados canais de drenagem (Figura 25), marcas que comprovam que no período de chuva a água percorre pelo piso das cavidades.

Figura 25 - Canais de drenagem das cavidades Tio Rafa I e Tio Rafa II



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

5.2 Levantamento bioespeleológico

Na Tabela 1, é descrita a riqueza total da cavidade Tio Rafa I, com um total de duzentos e noventa e seis indivíduos distribuídos em quarenta e uma famílias de invertebrados. Na cavidade Tio Rafa II, o total coletado foi duzentos e trinta e quatro indivíduos, divididos em trinta e seis famílias, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 1 - Fauna de invertebrados encontrada na Tio Rafa I, Pains-MG

| Ordem | Família | Espécie/morfoespécie | Indivíduos | |
|---------------|-------------------|---------------------------------|--------------|-----------------|
| | | | Estação Seca | Estação Chuvosa |
| Araneae | Araneidae | Araneidae sp. | 0 | 1 |
| Araneae | Araneidae | <i>Alpaida</i> gr. <i>negro</i> | 1 | 1 |
| Araneae | Ctenidae | Ctenidae sp. | 3 | 6 |
| Araneae | Ctenidae | <i>Isoctenus</i> sp.1 | 2 | 1 |
| Araneae | Microstigmatidae | <i>Tonton</i> sp. | 0 | 1 |
| Araneae | Pholcidae | Pholcidae sp. | 2 | 5 |
| Araneae | Pholcidae | <i>Leptopholcus</i> sp.1 | 1 | 0 |
| Araneae | Pholcidae | <i>Mesabolivar</i> sp.1 | 1 | 1 |
| Araneae | Salticidae | Salticidae sp. | 1 | 0 |
| Araneae | Salticidae | <i>Chira</i> sp.1 | 1 | 0 |
| Araneae | Salticidae | Salticidae sp.1 | 0 | 1 |
| Araneae | Salticidae | <i>Soesilarischius</i> sp.1 | 0 | 1 |
| Araneae | Scytodidae | Scytodidae sp. | 0 | 1 |
| Araneae | Theridiidae | Theridiidae sp. | 1 | 0 |
| Araneae | Theridiosomatidae | Theridiosomatidae sp. | 0 | 1 |
| Araneae | Theridiosomatidae | <i>Chthonus</i> sp.1 | 1 | 1 |
| Araneae | Theridiosomatidae | <i>Cuacuba morrodopilar</i> | 0 | 1 |
| Araneae | Uloboridae | <i>Uloborus</i> sp.1 | 0 | 1 |
| Archaeognatha | Meinertellidae | Meinertellidae sp.1 | 4 | 1 |
| Blattodea | Blattaria | Blattaria sp.1 | 1 | 0 |
| Coleoptera | | Coleoptera sp. (larva) | 0 | 1 |
| Coleoptera | Melolonthidae | <i>Stenocrates</i> sp. | 1 | 0 |
| Coleoptera | Ptilodactylidae | <i>Ptilodactyla</i> sp. | 0 | 1 |
| Coleoptera | Staphylinidae | <i>Pselaphellus</i> sp. | 2 | 1 |
| Coleoptera | Tenebrionidae | <i>Liodema</i> sp. | 1 | 0 |

| | | | | |
|-------------|-----------------|-------------------------|---|----|
| Collembola | Entomobryidae | <i>Seira</i> sp.13 | 8 | 12 |
| Collembola | Entomobryidae | <i>Seira</i> sp.14 | 6 | 0 |
| Collembola | Paronellidae | <i>Lepidonella</i> sp.1 | 2 | 3 |
| Diptera | Cecidomyiidae | Cecidomyiidae sp.1 | 1 | 4 |
| Diptera | Cecidomyiidae | Cecidomyiidae sp.6 | 2 | 0 |
| Diptera | Culicidae | <i>Culex</i> sp.1 | 2 | 1 |
| Diptera | Drosophilidae | <i>Drosophila</i> sp.1 | 0 | 11 |
| Diptera | Muscidae | <i>Musca domestica</i> | 2 | 1 |
| Diptera | Phoridae | Phoridae sp.1 | 0 | 1 |
| Diptera | Phoridae | <i>Puliciphora</i> sp.1 | 1 | 0 |
| Diptera | Tipulidae | <i>Limoniinae</i> sp.1 | 2 | 0 |
| Diptera | Tipulidae | <i>Tipula</i> sp.1 | 4 | 1 |
| Hemiptera | | Hemiptera sp.1 | 0 | 1 |
| Hemiptera | Auchenorrhyncha | Auchenorrhyncha sp.1 | 2 | 0 |
| Hemiptera | Cicadellidae | Cicadellidae sp.1 | 0 | 1 |
| Hemiptera | Kinnaridae | Kinnaridae sp.1 | 2 | 0 |
| Hemiptera | Homoptera | Homoptera sp.1 | 0 | 1 |
| Hemiptera | Reduviidae | Reduviidae sp. (imatur) | 9 | 6 |
| Hemiptera | Reduviidae | Reduviidae sp.1 | 1 | 2 |
| Hemiptera | Reduviidae | Emesinae sp.1 | 0 | 1 |
| Hemiptera | Reduviidae | Emesinae sp.2 | 1 | 0 |
| Hymenoptera | Formicidae | <i>Camponotus</i> sp.2 | 1 | 3 |
| Hymenoptera | Formicidae | <i>Linepithema</i> sp.2 | 0 | 2 |
| Hymenoptera | Formicidae | Myrmicinae sp.3 | 2 | 0 |
| Hymenoptera | Formicidae | Nylanderia sp.1 | 1 | 0 |
| Hymenoptera | Formicidae | Ponerinae sp.1 | 0 | 1 |
| Isopoda | Philosciidae | <i>Benthana</i> sp. 1 | 1 | 0 |
| Lepidoptera | | Lepidoptera sp. (larva) | 0 | 3 |

| | | | | |
|------------------|----------------|-----------------------------------|------------|------------|
| Lepidoptera | Erebidae | Erebidae sp.1 | 5 | 4 |
| Lepidoptera | Gelechiidae | Gelechiidae sp.1 | 5 | 3 |
| Lepidoptera | Gelechiidae | Gelechiidae sp.2 | 0 | 4 |
| Lepidoptera | Noctuidae | Noctuidae sp.1 | 24 | 35 |
| Neuroptera | Myrmeleontidae | <i>Myrmeleontidae sp (imatur)</i> | 12 | 6 |
| Opiliones | Gonileptidae | <i>Mitogoniella taquara</i> | 3 | 3 |
| Orthoptera | Phalangopsidae | <i>Eidmanacris sp.1</i> | 1 | 4 |
| Orthoptera | Phalangopsidae | <i>Endecus sp.1</i> | 11 | 8 |
| Orthoptera | | Orthoptera sp.1 | 0 | 1 |
| Orthoptera | | Orthoptera sp.2 | 0 | 2 |
| Pseudoscorpiones | Olpiidae | Olpiidae sp.1 | 1 | 0 |
| Pseudoscorpiones | Olpiidae | Olpiidae sp.2 | 1 | 0 |
| Pseudoscorpiones | Chernetidae | <i>Spelaeochernes sp.1</i> | 0 | 1 |
| Psocoptera | | Psocoptera sp. | 1 | 1 |
| Psocoptera | | Psocoptera sp.1 | 0 | 1 |
| Psocoptera | Psocidae | Psocidae sp.2 | 0 | 1 |
| Psocoptera | Psocidae | Psocidae sp.3 | 0 | 1 |
| Scorpiones | Buthidae | <i>Tityus costatus</i> | 1 | 0 |
| Trombidiformes | Erythraeidae | <i>Callidosoma sp.1</i> | 0 | 1 |
| Total | | | 138 | 158 |

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Tabela 2 - Fauna de invertebrados encontrada na Tio Rafa II, Pains-MG

| Ordem | Família | Espécie/morfoespécie | Indivíduos | |
|---------|-----------|----------------------|--------------|-----------------|
| | | | Estação Seca | Estação Chuvosa |
| Araneae | Araneidae | Araneidae sp. | 1 | 1 |
| Araneae | Ctenidae | Ctenidae sp. | 2 | 1 |
| Araneae | Oonopidae | <i>Neotrops sp.</i> | 0 | 1 |

| | | | | |
|---------------|-------------------|-----------------------------|---|----|
| Araneae | Pholcidae | Pholcidae sp. | 7 | 8 |
| Araneae | Pholcidae | <i>Mesabolivar</i> sp.1 | 3 | 6 |
| Araneae | Salticidae | Salticidae sp. | 0 | 1 |
| Araneae | Salticidae | <i>Soesilarischius</i> sp.1 | 0 | 1 |
| Araneae | Segestriidae | Segestriidae sp. | 0 | 1 |
| Araneae | Sicariidae | Sicariidae sp. | 4 | 1 |
| Araneae | Theridiidae | <i>Anelosimus</i> sp. | 1 | 0 |
| Araneae | Theridiosomatidae | Theridiosomatidae sp. | 2 | 4 |
| Araneae | Theridiosomatidae | <i>Cuacuba morrodopilar</i> | 0 | 1 |
| Archaeognatha | Meinertellidae | Meinertellidae sp.1 | 3 | 1 |
| Archaeognatha | Meinertellidae | Meinertellidae sp.2 | 2 | 1 |
| Coleoptera | Carabidae | <i>Tachys</i> sp. | 1 | 0 |
| Coleoptera | Curculionidae | <i>Baris</i> sp. | 0 | 1 |
| Coleoptera | Curculionidae | <i>Hyphantus chryseus</i> | 1 | 0 |
| Coleoptera | Leiodidae | <i>Dissochaetus</i> sp. | 1 | 0 |
| Collembola | Entomobryidae | <i>Seira</i> sp.13 | 7 | 11 |
| Diptera | Cecidomyiidae | Cecidomyiidae sp.2 | 0 | 1 |
| Diptera | Cecidomyiidae | Cecidomyiidae sp.3 | 1 | 0 |
| Diptera | Drosophilidae | <i>Drosophila</i> sp.1 | 0 | 1 |
| Diptera | Phoridae | Phoridae sp.2 | 2 | 0 |
| Diptera | Tipulidae | Limoniinae sp.1 | 3 | 1 |
| Hemiptera | Cixiidae | Cixiidae sp.1 | 1 | 0 |
| Hemiptera | Heteroptera | Heteroptera sp.1 | 0 | 1 |
| Hemiptera | Homoptera | Homoptera sp.1 | 1 | 0 |
| Hemiptera | Reduviidae | Reduviidae sp.1 | 1 | 4 |
| Hymenoptera | Formicidae | <i>Atta</i> sp.1 | 0 | 3 |
| Hymenoptera | Formicidae | <i>Camponotus</i> sp.1 | 3 | 6 |
| Hymenoptera | Formicidae | <i>Crematogaster</i> sp.1 | 1 | 1 |

| | | | | |
|------------------|--------------------|------------------------------------|------------|------------|
| Hymenoptera | Formicidae | <i>Cylindromyrmex</i> sp.1 | 0 | 1 |
| Hymenoptera | Formicidae | <i>Myrmicinae</i> sp.1 | 0 | 2 |
| Hymenoptera | Formicidae | <i>Nylanderia</i> sp.1 | 0 | 2 |
| Hymenoptera | Formicidae | <i>Tapinoma</i> sp.1 | 3 | 10 |
| Lepidoptera | Erebidae | <i>Latebraria</i> sp.1 | 0 | 3 |
| Lepidoptera | Gelechiidae | Gelechiidae sp.1 | 1 | 3 |
| Lepidoptera | Noctuidae | Noctuidae sp.1 | 23 | 19 |
| Lepidoptera | Tineidae | Tineidae sp.1 | 1 | 0 |
| Neuroptera | Myrmeleontidae | Myrmeleontidae sp. (larva) | 11 | 8 |
| Opiliones | Gonileptidae | <i>Mitogoniella taquara</i> | 9 | 5 |
| Orthoptera | Phalangopsidae | <i>Eidmanacris</i> sp.1 | 3 | 6 |
| Orthoptera | Phalangopsidae | <i>Endecous</i> sp.1 | 4 | 5 |
| Pseudoscorpiones | Ideoroncidae | Ideoroncidae sp.1 | 0 | 1 |
| Pseudoscorpiones | Olpiidae | Olpiidae sp.1 | 1 | 0 |
| Psocoptera | | Psocoptera sp.1 | | 1 |
| Sarcoptiformes | Galumnellidae | Galumnellidae sp.1 | 1 | 0 |
| Spirobolida | Rhinocricidae | <i>Rhinocricus</i> sp. | 1 | 0 |
| Spirostreptida | Pseudonannolenidae | <i>Pseudonannolene ambuatinga</i> | 0 | 3 |
| Trombidiformes | Erythraeidae | <i>Calidossoma cassiculophylla</i> | 0 | 1 |
| Total | | | 106 | 128 |

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Os organismos observados em ambas as cavidades deste trabalho assemelham-se às de outros estudos realizados no município de Pains, como pode ser verificado no livro "A Região Cárstica de Pains" (PILO; CRUZ, 2022), onde exemplificam a fauna cavernícola da região. Os indivíduos coletados através do levantamento bioespeleológico da Tio Rafa I e Tio Rafa II contém algumas famílias que estão presentes nesta obra, especificamente no capítulo que descreve a biologia subterrânea de outras cavidades da região foco do estudo, sendo elas: Reduviidae, Theridiosomatidae, Ctenidae, Theridiidae, Formicidae, Drosophilidae, Pseudonannolenidae, Noctuidae, Psocidae, Pholcidae, Araneidae e Phalangopsidae.

No seu projeto de mestrado, Zampaulo (2010) mostrou a diversidade de invertebrados da região cárstica com o intuito de determinar áreas prioritárias para conservação. Ele utilizou diversas cavernas da região, incluindo Tio Rafa I e II, que foram inventariadas. Zampaulo classificou Tio Rafa II como uma raridade tipo 2, ou seja, espécies que apresentam abundância de 2 a 10 indivíduos e que estão presentes em mais de duas cavernas da região. Além disso, ele identificou a família Segestriidae que é uma aranha, que também foi coletada no presente estudo.

5.3 Zoneamento espeleológico

As plantas baixas das cavidades, que também representam os contornos do mapeamento das cavernas, foram disponibilizadas pela empresa Mineração Dolomito Timburé LTDA, detentora do direito minerário onde se encontram a Tio Rafa I e Tio Rafa II. Em seguida, os contornos foram embasados nessas plantas baixas para gerar os dois mapas de zoneamento espeleológico.

As duas cavidades foram analisadas durante as saídas de campo pela equipe de especialistas, onde verificaram zonas importantes para visitação e não visitação, sendo divididas da seguinte forma:

Zona de uso extensivo: região destinada para o deslocamento dos visitantes em toda extensão de ambas as cavidades, de forma a interferir o mínimo nos aspectos biológicos e físicos. Está sinalizada no mapa de zoneamento com a colora o verde clara.

Zona de preserva o: a cavidade Tio Rafa I observam-se vários aspectos do meio físico que são frágeis, como o paleopiso identificado na região da entrada formando um nível superior de casca fina com grande quantidade de estalactites, os canais de drenagem e há grande quantidade de raízes, que são uma fonte importante de nutrientes para a fauna subterrânea (Figura 26).

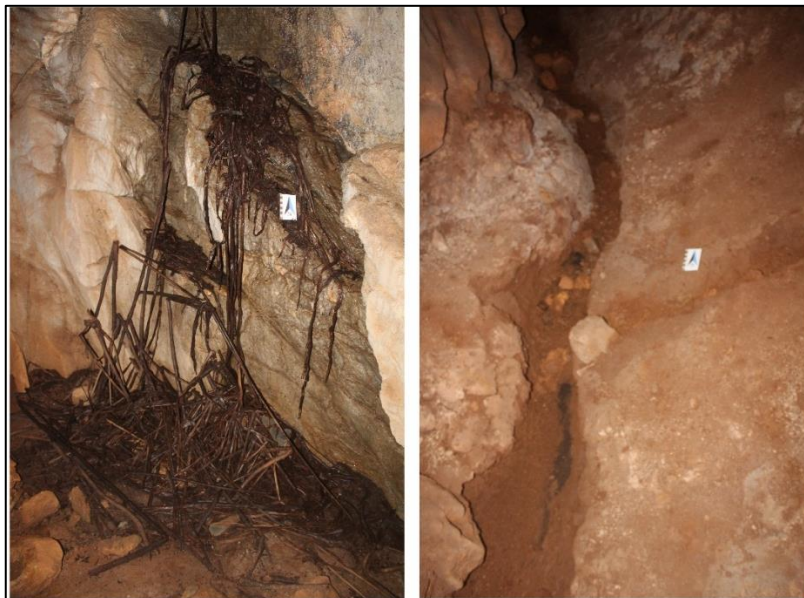
Já na caverna Tio Rafa II no aspecto biológico existem dois pontos na cavidade que adequa a esta zona, é um ponto na região mediana da cavidade onde observam-se raízes saindo do teto e tocando no piso, local com grande recurso de material vegetal para os invertebrados e onde possui os canais de drenagem, pois apresentam grande quantidade de raízes, também fonte de nutrientes para a biologia subterrânea (Figura 27).

Figura 26 - Zona de preservação Tio Rafa I



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

Figura 27 - Zona de preservação Tio Rafa II

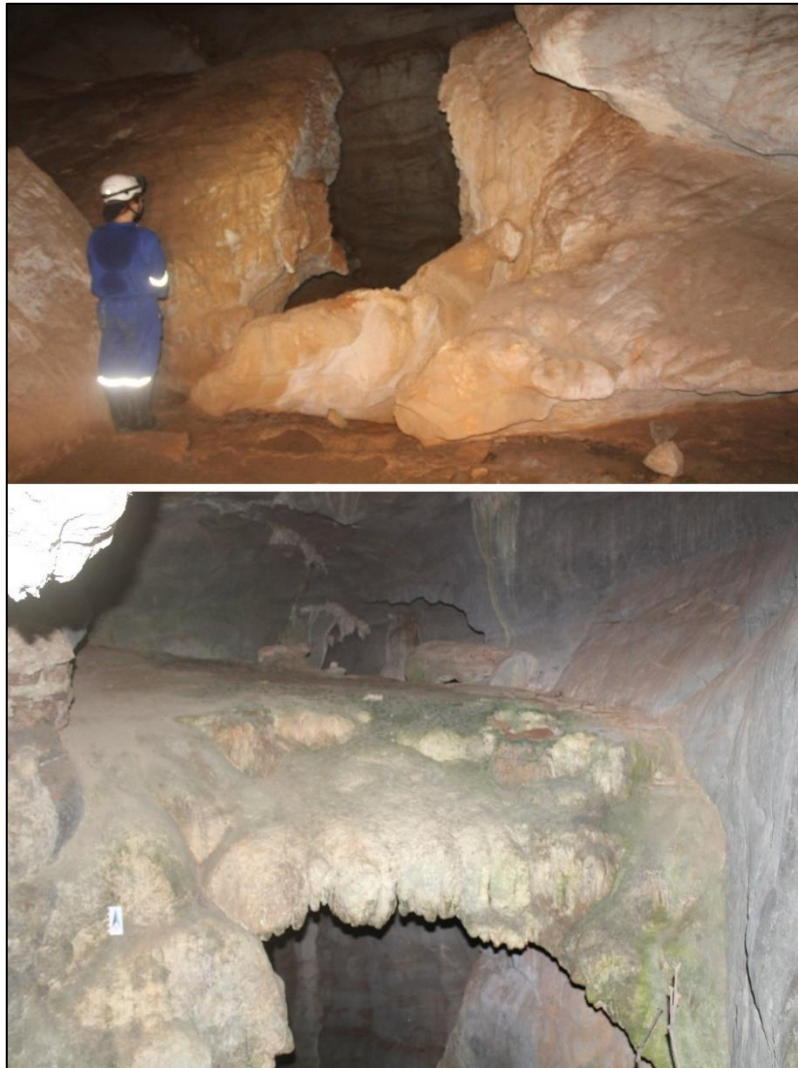


Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

Zona de uso restrito: Na caverna Tio Rafa I possui dois pontos que foram estabelecidos como zona de uso restrito, o primeiro é a presença de um desnível que se encontra

do lado direito na parte mediana da cavidade, onde seu acesso requer um apoio de corda (Figura 28) e o segundo é um patamar de paleopiso onde a espessura do piso é fina necessita muito cuidado ao caminhar além de conter alguns espeleotemas (Figura 28). Já na Tio Rafa II essa região final da cavidade requer uma experiência maior com ambientes cavernícola, já que existem blocos e algumas poças de guano localizados na parede, nos blocos e no piso, além de possuir alguns morcegos da espécie *Desmodus rotundus* que habitam o local (Figura 29).

Figura 28 - Zona de uso restrito Tio Rafa I, a imagem de cima é o desnível e a de baixo o paleopiso



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

Figura 29 - Zona de uso restrito Tio Rafa II, indivíduo da espécie *Desmodus rotundus* na imagem a esquerda e a direita o guano na parede



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

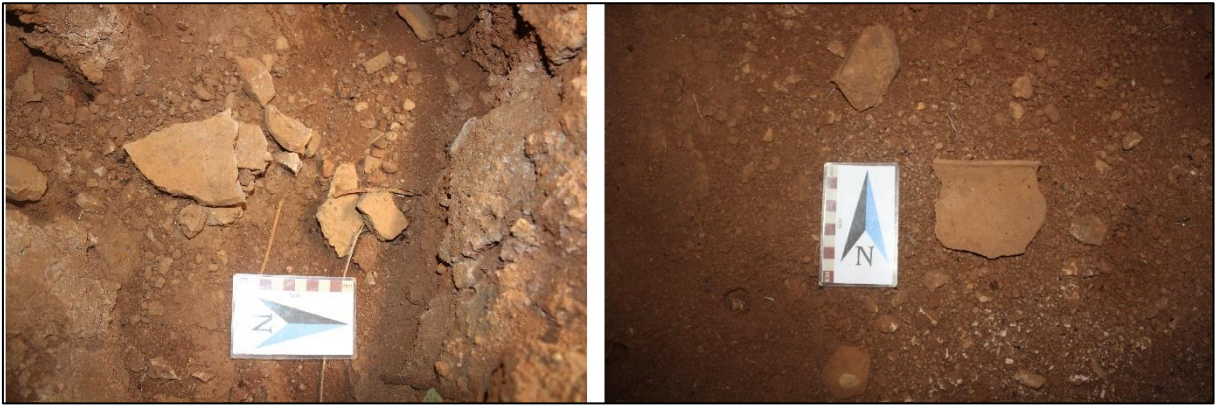
Zona restrita temporária: Esta área foi delimitada no mapa devido à presença de fragmentos de cerâmica no piso das cavidades (Figuras 30 e 31). Para permitir o fluxo turístico em ambas as cavernas, será necessário realizar o resgate dessas peças, visando sua preservação e estudo. Essas peças podem ser direcionadas ao Museu Arqueológico do Carste do Alto São Francisco (MAC) que se encontra no município de Pains.

Figura 30 - Fragmentos de cerâmica Tio Rafa I



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

Figura 31 - Fragmentos de cerâmica Tio Rafa II



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

Zona intensiva: ambas as entradas das cavidades serão consideradas zonas de uso intensivo, pois é onde comportará uma quantidade maior de indivíduos em um espaço maior, antes de iniciar o percurso pré-estabelecido durante a caverna (Figuras 32 e 33).

Figura 32 - Zona intensiva Tio Rafa I



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

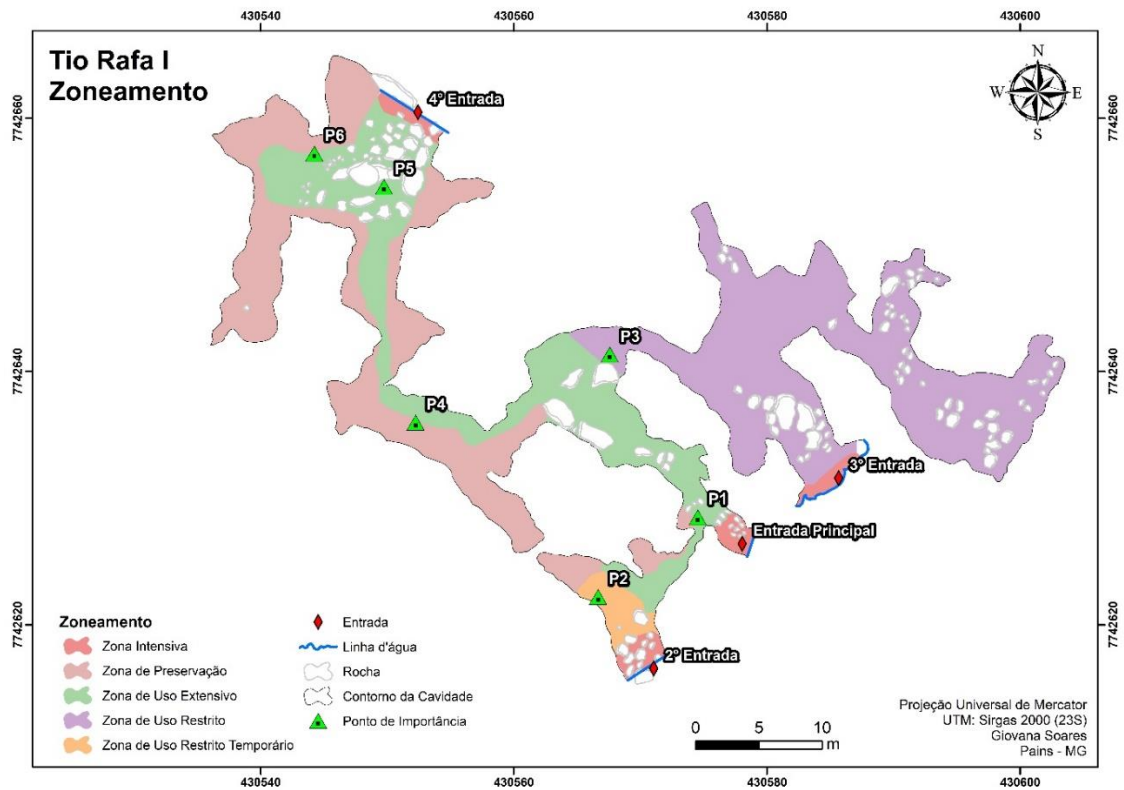
Figura 33 - Zona intensiva Tio Rafa II



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

Os pontos de importância foram elaborados para que durante a visitação haja locais interessantes com diferentes ambientes e características para que o visitante possa entender toda a dinâmica de um ambiente cavernícola. Os pontos da Tio Rafa I (Figura 34) foram divididos com os propósitos descritos após a imagem.

Figura 34 - Zoneamento cavidade Tio Rafa I



Fonte: VIERA; SOARES, 2024.

P1: Início da trajetória da visitação na cavidade, um ponto importante para que os visitantes se ambientem ao local e à diminuição da incidência de luz, conseguindo diferenciar a temperatura observada do lado de fora em relação à parte interna da cavidade e o início da penumbra.

P2: Nesta região, há um ponto importante a ser apresentado durante a visitação turística devido à presença de espeleotemas grandes e aglomerados (Figura 35). Outro ponto interessante está logo na segunda entrada, observa-se a presença do paleopiso formando um conduto superior (Figura 36). Por último, ao lado do paleopiso, são observadas nas paredes os estromatólitos (Figura 37).

Figura 35 - Conjunto de espeleotemas Tio Rafa I



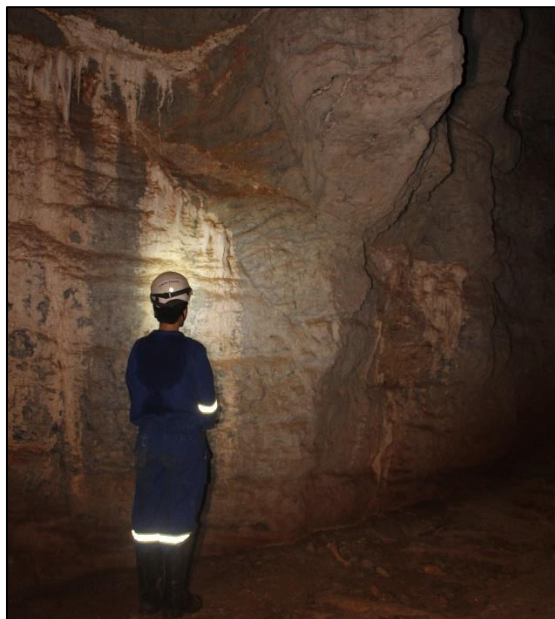
Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

Figura 36 - Paleopiso localizado ao lado da parede com estromatólitos.



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

Figura 37 - Parede onde se encontra os estromatólitos



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

P3: Este ponto é onde está a zona restrita, mas é importante explicar na visitação o porquê dessa classificação, que ocorre devido a presença de um desnível acentuado e condutos de teto baixo (Figura 38), que dificultam o acesso e requerem um cuidado maior para não deprender os espeleotemas e a prejudicar a dinâmica biológica com a retirada de recurso do piso.

Figura 38 - Desnível com blocos



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

P4: Nesse ponto, o visitante consegue ter uma noção da imensidão dos salões e do teto alto (Figura 39), além de estar mais escuro em relação ao ponto anterior, sendo uma grande experiência para quem não tem contato com esses ambientes.

Figura 39 - Imagem da região mediana onde possui um salão de teto alto



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

P5: O ponto cinco é a quarta entrada da cavidade e possui uma dinâmica do meio físico diferente, pois a entrada é ascendente e com blocos, além de ser mais larga (Figura 40).

Figura 40 - Entrada ascendente e com blocos



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

P6: Neste último ponto, temos um teto de altura mediana com diferentes tamanhos de estalactites (Figura 41) em relação aos da entrada, além disso, é possível em algumas visitas observar a presença de alguns morcegos voando.

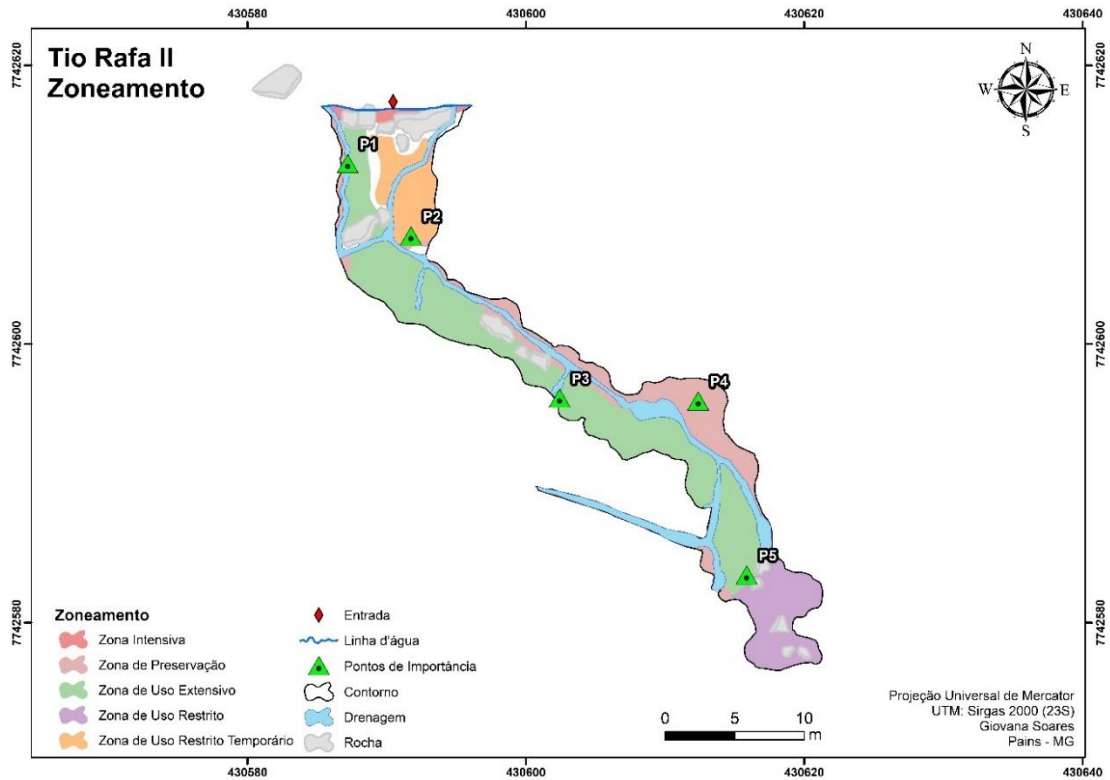
Figura 41 - Conduto com estalactite



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

Os pontos da Tio Rafa II (Figura 42) também foram divididos com os propósitos que estão apresentados após a imagem.

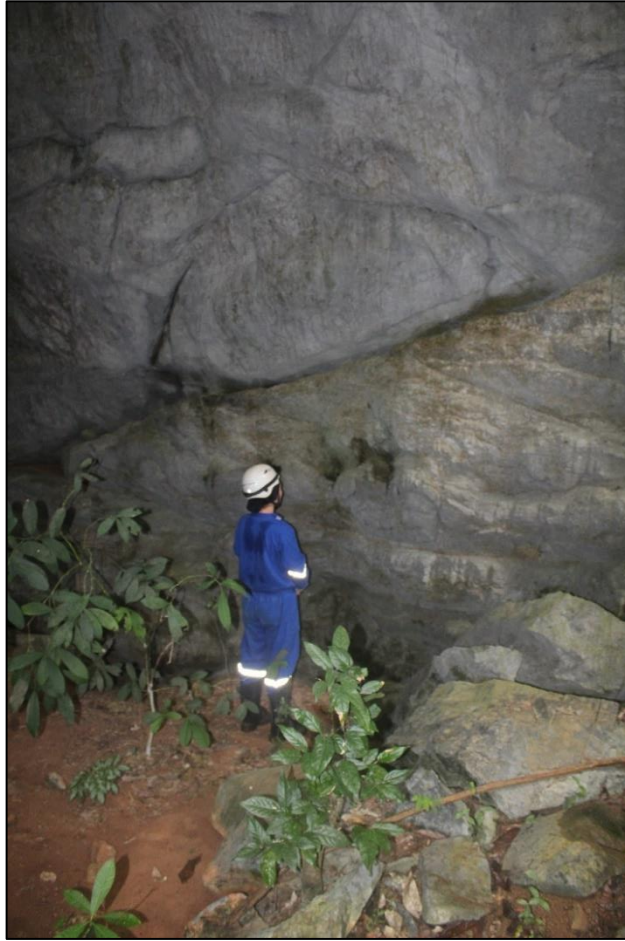
Figura 42 - Zoneamento cavidade Tio Rafa II



Fonte: VIERA; SOARES, 2024.

P1: Início da trajetória da visitação na cavidade, um ponto importante para que os visitantes se ambientem ao local e à incidência de luz, conseguindo diferenciar a temperatura observada do lado de fora em relação à parte interna da cavidade e o início da penumbra. Além disso, possui um falhamento inverso muito interessante, mostrando a divisão da rocha calcítica e dolomítica, estromatólitos nas paredes (Figuras 43 e 44) e o local onde ficavam os fragmentos de cerâmica que serão retirados no resgate arqueológico antes das visitas.

Figura 43 - Divisão da rocha calcítica e dolomítica



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

Figura 44 - Detalhe da divisão



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

P2: Ponto onde observamos o canal de drenagem que percorre toda a cavidade (Figura 45), local importante para o meio abiótico pois apresenta muitas raízes no piso, além de ser possível a observação do fluxo de água em determinados momentos da estação chuvosa.

Figura 45 - Canais de drenagem



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

P3: Nesta região conseguimos visualizar um aglomerado de espeleotemas nas paredes (Figura 46), além de conseguir seguir a extensão do canal de drenagem até o fim da cavidade sendo um importante aporte de recurso para o interior da cavidade.

Figura 46 - Espeleotemas na parede



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

P4: O ponto 4 é um local onde observa-se raízes de vários calibres que tem origem do teto (Figura 47), que é uma fenda nesse ponto. As raízes são um importante ponto de recurso trófico para cavidade, sendo um local relevante para a manutenção de invertebrados dessa cavidade.

Figura 47 - Raízes saindo do teto

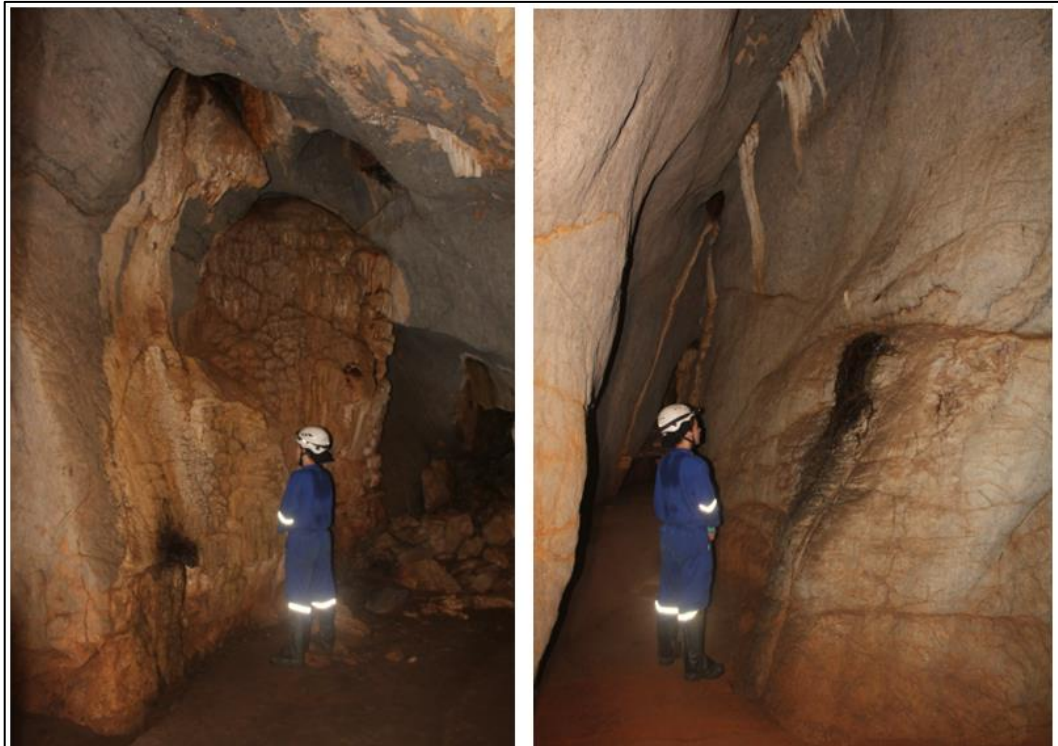


Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

P5: No último ponto de importância dessa caverna, conseguimos ver características curiosas do ambiente cavernícola, que é um ponto de guano, importante para a nutrição do

ecossistema cavernícola, (Figura 48) bem embaixo de onde uma pequena colônia de *Desmodus rotundus* (morcego-vampiro) (Figura 49) vive nessa região.

Figura 48 - Ponto onde está localizado o guano



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2024.

Figura 49 - Exemplo da espécie *Desmodus rotundus* (morcego-vampiro)

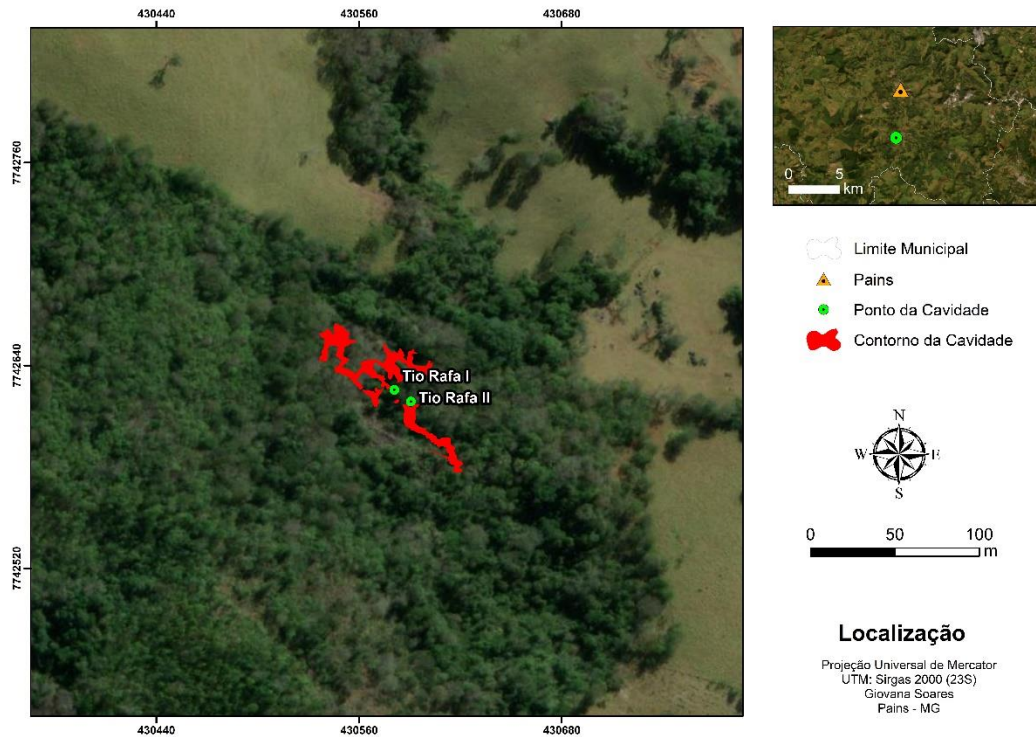


Fonte: Acervo pessoal da autora, 2023.

O mapa da figura 50 (a seguir) foi resultado de um processo que envolveu a união das plantas baixas das duas cavidades. Essa fusão de informações permitiu criar uma

representação cartográfica mais abrangente e precisa. Ao combinar as plantas baixas, tornou-se possível visualizar claramente o sentido do desenvolvimento das cavernas, oferecendo uma visão holística de sua estrutura e distribuição geográfica, permitindo aos pesquisadores e visitantes uma compreensão mais completa do ambiente subterrâneo.

Figura 50 - Contorno das cavidades, vista superior



Fonte: SOARES; VIERA, 2024.

Com esse zoneamento espeleológico das duas cavidades se tem uma ferramenta importante para o início da elaboração de um plano de manejo turístico mais detalhado em ambientes cavernícolas, além de permitir identificar e delimitar áreas de maior sensibilidade ambiental, como zonas de preservação, habitat de espécies endêmicas e locais com formações frágeis e assim implementar medidas específicas para minimizar o impacto das atividades turísticas, garantindo a conservação dos ecossistemas cavernícolas e a segurança dos visitantes.

No próximo tópico, temos outras importantes orientações a serem feitas na parte externa das cavidades, bem como algumas na parte interna que foram geradas através do estudo do zoneamento espeleológico com o intuito de visitação turística.

5.4 Princípios Fundamentais que antecedem a Elaboração de um Plano de Manejo com Enfoque Turístico nas Cavernas Tio Rafa I e Tio Rafa II

5.4.1 Normas, placas, sinalizações

Com base na revisão bibliográfica do plano de manejo da Gruta Rio Mato (IEF, 2012), localizada em Sete Lagoas, a 263 km de Pains, e em outros documentos referenciados na metodologia, são propostos normas e diretrizes para uma futura Unidade de Conservação, adaptadas à realidade das cavidades em questão.

Estas normas, fundamentadas em leis e regulamentações, visam promover a conservação da biodiversidade local e o turismo consciente, integrando a educação ambiental à identidade da comunidade.

Com o objetivo de gerenciar as visitas de forma sustentável, serão estabelecidas recomendações para regular o fluxo de visitantes e as atividades educativas. Pretende-se, ainda, transformar a área das duas cavidades em uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) com enfoque turístico, como compensação ambiental para atividade da mineradora que está próxima às cavidades.

Para isso, é importante ser elaborado um regulamento que aborde todos esses aspectos, em seguida uma proposta com normas que englobe as suas principais características.

São eles:

Orientações para visita na Unidade de Conservação (UC)

1. O funcionamento da RPPN ocorre somente mediante agendamento prévio com a administração.
2. A entrada é gratuita, sendo cobrado apenas o aluguel de equipamentos caso os visitantes não os possuam (devendo ser avisado com antecedência por meio do formulário de visita).
3. A visita às duas cavidades aborda temas relacionados à geologia, biologia e arqueologia.
4. O roteiro da trilha e das cavidades da UC é mais rústico, sem postos de água, lanche e banheiro no percurso, somente na sede (entrada da UC), pois a trilha é de curta duração, e a ideia é não impactar o ambiente com muitas estruturas.

5. É restrita a entrada de animais domésticos, de bebidas alcoólicas e entorpecentes, bem como de armas ou materiais explosivos. O uso de cigarros, fósforos e isqueiros também é restrito dentro das cavidades (uso de cigarros somente em locais preestabelecidos pela UC).
6. Os visitantes não devem desviar das trilhas já implantadas.
7. Deve-se respeitar os condutores, funcionários da Unidade e demais visitantes, orientando sobre as atividades permitidas no interior do local. Além disso, é necessário instruir o usuário quanto à adoção de conduta consciente em ambientes naturais, incluindo o descarte adequado de lixo (lixeiras disponíveis na sede), e evitar a aproximação e alimentação de animais silvestres. Informações sobre os riscos inerentes às atividades na Unidade também devem ser fornecidas.
8. A capacidade de suporte estipulada deve ser respeitada, assim como os intervalos entre atividades conforme estabelecido pelos estudos técnicos.
9. A visitação turística das cavidades deve ocorrer com guias capacitados da região, os quais devem permanecer com o grupo durante toda a atividade. Em caso de incidentes ou acidentes, o indivíduo será encaminhado para o Hospital Municipal Regina Vilela de Oliveira da cidade de Pains.

Além das orientações acima, para garantir a integridade ambiental, faz necessário adotar uma estratégia de sinalização como placas informativas que orientem os visitantes ao longo do trajeto, evitando a abertura de atalhos que possam prejudicar a área e assim instruir aos visitantes sobre as normas estabelecidas para o funcionamento adequado da RPPN, promovendo um passeio seguro e sustentável.

No início da trilha/entrada da sede da UC, será necessária a instalação de uma placa principal contendo um conjunto de informações mais detalhadas para os visitantes, essa placa pode ser de madeira, metal ou material sintético. O objetivo desta placa, no início do deslocamento da trilha, é orientar sobre as seguintes questões: distância, duração, nível de exigência física, informações regulatórias (regras), de segurança e contatos de emergência. Outro tópico importantíssimo da placa de entrada da trilha é advertir sobre os riscos associados ao seu percurso. Essas informações ficariam distribuídas nos campos como exemplo da figura 51.

Figura 51 - Exemplo de placa para início da trilha



Fonte: MMA/ICMBio, 2023, adaptada pela autora, 2024.

Esse modelo sugerido para essa placa inicial elaborada com base no Manual de Sinalização de Trilhas (BRASIL, 2023), e pode ser montada por meio do Canva®, uma plataforma online de design gráfico com uma variedade de ferramentas e recursos para criar designs visualmente atraentes. Além dessa placa mãe, é interessante ter outras duas placas, uma em cada entrada das cavidades, fornecendo informações como o nome da caverna, uma imagem com o zoneamento espeleológico de cada uma, suas dimensões, os equipamentos de proteção individual (EPIs) necessários, além de possíveis perigos, entre outros detalhes.

Já as sinalizações no percurso da sede até as cavernas (sem contar com as placas ditas acima) conforme as diretrizes do Manual de Sinalização de Trilhas (ICMBio, 2018), se encaixa em um nível moderado e sem desvios, assim a sinalização segue com objetivo de orientar os caminhantes de forma simples e sem causar impacto no meio ambiente. Serão utilizados materiais encontrados no próprio local, como pequenas rochas, sinais em troncos, árvores ou pedaços de madeira.

Para intensificar a sinalizações no decorrer da trilha, pode ser usado as tintas biodegradáveis, como as feitas com pigmentos de terra, são as mais adequadas. Além de preservar a identidade local e destacar, essas tintas são sustentáveis e não geram resíduos ou produtos tóxicos para a saúde e o meio ambiente (GÓIS, 2016). Conforme a figura de número 52.

Figura 52 - Exemplos de sinalizações durante trilhas



Fonte: MMA/ICMBio, 2023.

A ênfase desse tipo de placa é em guiar os visitantes, não em fornecer descrições detalhadas do ambiente. “Este tipo de sinalização promove ainda a redução na criação de atalhos e desestimula o pisoteio de áreas sensíveis, entre outros benefícios ambientais” (ICMBio, 2018, p.12).

Para o processo de instalação das placas, é importante avaliar as áreas protegidas onde são necessárias sinalizações informativas e educacionais. Alguns pontos importantes foram criados para nortear essa parte do projeto, para a elaboração das placas com base nas três etapas do Manual de Sinalização: Unidades de Conservação Federais do Brasil (ICMBio; MMA, 2018), que são: pesquisa e diagnóstico, estratégia e elaboração da proposta, em seguida, abordaremos tópicos importantes para a criação das placas informativas:

- a) desenvolver o design das placas de acordo com o propósito. Isso pode incluir textos informativos, imagens, gráficos e mapas, é importante que esteja em harmonia com o ambiente natural e ser de fácil leitura. Com conteúdo claro, conciso e educacional;

- b) o uso de materiais duráveis e resistentes às intempéries, para maior durabilidade;
- c) localização ideal para a instalação, pois precisam estar visíveis e estrategicamente colocados para atingir seu público-alvo, se necessário, preparar o piso antes, como: limpar a área, nivelar o solo e instalar suportes apropriados para a sinalização;
- d) criar um programa regular de manutenção das placas. Conferindo de que esteja em boas condições, substituindo ou consertando o danificado;
- e) avaliar a eficácia dos sinais de informação e estudos periódicos. Isto pode ser feito através de inquéritos aos visitantes ou observações de campo através das avaliações;
- f) promover atividades educacionais que complementem as informações da sinalização, como trilhas interpretativas, palestras e passeios.

Outras orientações sobre a trilha até as cavernas e o percurso a ser percorrido dentro das cavidades incluem a necessidade de definir a quantidade de pessoas por visita e a frequência, por meio de um estudo sobre a capacidade de suporte, visando minimizar os impactos da visitação, conforme realizado no plano de manejo da Gruta Rei do Mato (IEF, 2012). Os resultados devem ser relacionados às recomendações do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) sobre as limitações de áreas e o manejo relacionado à gestão do fluxo de visitação (CECAV, 2008).

Por fim, alguns tópicos para a criação da ficha da infraestrutura da trilha devem descrever detalhadamente cada parte, tanto da trilha externa até a entrada das cavidades, quanto dentro de cada caverna. A seguir, estão os tópicos da ficha, baseados no plano de manejo da Gruta Rei do Mato (IEF, 2012):

- Nome da trilha
- Ponto de início
- Coordenadas
- Referência do início e do fim
- Ponto de término
- Vista no mapa
- Distância das trilhas
- Tempo de duração
- Descrição do percurso

- Público-alvo
- Pré-requisitos para usuários
- Restrições a usuários
- Equipamentos obrigatórios aos usuários
- Elementos de interpretação e educação ambiental
- Sinalização
- Perigos e riscos

5.4.2 Resgate arqueológico

Como descrito no tópico dos resultados da caracterização do meio físico, foram encontrados fragmentos de cerâmica no piso das entradas de ambas as cavidades. Esses vestígios são muito importantes, podendo servir como indicadores de desenvolvimento técnico e, ao mesmo tempo, fornecer outros indícios do estágio sociocultural dos grupos que utilizaram as cavidades em tempos passados (PARDI, 2002).

Com isso, além de todas as orientações básicas do processo estrutural e burocrático (normas) da trilha e para percorrer as cavidades, é importante haver um resgate dos fragmentos de cerâmica encontrados durante a atividade de campo, para conservá-los e estudá-los. Recomenda-se a criação de exposição permanente com a finalidade de expor o material arqueológico resgatado nas cavidades naturais, com o intuito de conservar e disseminar o conhecimento sobre essa área da espeleologia, divulgando assim todas as vertentes do ambiente cavernícola para os visitantes.

5.5 Elaboração de uma cartilha educativa para aprofundar o conhecimento sobre os invertebrados em cavernas

A cartilha nomeada como “Cartilha cavernícola: Invertebrados em foco” é um produto gerado através dos resultados do levantamento bioespeleológico, onde foram utilizadas todas as ordens coletadas nas cavernas Tio Rafa I e Tio Rafa II. O intuito deste material é apresentar a fauna cavernícola através de fotos reais de cada ordem e uma breve explicação sobre cada uma, de forma que englobe toda a faixa etária dos visitantes.

A cartilha desempenhará um papel importante no processo de ensino-aprendizagem, sendo uma ferramenta frequentemente aplicada na disseminação de

informações, com abordagens formais ou não formais, sobre questões socioambientais (BACELAR et al., 2009). Esse material promove discussões persuasivas, instigando a formação comportamental do indivíduo, quer seja dentro ou fora do ambiente escolar, resultando em um desenvolvimento contínuo do conhecimento ambiental (MÉDIS, 2016). Assim, possibilita ao visitante visualizar os seres presentes naquele habitat, promovendo um processo de reflexão sobre a diversidade do patrimônio espeleológico e a necessidade de políticas públicas para a conservação desses ambientes.

Conforme Torres et al (2015, apud DIAS, 2018) defendem que a confecção de cadernos, quando apresenta um contexto e com metas específicas, desperta a criatividade e o raciocínio dos indivíduos dando-lhes a oportunidade de desenvolver um senso crítico sobre os impactos das atividades antrópicas no meio ambiente.


As fotos de cada invertebrado foram capturadas durante o levantamento bioespeleológico nas duas cavidades do estudo, apenas as ordens foram selecionadas com o objetivo de abranger todas as idades e níveis de ensino. Após a seleção, todas as fotos passaram por uma triagem para escolher as melhores. A criação da cartilha teve início com um resumo apresentado no Simpósio de Geografia do IFMG Campus Ouro Preto como um dos resultados parciais.

Posteriormente, foram realizadas algumas modificações para aprimorar o conteúdo da cartilha (Figura 53). Para cada ordem, foi incluída um breve texto sobre alguma característica, de modo que os visitantes possam compreender a fauna desse habitat.


Figura 53 - Sequência de dez fotos da cartilha pronta



Esta cartilha tem o propósito de informar a todos os visitantes sobre a diversidade de invertebrados, através de uma breve descrição e de uma imagem real de cada ordem encontrada nas cavidades Tio Rafa I e Tio Rafa II da região cárstica de Pains, MG.




Acari




Trata-se de invertebrados muito pequenos, sendo bastante comuns encontrar exemplares com um milímetro ou menos de tamanho. Sua coloração é extremamente variada, abrangendo tons de marrom, vermelho, alaranjado, preto, verde, dentre outros tons. Alguns exemplares são ácaros.

Araneae




Aranhas possuem o corpo dividido em cefalotórax e abdômen com pernas, dois pedipalpos e não possuem antenas. São animais carnívoros, apresentando diversas colorações e formatos.

Archaognatha




São conhecidos como ácaros sulfatores, devido à sua capacidade de se alimentar rapidamente de sulfato amoniacal. São insetos amarelados, tipo II, que não possuem pernas e antenas, porém possuem olhos e pedipalpos, com tamanho variando entre 0,1 e 0,3 mm de comprimento.

Coleóptero




Os coleópteros possuem dois pares de asas endurecidas, formando uma proteção sobre as asas membranosas e o abdômen. Possuem de quatro a seis pares de pernas, desenvolvendo-se a partir de uma ampla variedade de habitats vegetais, dependendo do seu tipo, desde a superfície do solo.

Collembola



Os collembolos são pequenos artrópodes que podem viver em ambientes aquáticos ou terrestres. Seu tamanho pode variar em cerca de 0,22 a 0,5 mm, e têm o hábito de se alimentar de matéria orgânica em decomposição, fungos e bactérias entre outros.

Diplopoda




São um corpo alongado e achatado, são se divide em cabeça e tronco, com um número variável de segmentos, cada um apresentando um par de pernas. Seu comprimento pode variar entre 1 cm de comprimento e até 25 cm.

Diptera



É um grupo presente na maioria dos habitats, incluindo ambientes aquáticos e terrestres, podendo ser parasitas, herbívoros, predadores, além de se alimentarem de folhas, frutos, flores, néctar e outros substratos disponíveis.

Gastropoda




São animais que possuem um corpo mole e se movem como os caracóis, caramujos e lesmas. Sua massa visceral fica no interior da concha. Formando uma única peça, os moluscos respiram por brânquias, enquanto os terrestres utilizam pulmões. As conchas variam tanto em tamanho e espessura em situações de perigo.

Hemiptera




São insetos que possuem um corpo mole e se movem como os caracóis, caramujos e lesmas. Sua massa visceral fica no interior da concha. Formando uma única peça, os moluscos respiram por brânquias, enquanto os terrestres utilizam pulmões. As conchas variam tanto em tamanho e espessura em situações de perigo.

Hymenoptera




Os himenópteros são um grupo bastante diversificado de animais, presentes em todos os ecossistemas. Os maiores himenópteros podem alcançar cerca de 15 cm de comprimento, enquanto outros podem ter apenas 1 mm de comprimento. Exemplos incluem formigas e abelhas.

Lepidoptera




São insetos que possuem seus corpos e asas cobertos de escamas e aparelho bucal adaptado para obter néctar das flores e sugar substâncias para sua nutrição. Apresentam uma ampla gama de cores e formatos.

Opiliones




Os opiliones possuem pernas longas e articuladas. Essa espécie tem hábitos noturnos e habita quase todas as regiões, sendo comum tanto nos trilhos como nos troncos perpendiculares. Sua alimentação ocorre através de pequenos invertebrados.

Orthoptera




Insetos grilos, espinheiras, gafanhotos e gafanhotos (traíra) são exemplos de ortópteros. Apresentam hábitos alimentares bastante variados, podendo, inclusive, agir como predadores. Mas a maioria deles se alimenta de plantas jovens.

Psocoptera

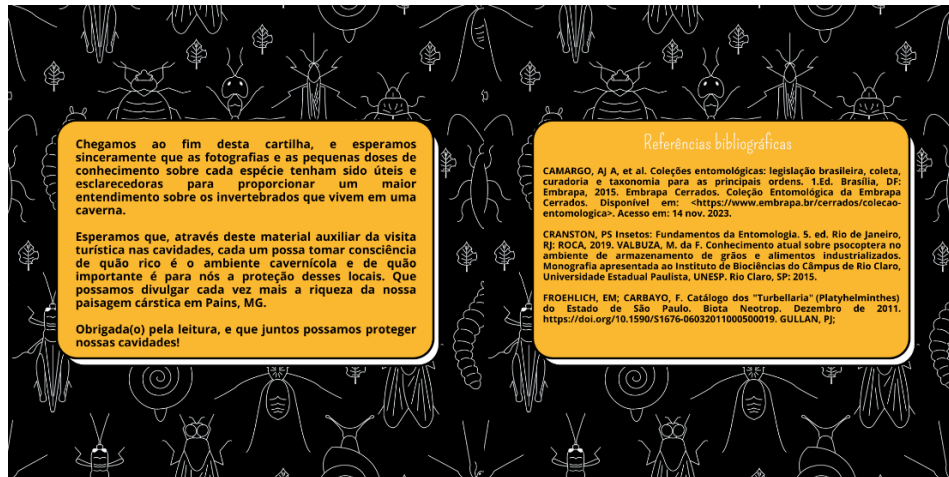


Essa ordem possui hábitos de roer os alimentos e pode se alimentar de fungos, cereais, pólen, insetos mortos e outros restos de origem animal e vegetal, sendo muito comum em locais úmidos e escuros. Pode atingir até 2 mm de comprimento.

Turbellaria



São seres de vida livre, alguns planulários apresentam sistema digestivo, mas na maioria, são invertebrados, sendo boca como a única abertura para o trato digestivo. Não possuem sistema circulatório, sistema nervoso e excretório. Vivem em ambientes aquáticos, seja água doce ou salgada, ou em ambientes úmidos e escuros.



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta metodologia desenvolvida para as cavernas Tio Rafa I e Tio Rafa II, na região cárstica de Pains-MG, é um passo importante para a preservação, gestão responsável desse ambiente único e incentivo para turismo com cavidades.

Integrando investigação em bioespeleologia, caracterização do ambiente físico e estratégias de conservação e zoneamento turístico, o projeto não só fornece orientação para a conservação de cavernas, mas também estabelece uma base sólida para uma gestão sustentável e abrangente.

O desenvolvimento de um livreto educativo destacando a importância dos invertebrados cavernícolas demonstra um compromisso com a conscientização pública e a conscientização sobre a biodiversidade local. Além disso, mapas cartográficos detalhados e identificação de postos-chaves no ambiente físico e biológico fornecem uma base importante para a realização de futuras visitas de forma responsável e informada.

Este estudo não só enriquece o conhecimento sobre a região Cárstica, mas também destaca a importância da preservação do patrimônio espeleológico e o potencial do turismo como ferramenta de conscientização e educação ambiental na região.

Em última análise, o projeto visa dar um passo para amplificar a execução dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), pois ele corrobora com a gestão sustentável, por meio de um plano de ação que visa o uso eficiente das cavidades com o mínimo impacto

possível. Além disso, por meio das visitas e da cartilha educativa, promove a sustentabilidade social, ambiental e econômico, bem como o desenvolvimento comunitário através do uso responsável e consciente dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

- ABREU, E. F; CASALI, D et al. **Lista de Mamíferos do Brasil (2022-1)**. 2022. Disponível em: <<https://sbmz.org/mamiferos-do-brasil/>>. Acesso em: 20 jan. 2024.
- ALFREDO, J. M. dos R. **A formação do professor e a educação ambiental**. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação. Campinas, SP: 2003.
- ALMEIDA F.F.M. 1977. **O Cráton do São Francisco**. Rev. Bras. Geociências. 7: 349-364.
- ANA. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos no Brasil**. 2022. Disponível em: <[https://www.ihu.unisinos.br/613665-sitio-arqueologico-lapa-vermelha-ameacado-por-fabrica-de-erveja](https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/relatorio-conjuntura-dos-recursos-hidricos-no-brasil-atualiza-informacoes-sobre-aguas-do-pais#:~:text=Em%202022%2C%20a%20retirada%20total,ind%C3%BAstria%20(9%2C4%25)>>. Acesso em: 29 mar. 2024.</p>
<p>ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO (AMB). Anuário Mineral Brasileiro: principais substâncias metálicas / Agência Nacional de Mineração. Brasília: ANM, 2023.</p>
<p>ARAÚJO, F.F.S et al. Manual de sinalização de trilhas. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. 3. ed. Brasília: MMA/ICMBio, 2023. 57 p.</p>
<p>ASSUNÇÃO, P. H. da S; BRAGANTE-FILHO, M. A. Atual metodologia de mapeamento de cavernas realizada pela sociedade excursionista e espeleológica – SEE. Anais do 33º Congresso Brasileiro de Espeleologia Eldorado SP, 15-19 de julho de 2015 – Sociedade Brasileira de Espeleologia.</p>
<p>AULER, A. S.; ZOGBI, L. Espeleologia – Noções Básicas. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2005. 103 p</p>
<p>AULER, A.; ZOGBI, L. Espeleologia: noções básicas. 1a ed. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2005.</p>
<p>AULER, A.S.; RUBIOLLI, E.; BRANDI, R. As grandes cavernas do Brasil. Belo Horizonte: Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, 2001, 227p.</p>
<p>BAETA, A; PROUS, A; SALES, H. Sítio Arqueológico Lapa Vermelha ameaçado por Fábrica de Cerveja. 2021. disponível em: <. Acesso em: 10 jan. 2024.
- BAHRENS III, WILLIAM W. et al. **The Limits to Growth**. New York: Universe Books, 1972. Disponível em: <http://collections.dartmouth.edu/published-derivatives/meadows/pdf/meadows_ltg-001.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2023.
- BARRETO, H. L. de M. **Regiões fitogeográficas de Minas Gerais**. Boletim Geográfico. v.14, n.130, p.14-28, 1956
- BARRETO, C; LIMS, H.P; BETANCOURT, C.J. **Cerâmicas arqueológicas da Amazônia: rumo a uma nova síntese**. Belém: IPHAN: Ministério da Cultura, 2016.

BARROS, L. S. C; LEUZINGER, M.D. **Planos de manejo: panorama, desafios e perspectivas**. Caderno do programa de pós-graduação Direito UFRGS. Porto alegre 2018. V 13. n° 2 p 281 -303.

BARR, T. C. **Cave ecology and the evolution of troglobites**. Geology, [s. l.], [p. 35–105], 1968. BARR, T. C. Cave Ecology and the Evolution of Troglobites. In: DOBZHANSKY, T.; HECHT, M. K.; STEERE, W. C. (eds.). Evolutionary Biology. Boston: Springer, 1968. p. 35–102. DOI: 10.1007/978-1-4684-8094-8_2.

BENTO; RODRIGUES, 2013 - BENTO, L. C. M.; RODRIGUES. Geoturismo em unidades de conservação: uma nova tendência ou uma necessidade real? - Estado da arte. Revista do Departamento de Geografia - USP, v. 25, p. 99-119, 2013.

BIOESFERA. **Plano de Manejo**. Disponível em: <https://www.biosferamg.com.br/arborizacao/plano-de-manejo/>. Acesso em: 23 abr. 2023.

BRANCO, P de M. **Espeleologia: o estudo das cavernas**. 2014. Disponível em: <<https://www.sgb.gov.br/publique/SGB-Divulga/Canal-Escola/Espeleologia:-o-estudo-das-cavernas-1278.html>>. Acesso em: 28 jan. 2024.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Decreto nº 58.054, de 23 de março de 1966**. Promulga a Convenção para a proteção da flora, fauna e das belezas cênicas dos países da América. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 mar. 1966. Seção 1, p. 3348 (Publicação Original). Disponível: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1960-1969/decreto-58054-23-marco1966-398707-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 20 mai. 2022.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Lei nº 5.197, de 3 de janeiro de 1967**. Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 5 jan. 1967. Seção 1, p. 177 (Publicação Original). Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-5197-3-janeiro1967-364679-norma-pl.html>. Acesso em: 12 mai. 2023.

BRASIL. **Decreto Nº 84.017 de 21 de setembro de 1979**. 1979. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Atos/decretos/1979/D84017.html>. Acesso em: 7 set. 2022.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 009, de 24 de janeiro de 1986**. Disponível em: <<https://www.areaseg.com/conama/1986/009-1986.pdf>>. Acesso me: 7 fev. 2024.

BRASIL. **Constituição. Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado, 1988. 168p.

BRASIL. **Portaria Ibama nº 887 de 15/06/1990**. Diário Oficial da União, Brasília, 20 de jun, 1990b. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=94232>>. Acesso em: 24 abr. 2022.

BRASIL. **Decreto-lei nº 99.556, de 1º de outubro de 1990**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 2 out. 1990. Seção 1, p. 18836 (Publicação Original). Disponível

em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1990/decreto-99556-1-outubro-1990-339026-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 15 dez. 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em: 23 mar. 2022.

BRASIL. **Decreto Federal Nº 6.640, de 7/11/2008**. 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2007-2010/2008/decreto/d6640.htm>._ Acesso em: 7 set. 2022.

BRASIL. **Plano Nacional da Mineração - PNM 2030**. Brasília: MME, 2011.

BRASIL. **Art. 12 da Instrução Normativa (IN) nº 2, de 2017** - Gabinete do ministro Instrução Normativa nº 2, de 9 de outubro de 2017. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=10/10/2017&jornal=1&pagina=47&totalArquivos=64>>. Acesso em: 3 mai. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Anuário Estatístico do Patrimônio Espeleológico Brasileiro 2020**. Brasília: ICMBio, 2021. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/destaques/90-anuario-estatistico-do-patrimonio-espeleologico-brasileiro-2018.html>. Acesso em: 16 mai. 2022.

BRAZIL FLORA GROUP (BFG). **Coleção Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2021. <http://doi.org/10.47871/jbrj2021004>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Manual de sinalização de trilhas** [recurso eletrônico] / Fabio França Silva Araújo... [et al.]. – 3. ed. – Brasília: MMA/ICMBio, 2023.

BRUNDTLAND, G. H. **Nosso futuro comum**: comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento. 2.ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CAMACHO, A. I. **The natural history of biospeleology**. Monografia (Museo Nacional de Ciências Naturales) – Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid. 1992.

CASTRO, E. M. N. V. **Diálogo com a vida: uma educação consciente**. In: filho, l.e.m. Meio ambiente e educação. Rio de Janeiro: Gryphus. P. 9-19, 1999.

CARSON, R. **Silent Spring**. Boston/New York: Mariner Book, 2002.

CAVALCANTI, J. A. D. **Mapeamento Espeleológico**. Ouro Preto: SEE, ed. 1,1996.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS (CECAV). **Relatório de Vistoria e Plano de Ações Emergenciais para o Uso Turístico da Gruta Rei do Mato**. Lagoa Santa, 2008.

CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS (CECAV). **Termo de Referência para o plano de manejo espeleológico de cavernas com atividades turísticas**. Brasília, 2008. 12p.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS (CECAV). **Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas – CANIE**. 2017. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>>. Acesso em: 20 mai. 2023.

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

CHAVES, T.F. **Uma análise dos principais impactos ambientais verificados no Estado de Santa Catarina**. R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 611-634, 2017.

CHEREM, L. F. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **O uso de imagens Cbers no monitoramento da expansão de atividades extrativas de rochas carbonáticas em Minas Gerais: o caso da província cárstica de Arcos-Pains**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. Resumos [...]. Florianópolis: Inpe, p. 807-814, 2007.

CONAMA. **Resolução CONAMA Nº 347/2004**. Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. Disponível em. <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res04/res34704.xml>>. Acesso em 03 nov. 2022.

COSTA, C.M.R.; HERRMANN, G.; LINS, L.V.; MARTINS, C.S; LAMAS, I.R. **Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para a sua Conservação**. 1ª ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. 1998, 92 p.

COSTA, C.M.R.; HERRMANN, G.; LINS, L.V.; MARTINS, C.S; LAMAS, I.R. **Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para a sua Conservação**. 1ª ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. 1998, 94 p.

COSTA, W.J.E.M. **Rivulus giarettai, a new killifish from the Araguari River drainage, upper Paraná River basin, Brazil**. Ichthyological Exploration of Freshwaters 2008, 91-95 p.

CRUZ, J.B; PILÓ, L.B. **Espeleologia e Licenciamento Ambiental**. [org] – Brasília: ICMBio, 2019. 262 p.; Il. Color. ISBN 978-65-5024-005-9.

CULVER, D. C.; SKET, B. **Hotspots of subterranean biodiversity in caves and wells**. Journal of Cave and Karst Studies 62: 2000.

DARWISH, T., KHATER, C., JOMAA, I., STEHOUWER, R., SHABAN, A. AND M. HAMZE. **Environmental impact of quarries on natural resources in Lebanon**. Land Degradation & Development, v.22, n.3, p. 345–358, 2011.

DIAS, I. C. G. **O uso de cartilha como ferramenta para promover a educação ambiental no ensino de ciências**. Dois Vizinhos RS: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

DONATO, C. R; RIBEIRO, A. S. **Caracterização dos impactos ambientais de cavernas do município de Laranjeiras, Sergipe**. Caminhos de Geografia. Uberlândia, vol. 12, n. 40, p. 243-255, dez. 2011.

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B. M; FABIANE ALMEIDA SEBAIO, F. A.; ANTONINI, Y. **Fatores Abióticos**. In: _____ Biodiversidade em Minas

Gerais - um atlas para sua conservação. 2ª. ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. p. 222

DRUMMOND, G.M., C.S. MARTINS, A.B.M. MACHADO, SEBAIO, F.A.; ANTONINI, Y. **Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua conservação**. 2ª. Ed., Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. 2005, 222p.

DRUMMOND, G. M.; MACHADO, A. B. M.; MARTINS, C. S.; MENDONÇA, M.P.; STEHMANN, J.R. **Listas Vermelhas das Espécies da Fauna e da Flora Ameaçadas de Extinção em Minas Gerais**. 2a ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. 2008. CD-ROM.

DRUMMOND, C. S. M. et al. **Biota Minas: diagnóstico do conhecimento sobre a biodiversidade no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2009.

ESTILLAC, B; RODRIGUES, G. **150 milhões de anos em risco: exploração predatória ameaça Pedra do Cálice**. 2022. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2022/07/24/interna_gerais,1382187/150-milhoes-de-anos-em-risco-exploracao-predatoria-ameaca-pedra-do-calice.shtml>. Acesso em: 2 ago. 2023.

FÉLIX, A., A.; FREITAS JÚNIOR, R. L. de. **Mapeamento Geológico e Hidrogeológico da Bacia Hidrográfica do Rio São Miguel, Alto São Francisco, Estado de Minas Gerais**. Trabalho de Graduação, IGC -UFMG, 2000.

FERREIRA, R. L. **Ecologia de comunidades cavernícolas associadas a depósitos de guano de morcegos**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 85p, 1998.

FERREIRA, R. L.; CARDOSO, R. C.; SOUZA, S. M. **Composição, riqueza e diversidade de invertebrados em cavernas de Dianópolis (TO)**. Revista Brasileira de Espeleologia, Brasília, v. 2, n. 7, 2016.

FERREIRA, R.L.; GOMES, F.M.C.; SILVA, M.S. **Ferramenta de Educação nas Atividades de Turismo em Paisagens Cársticas. Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas**, Campinas, 1(2), 2008, 145 - 164.

FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. **Trophic structure and natural history of bat guano invertebrate communities with special reference to Brazilian caves**. Tropical zoology, Firenze, V. 12, N 2, P 231-259, Dec. 1999.

FIGUEIREDO, L.A.V.D. **Cavernas e mineração: um diálogo necessário**. In the mine, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 34-38, maio/jun. 2009.

FIGUEIREDO, L. A. V.de. **Cavernas como paisagens racionais e simbólicas: Imaginário coletivo, narrativas visuais e representações da paisagem e das práticas espeleológicas**. São Paulo, 2010.

FREITAS, P. M. C. **Estudo de intercomunicação hidráulica superficial – subterrânea no Carste da área periurbana de Pains/MG, utilizando-se traçador Rodamina WT**. 2009.

FRIGO, F. J. G.; PIZARRO, A. P. **Cavernas da Província Carbonática e Espeleológica de Arcos-PainsDoresópolis**. 40º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. 1998.

FROESE, R; PAULY, D. **Base de Peixe**. Publicação eletrônica da World Wide Web. 2024. Disponível em: <https://www.fishbase.de/country/CountryChecklist.php?showAll=yes&what=list&trpp=50&c_code=076&cpresence=Reported&sortby=alpha2&ext_CL=on&vhabitat=fresh>. Acesso em: 05 jun. 2024.

FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS. **Plano de Manejo do Parque Estadual Serra do Rola-Moça**. 2019.

GATTI, R.C. **A institucionalização de “outras medidas efetivas de conservação baseadas em área” nas políticas públicas ambientais brasileiras: princípios e desafios para a implementação**. ENAP. Brasília – DF.2020.

GLORIAL, da P; NEVESL, W.A et al. **História das pesquisas bioarqueológicas em Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil**. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum., Belém, v. 12, n. 3, p. 919-936, set.-dez. 2017.

GOODRUM, M. R. **Biographical Dictionary of the History of Paleoanthropology Émile Rivière (1835-1922)**. 2015. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/135PFUPhwxJpsQ4zeR8ZFgWlwAjDnopYg/view>>. Acesso em: 5 fev. 2023.

GOMES, M do C.A; PILO, L.B. **As minas de salitre: a exploração econômica das cavernas em Minas Gerais nos fins do período colonial**. Espeleo-Tema, São Paulo, v. 16, p. 83 - 93, 1992.

GÓIS, L. **Tintas da Terra: O uso dos pigmentos naturais para uma pintura sustentável**. UFSJ, São João Del Rei, 2016.

GPME. **Flor de Aragonita localizada na Gruta Anésio III**. Disponível em: <http://www.wikiespeleo.gpme.org.br/wi/index.php?title=Flor_de_Aragonita> Acesso em: 8 jan. 2024.

GUARLADO, L. **O que é Cerrado: características e biodiversidade**. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM). 2023. Disponível em: <https://ipam.org.br/o-que-e-cerrado-caracteristicas-biodiversidade-e-desmatamento/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwjqWzBhAqEiwAQmtgT8_5aQKAHhPI2YtEl2np0XLRWJ99c0UFuUtXvLpXiOYflcfGKrYQRRoCe7YQAvD_BwE>. Acesso em: maio de 2024.

GUEDES, T; ENTIAUSPE, N et al. **Lista de répteis do Brasil: atualização de 2022**. 2023. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/371504192_Lista_de_repteis_do_Brasil_atualizacao_de_2022>. Acesso em: 26 out. 2022.

HENRIQUES JR., G. P. **Arqueologia regional da província cárstica do Alto São Francisco: um estudo das tradições ceramistas Una e Sapucaí**. São Paulo: Museu de Arqueologia e Etnologia – Dissertação de Mestrado, 2006.

HOLSINGER, J. R.; CULVER, D. C. **The invertebrate cave fauna of Virginia and a part of eastern Tennessee: zoogeography and ecology**. *Brimleyana*, 14:1-162, 1988.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). **Roteiro Metodológico para Elaboração de Planos de Manejo de Florestas Nacionais**. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). **Setor mineral**. ANM. 2021

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Roteiro metodológico de planejamento: Parque Nacional, Reserva Biológica e Estação Ecológica**. Brasília: IBAMA, 2002.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). **Roteiro Metodológico para Manejo de Impactos da Visitação**. Brasília: ICMBio, 2011.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **Plano de Manejo do Monumento Natural Estadual Gruta Rei do Mato: encarte 2 – planejamento e manual de gestão**. 2012. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/Plano_de_Manejo/rei_do_mato/encarte%20%20-%20planejamento%20e%20manual%20de%20gesto%20mngrm.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **Plano de Manejo do Monumento Natural Estadual Gruta Rei do Mato**. 2012. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/Plano_de_Manejo/rei_do_mato/encarte%20%20-%20planejamento%20e%20manual%20de%20gesto%20mngrm.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2023.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). **Plano de Manejo da Floresta Nacional do Amapá**. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Instrução Normativa IBAMA Nº 07, 30 de abril de 2015**. 2015. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2015/in_ibama_07_2015_institui_categorias_uso_manejo_fauna_silvestre_cativeiro.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2024.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). 2015. **Roteiro para criação de RPPN federal**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/docroteiorppn.pdf>>. Acesso em: 30 jul. 2023.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO); Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV). **Base de dados do Estado**

de Minas Gerais. Brasília: CECAV, 2015. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html>>. Acesso em: 18 abr. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Calcário Bodoquena**. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). 2017. **Instrução Normativa nº 2, de 9 de fevereiro de 2017**. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=136950>>. Acesso em: 12 abr. 2024.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). 2017a. **Instrução Normativa nº 7, de 21 de dezembro de 2017**. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/legislacao/instrucoes-normativas/arquivos/intrucao_normativa_07_2017.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2024.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO); MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA (MMA). **Manual de sinalização: unidades de conservação federais do Brasil**. 2018. Disponível em: <[manual_de_sinalizacao_unidades_de_conservacao_federais_do_brasil_2018.pdf](#)>. Acesso em: 13 ago. 2023.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO); MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA (MMA). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Brasília, DF: [s.n.], 2018. 492 p. v.1.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Plano de Manejo do Parque Nacional das Cavernas do Peruaçu**. 2018.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO); MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Roteiro metodológico para elaboração e revisão de planos de manejo das unidades de conservação federais**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade: ICMBio, 2018.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **Plano de Manejo do Parque Estadual Serra do Rola-Moça**. 2019. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/noticias/3306-nova-categoria/1714-plano-de-manejo-serra-do-rola-moca>>. Acesso em: 11 jun. 2023.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). **Plano de manejo do parque nacional da furna feia**. Brasília: ICMBIO, 2020.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO); CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS (CECAV). **Planos de manejo espeleológico: Diretrizes e orientações técnicas**. Brasília, 2022.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **Cobertura vegetal de Minas Gerais**. 2023. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/florestas#:~:text=Segundo%20o%20Mapa%20de%20Biom,ao%20norte%20do%20Estado%2C%20ocupa>>. Acesso em: 1 jun. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **Dia Nacional das RPPNs: unidades de conservação particulares contribuem para preservação de 113 mil hectares em Minas.** Portal Meio Ambiente MG. 2024. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/noticias/3941-dia-nacional-das-rppns-unidades-de-conservacao-particulares-contribuem-para-preservacao-de-113-mil-hectares-em-minas>>. Acesso em: 28 ago. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pains.** 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/pains.html>>. Acesso em: 7 out. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **História Pains, Minas Gerais.** 2023. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/pains/historico>>. Acesso me: 7 fev. 2024.

INSTITUTO PRÍSTINO. **Atlas digital geoambiental: sistema WebGis.** Belo Horizonte. 2005. Disponível em: <<https://institutopristico.org.br/atlas/>>. Acesso em: 19 fev. 2024.

JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. **Geodiversidade, Geoturismo e Geoconservação: Conceitos, Teorias e Métodos.** Espaço Aberto, v. 6, n. 1, p. 151-174, 2016. DOI: <https://doi.org/10.36403/espacoaberto>.

LEWINSOHN, T.M.; PRADO, P.I.2002. **Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento.** São Paulo: Contexto. 176p.

LINO, C. F. 2001. **Cavernas: O fascinante Brasil subterrâneo.** 2ª. ed. São Paulo: Gaia, 288p.

LIRA, E.M. de. **A criação do Parque Nacional da Serra do Divisor no Acre (1989) e sua inserção nas políticas federais de implantação de unidades de conservação federais no Brasil.** Universidade de São Paulo. São Paulo. 2015.

LOBO, H. A. S et al. **Proposta de metodologia de levantamento espeleológico para planos de manejo em Unidades de Conservação da natureza.** 2007. Disponível em: <file:///C:/Users/Administrador/Downloads/loboetal.2007_XXIXCBE_propostademetodologiaadelevantamentoesepeolgicoparaplanosdemanejoemunidadesdeconservao_9pg.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2023.

LOBO, H. 2008. **Capacidade de Carga Real (CCR) da Caverna de Santana, Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR) – SP e indicações para o seu manejo turístico.** São Paulo: UNESP, v. 27. n. 3, p. 369-385, 2008.

MACHADO, A. B. M et al. **Panorama Geral dos Invertebrados Terrestres Ameaçados de Extinção.** Biodiversitas. 2021. Disponível em: <<https://biodiversitas.org.br/wp-content/uploads/2021/06/Livro-Vermelho-Brasil-Invertebrados-terrestres.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2023.

MAGURRAN, A.E. **Diversidad ecológica y su medición.** Barcelona: Vedral, 1988. 200p.

MARRA, R. J. C. **Crítérios de relevância para a classificação de cavernas no Brasil.** Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2008.

MARTINHO, M. **Proteção individual (EPI's): proteger o necessário, incomodar o mínimo**. 2020. Disponível em: < <https://www.novoperfil.pt/Artigos/303619-Protecao-individual-%28EPI-s-protoger-o-necessario-incomodar-o-minimo.html> >. Acesso em: 17 mar. 2023.

MÉDIS, K.R. **Relações de Infância, Consumo e Sustentabilidade**. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Ciências da Linguagem da Universidade do Vale do Sapucaí, Pouso Alegre, MG, 2016.

MELO, P. H. A.; CARVALHO, D. A. **XXVII SBE de Portas Abertas**. Boletim Eletrônico da Sociedade Brasileira de Espeleologia t 1 s Notícias No ícia Ano 3 - Nº 83 - 11/04/2008.

MENEZES, P da C, et al. **Fundamentos do Planejamento de Trilhas**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade: ICMBio, 2020. 36 p.

MENEZES, P da C. **Placas-base e sinalização educativa**. Sinalização de trilhas. Disponível em: <<https://sinalizetrilhas.wikiparques.org.br/placas-base-e-sinalizacao-educativa/>>. Acesso em: 12 out. 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Diretrizes para Visitação em Unidades de Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

MIRANDA, M. P. de S. **Mineração em áreas de ocorrência de patrimônio espeleológico**. Revista MPMG Jurídico, Belo Horizonte, edição especial, p. 53-69, 2012.

MITTERMEIER, R.A., GIL, P. R.; MITTERMEIER, C.G. **Megadiversity: earth's biologically wealthiest nations**. CEMEX, Conservation International, Agrupación Sierra Madre, Cidade do México: 1997.

MOREIRA, J. C. **Geoturismo: Uma abordagem Histórico-Conceitual**. In: VI Seminário da Associação nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Turismo. São Paulo - SP. Anais do VI seminário da ANPTUR. São Paulo - SP, 2009.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. Nature, v. 403, p. 853-858, 2000.

NASCIMENTO, M. A. L.; AZEVEDO, U. R.; MANTESSO NETO, V. **Geoturismo: um novo segmento do turismo no Brasil**. Revista Global Tourism, v. 3, p. Internet, 2007.

OECO. **O que é uma Espécie Endêmica**. 2015. Disponível em: <<https://oeco.org.br/dicionario-ambiental/28867-o-que-e-uma-especie-endemica/>>. Acesso em: 15 mai. 2024.

OLIVEIRA, M.P.A. **Os métodos de coleta utilizados em cavernas são eficientes para a amostragem da fauna subterrânea?**. Dissertação (Pós-graduação em Ecologia Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **A Agenda 2030**. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 29 jul. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). **Caves and Karst of Hungary**. 2017. Disponível em: < <https://whc.unesco.org/en/list/725/>>. Acesso em: 29 jul. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **COP27**: o que você precisa saber sobre a Conferência do Clima da ONU. 2022. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/205789-cop27-o-que-voc%C3%AA-precisa-saber-sobre-confer%C3%AAncia-do-clima-da-onu>>. Acesso em: 12 mar. 2023.

PAJEWSKI, F. F. **Plano de manejo**. 2018. II Semana de aperfeiçoamento em engenharia florestal. Disponível em: < https://conservation.ufpr.br/wp-content/uploads/2018/10/4.-Plano-de-Manejo_Zoneamento_SEAFLOR_2018.pdf >. Acesso em: 11 jan. 2023.

PARDI, R de B. **Gestão de patrimônio arqueológico, documentação e política de preservação**. Mestrado Profissionalizante em Gestão do Patrimônio Cultural – Área de Concentração Arqueologia. Goiânia: 2002.

PARISE, M. **Hazards in karst**. In: Bonacci, O. (ed.). Sustainability of the karst environment: Dinaric karst and other karst regions. International Interdisciplinary Scientific Conference, Croatia, 185 p. 2009.

PEREIRA, R.G.F.A. **Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia - Brasil)**. Tese (Doutorado em Ciências) – Especialidade em Geologia, Universidade Minho, Lisboa, 2010.

PEREIRA, M.C. **Aspectos genéticos e morfológicos das cavidades naturais da Serra da Piedade, Quadrilátero Ferrífero/MG**. Dissertação de mestrado em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2012.

PESSA, H. **Características gerais de peixes continentais ameaçados de extinção**. MMA, ICMBio, CEPTA-PIRASSUNUNGA. Pirassununga-sp. Julho 2009.

PHILLIPSON, J. **Ecologia energética**. São Paulo: Nacional, 1969. 93 p.

PILO, L.B; AULER, A.S. **Introdução a espeleologia**. [org] – Brasília: ICMBio, 2019.

PILO. L. B; CRUZ, J. B. **A região cárstica de Pains**. [org] – Brasília: ICMBio, 2022.

PIZARRO, A. P.; FRIGO, F. J. G.; CAMPELO, M. S. **Atualização da Distribuição de Cavidades Significativas da Província Carbonática Espeleológica de Arcos-Pains**. Brasília: SBE. 2001. p. 245-248.

POULSON, T. L; WHITE, W.B. **The cave environment**. Science, Cambridge. V 165, N. 3897, P 971-981, SEPT.1969.

PORTELLA, M. O. **Efeitos colaterais da mineração no meio ambiente**. Revista brasileira de políticas públicas. v 5, n 3 . jul-dez 2015.

RADAMBRASIL. **Geologia, geomorfologia, pedologia e uso potencial da terra**. Folhas SF 23/24 – Rio de Janeiro/Vitória. Projeto RADAMBRASIL. Rio de Janeiro, 780p. 1983.

- RAMID, J.; RIBEIRO. A. **Declaração do Rio de Janeiro**. Estudos Avançados, v. 6, n. 15, p. 153-9, 1992.
- RAPOSO, M. A.; KIRWAN, G. M.; LOSKOT, V.; ASSIS, C. P. **São João del Rei is the type locality of *Scytalopus speluncae* (Aves: Passeriformes: Rhinocryptidae): a response to Maurício et al. (2010)**. Zootaxa, n. 3439, p. 51–67, 2012.
- REHME, F. C. **Espeleotemas como indicadores de conservação ambiental do conjunto jesuítas-fadas no parque estadual de campinhos – PR**. Dissertação Mestrado. Curitiba, 2008.
- REIGOTA, M. **Desafios à educação ambiental escolar**. Educação, meio ambiente e cidadania: reflexões e experiências. São Paulo, SP: SMA, 1998.
- REIS, N.R., A.L. PERACCHI, W.A. PEDRO; LIMA, I.P.2006. **Mamíferos do Brasil**. Londrina. 437p.
- RIBAS, L. M. CARVALHO, L. de C. **Cavidade natural subterrânea: natureza jurídica**. Interações, Campo Grande, v.10, n.1, p.83-93, jan./jun. 2009.
- RIBEIRO L. V.; VILELA, C. E. A. **Espeleometria das cavidades naturais subterrâneas da região de Pains – MG**. In: SBE, Cong. Brasil. Espeleol., 30, Montes Claros, MG. Anais [...], p. 203-209, 2009.
- RIOS, F. R. **Gênese e evolução de mesocavidades e espeleotemas em testemunho de sondagem**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Campus Universitário de Marabá, Instituto de Geociências e Engenharias, Faculdade de Geologia, Marabá, 2015.
- ROJAS, L. M. et al. **Retinal morphology and electrophysiology of two caprimulgiformes birds: the cave-living and nocturnal oilbird (*Steatornis caripensis*), and the crepuscularly and nocturnally foraging common pauraque (*Nyctidromus albicollis*)**. Brain Behav Evol., v. 64, p. 19-33, 2004.
- ROMEIRO, A. R. **Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômicoecológica**. estudos avançados 26 (74), 2012.
- RUCHKYS, U. de A. **Geoparques e a musealização do território: um estudo sobre o Quadrilátero Ferrífero**. Geologia USP. Publicação Especial, v. 5, p. 35-46, 2009.
- SCHOBENHAUS, Carlos; ROBERTO DA SILVA, Cassio (Orgs.). **Geoparques do Brasil: propostas**. Rio de Janeiro: CPRM, 2012.
- SEGALLA, M.V et al. **List of Brazilian Amphibians**.2021. Disponível me: <https://www.researchgate.net/publication/351634149_List_of_Brazilian_AmphiAmphi>. Acesso em: 29 out. 2022.
- SENA, Í. S. **Análise do Potencial Geoturístico da Região Central da Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa - MG**. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) Departamento de Cartografia do Instituto de Geociências da UFMG., 2015.

- SEQUINEL, M.C.M. **Cúpula mundial sobre desenvolvimento sustentável-Joanesburgo: entre o sonho e o possível.** Análise conjuntural, v.24, n.11-12. 2002
- SERRANO, E. C.; RUIZ FLAÑO, P. **Geodiversidad: Concepto, Evaluación y Aplicación Territorial.** El Caso De Tiermes (Caracena). Boletín de la A.G.E. n. 45, p. 79-98, 2007.
- SKET, B. **Can we agree on an ecological classification of subterranean animals?.** Journal of natural history, London, v. 42, n 21/22, p. 1549-1563, feb.2008.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE HERPETOLOGIA (SBH). **Brazilian reptiles, List of species.** 2008. Disponível em: <www.sbherpetologia.org.br>. Acesso em: 24 abr. 2023.
- SOCIEDADE EXCURSIONISTA E ESPELEOLÓGICA (SEE). **Projeto Arcos Pains Espeleologia (PROAPE):** SEE/DEGEO/EM/UFOP 2012. Ouro Preto: PROAPE, 2012.
- SOLO FERTIL. 2023. **Foto da cava da mineração.** Disponível em: <<https://calcariosolofertil.com.br/>>. Acesso em: 1 dez. 2023.
- SORRENTINO, M.; TRAJBER, R.; MENDONÇA, P.; FERRARO JUNIOR, L. A. **Educação ambiental como política pública.** São Paulo, SP: Revista Educação e Pesquisa, 2005. 31 v.
- STREATER, S. **Cavernas poluídas ameaçam abastecimento de água e vida selvagem:** Recursos subterrâneos são poluídos por atividades na superfície, que vão desde transbordamento de esgotos a velhas indústrias abandonadas. Scientific American Brasil, São Paulo, 8 jan. 2010. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/cavernas_poluidas_ameacam_abastecimento_de_agua_e_vida_selvagem.html>. Acesso em: 10 nov. 2023.
- THOMAS, L; MIDDLETON, J. **Guidelines for Management Planning of Protected Areas.** In: PHILLIPS, Adrian (Ed.). Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 10. IUCN, 2003.
- TIMO, M. B. **Identificação, caracterização e zoneamento do patrimônio geomorfológico da região cárstica Arcos-Pains, Minas Gerais.** Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG 2019.
- TRAJANO, E. **Cave fauna in the atlantic tropical rain forest: composition, ecology and conservation.** Biotropica, Washington, V. 32, N. 4 P.882-893, APR.2000.
- TRAJANO, E.; BICHUETTE, M. E. **Biologia Subterrânea.** São Paulo: Redespeleo Brasil, 2006. 92p.
- TRAJANO, E.; CARVALHO, M. R. de. **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.
- VASCONCELOS, A. G. **Mamíferos quaternários da cavidade ES-08, município de Prudente de Morais, Minas Gerais:** análise tafonômica e taxonômica. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. Belo Horizonte. 2014.

WINGE, M. et al. **Glossário Geológico Ilustrado**. 2021. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/glossario/index.html>>. Acesso em: 6 set. 2022.

ZAMPAULO, R. **Diversidade de invertebrados cavernícolas na Província Espeleológica de Arcos, Pains e Doresópolis (MG)**: subsídios para a determinação de áreas prioritárias para conservação. [s.l.] Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

ZAMPAULO, R de A; SIMOES, M.H. **História e evolução do conhecimento sobre a fauna cavernícola do Brasil**. ZAMPAULO, R de A; PROUS, X. In: Fauna cavernícola do Brasil. Belo horizonte, MG: RUPESTRE, 2022. p (24 - 57).

ANEXO A – Ficha de coleta



| FICHA DE COLETA – BIOSPELEOLOGIA | |
|----------------------------------|--|
| LOCAL | |
| DATA DA COLETA | |
| ESTAÇÃO DA COLETA | |
| NOME DO COLETOR | |

| INFORMAÇÕES SOBRE A CAVIDADE | |
|---|--|
| NOME DA CAVIDADE | |
| COORDENADAS/DATUM | |
| FOTOS - NÚMEROS | |
| Área - Ponto de referência | |
| Descrição do entorno | |
| Descrição geral da cavidade - Entrada - Morfologia - Desenvolvimento aproximado - Altura - Largura - Níveis | |
| Interações ecológicas | |
| Umidade | |
| Zonação da cavidade | () Entrada () Penumbra () Afótica |
| Descrição do piso/inclinação | |
| Matéria orgânica no interior da cavidade | () Guano () Material vegetal () Detritos () Raízes () Carcaças () Fezes de vertebrados () Bolotas de regurgitação |
| Aporte de recursos | |

ANEXO B – Cartilha



2023. MESTRADO PORFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA AMBIENTAL (MPSTA) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG)

Não há direitos reservados. A reprodução está autorizada, no todo ou em parte, desde que a obra original seja devidamente referenciada.

INFORMAÇÕES E CONTATOS

IFMG/BAMBUÍ. Faz. Varginha - Rodovia
BambuÍ/Medeiros - km 05.
CEP: 38900-000.

REITOR DO IFMG

Rafael Bastos

DIRETOR GERAL DO IFMG/CAMPUS BAMBUÍ

Humberto Garcia de Carvalho

COORDENADORA DO MPSTA - CAMPUS BAMBUÍ

Ana Cardoso

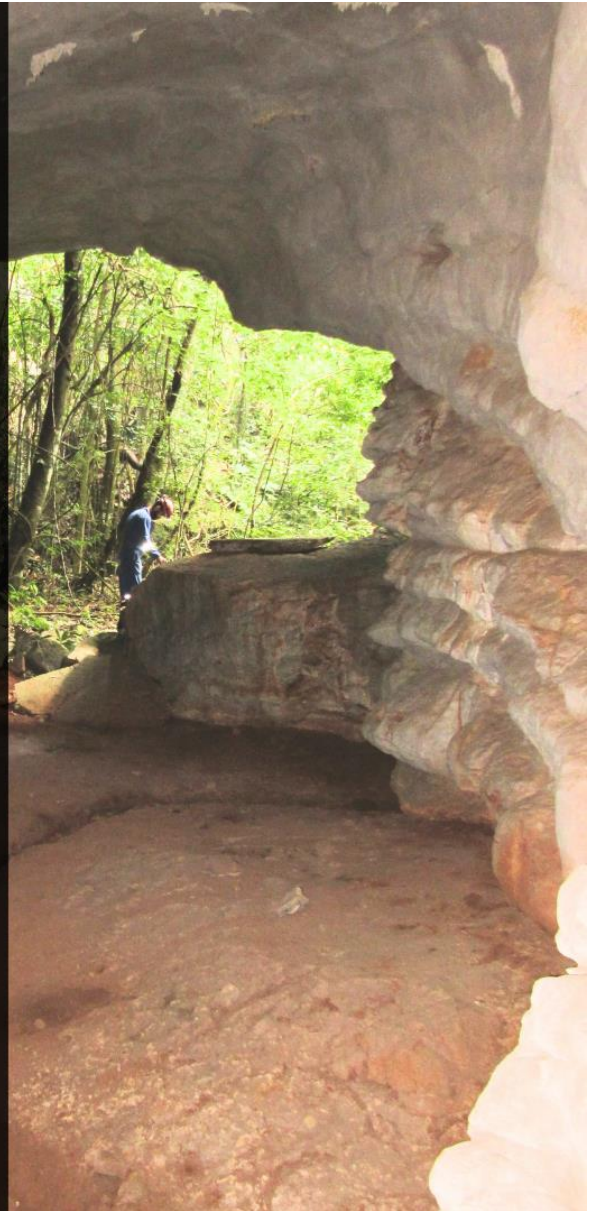
AUTORES

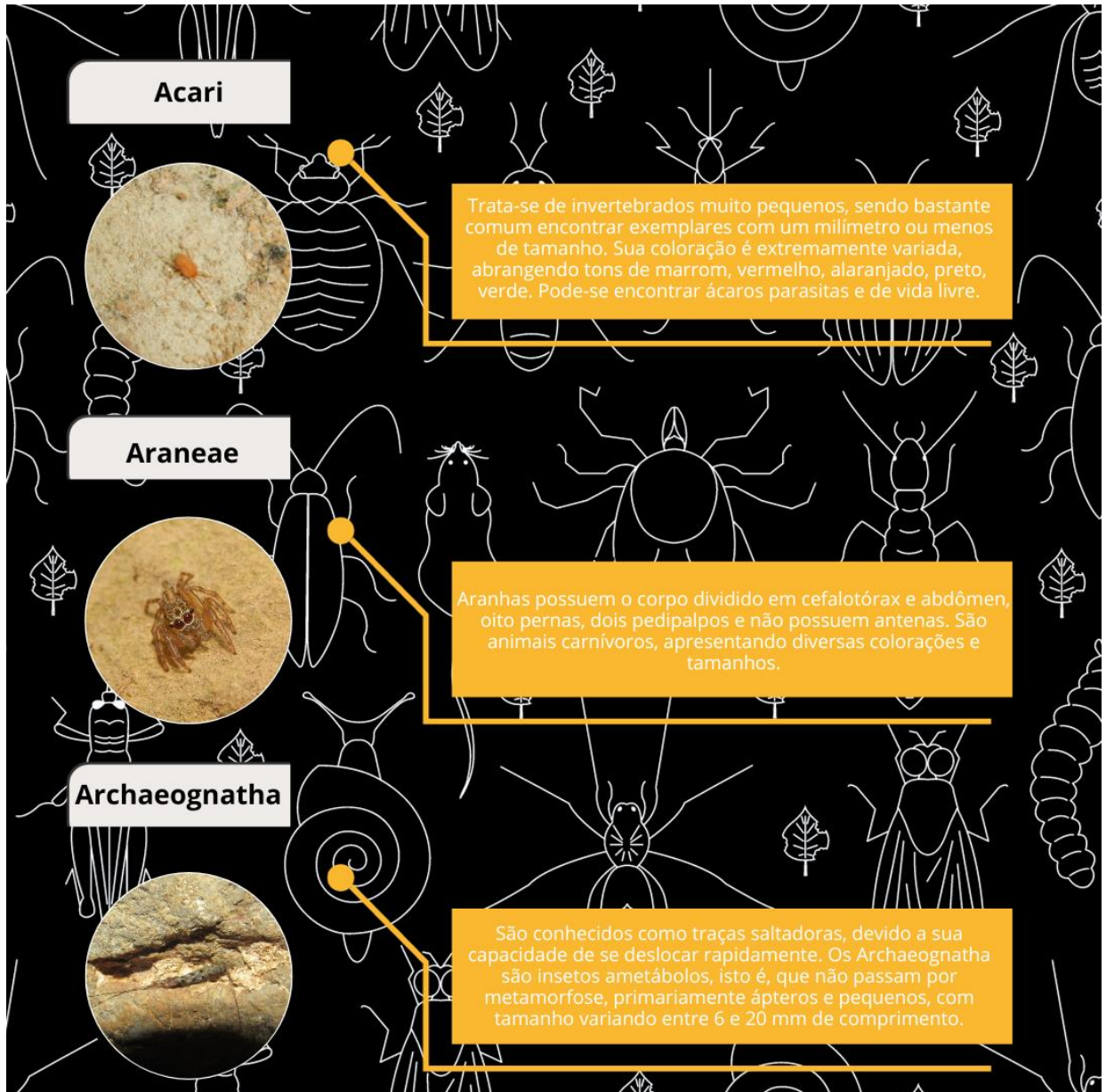
Giovana Batista Soares

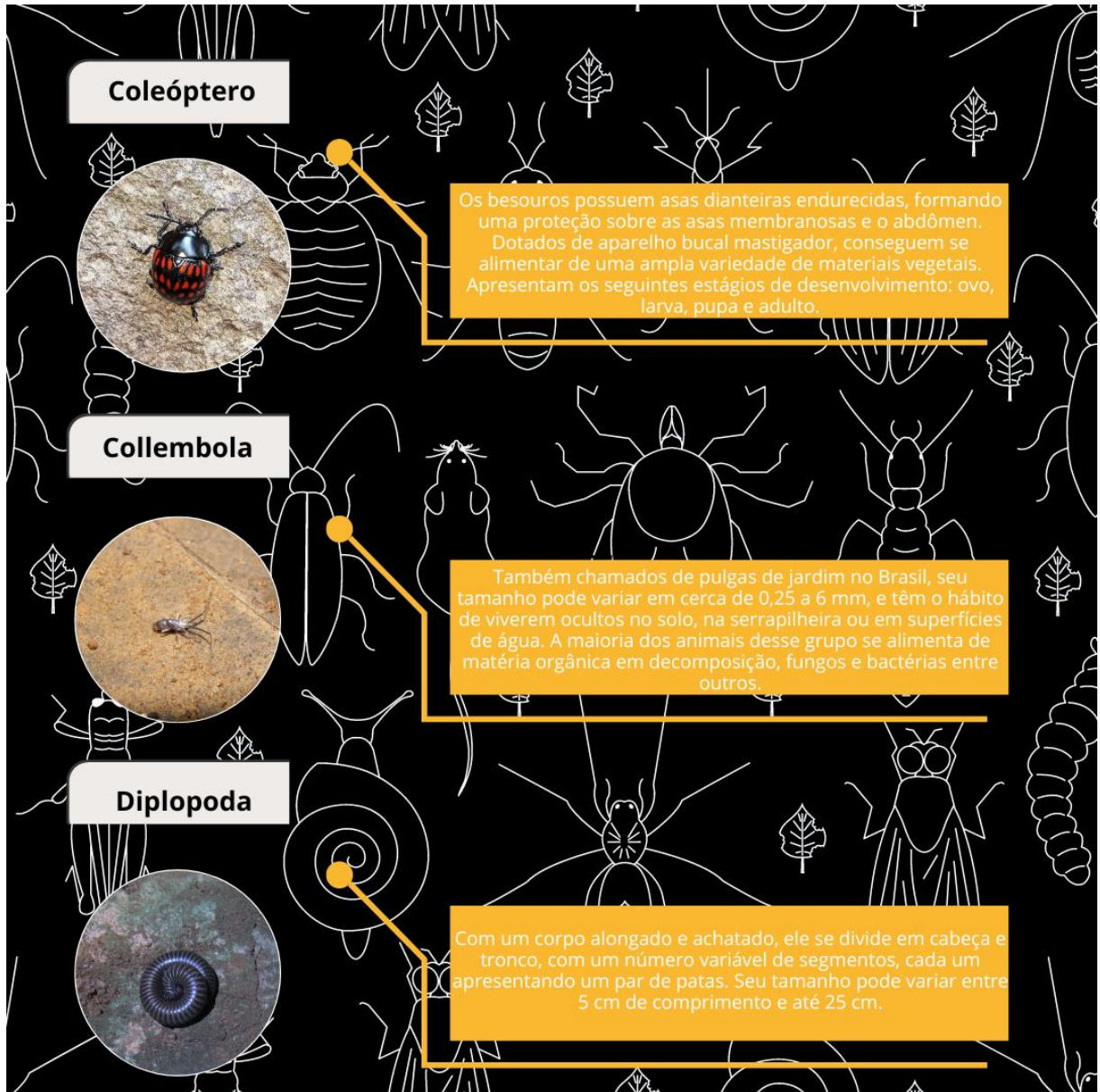
Pedro Luiz Teixeira de Camargo (orientador)

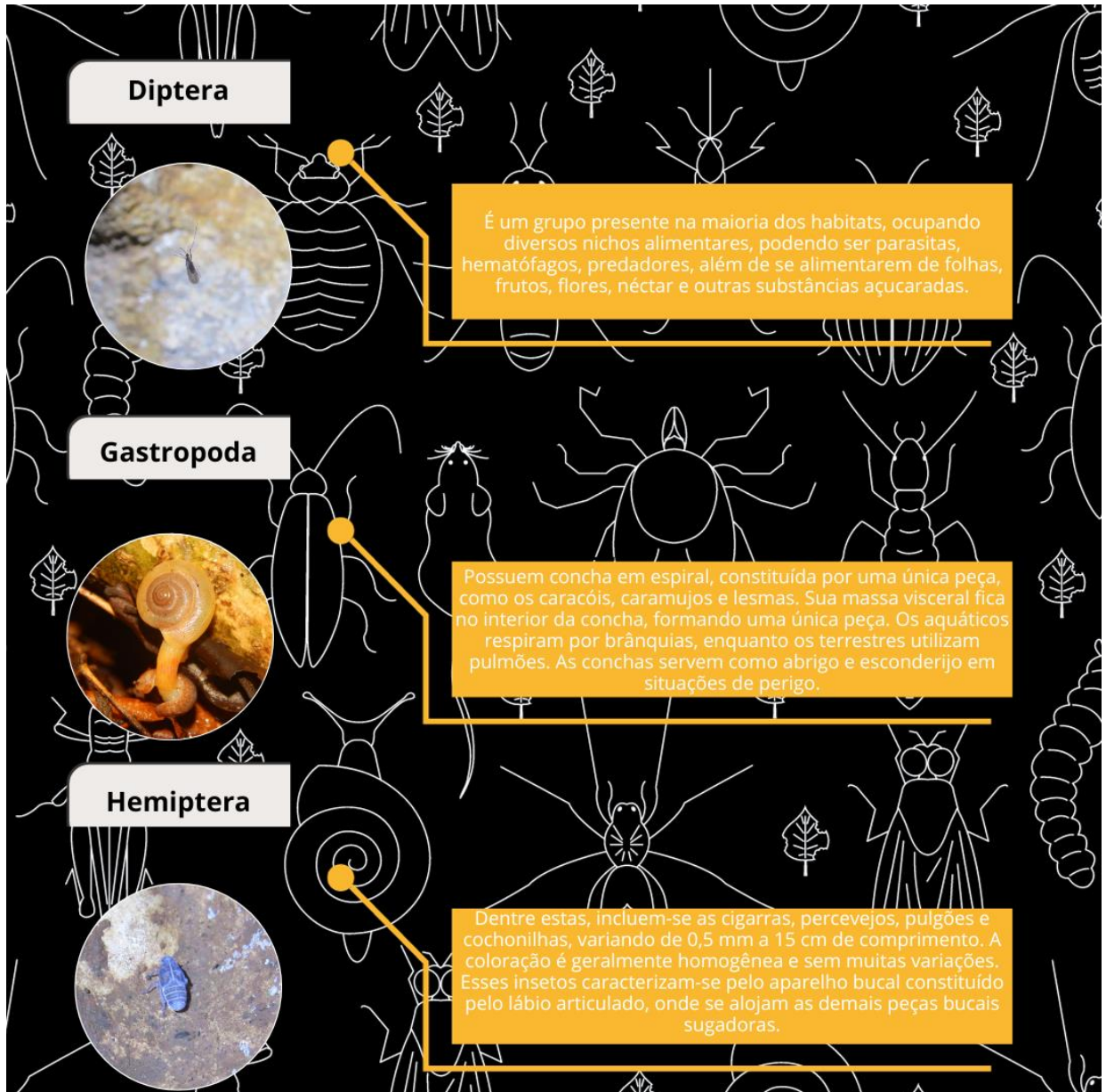
Marcos Santos Campello (coorientador)

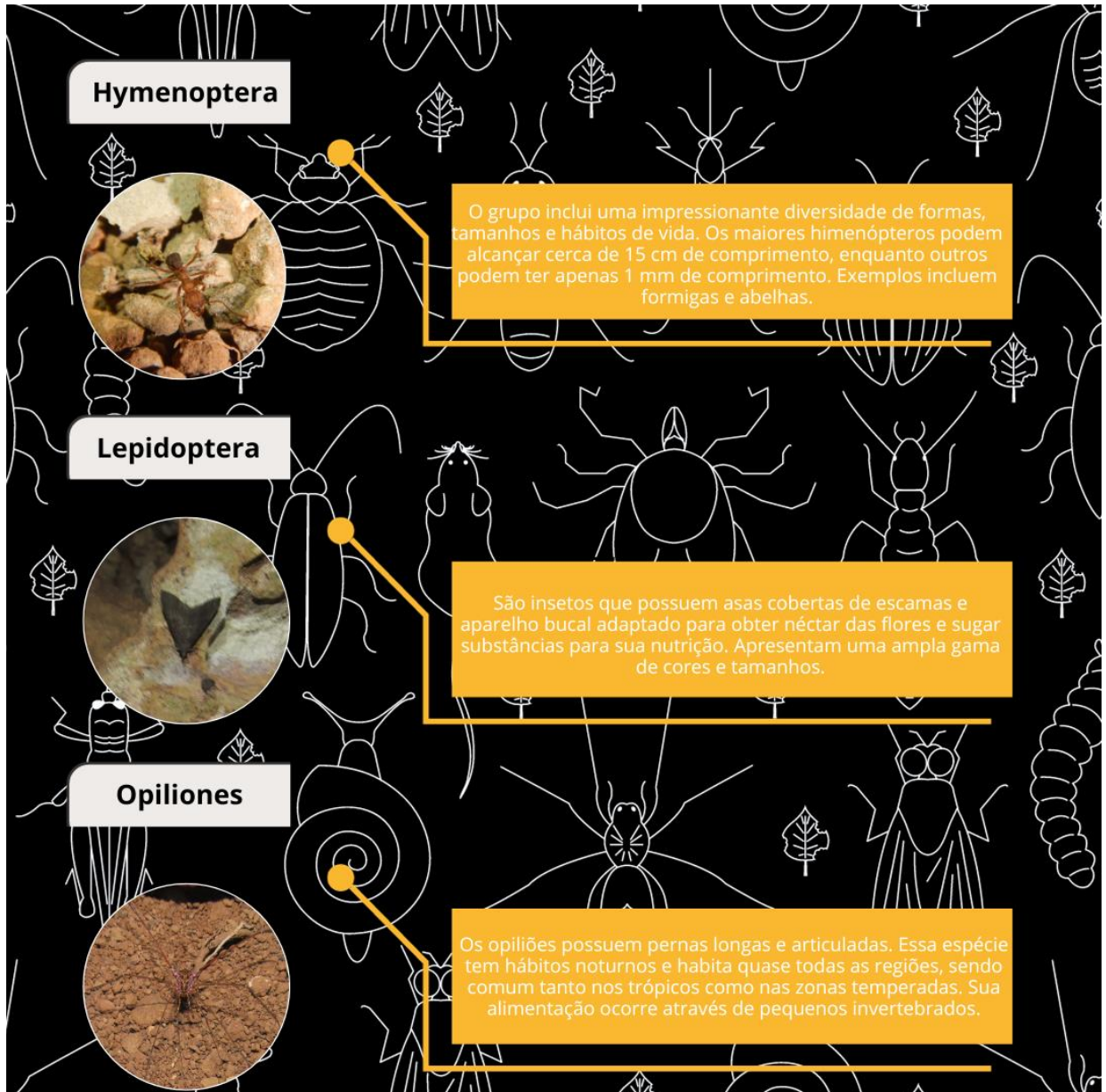
Esta cartilha tem o propósito de informar a todos os visitantes sobre a diversidade de invertebrados, através de uma breve descrição e de uma imagem real de cada ordem encontrada nas cavidades Tio Rafa I e Tio Rafa II da região cárstica de Pains, MG.

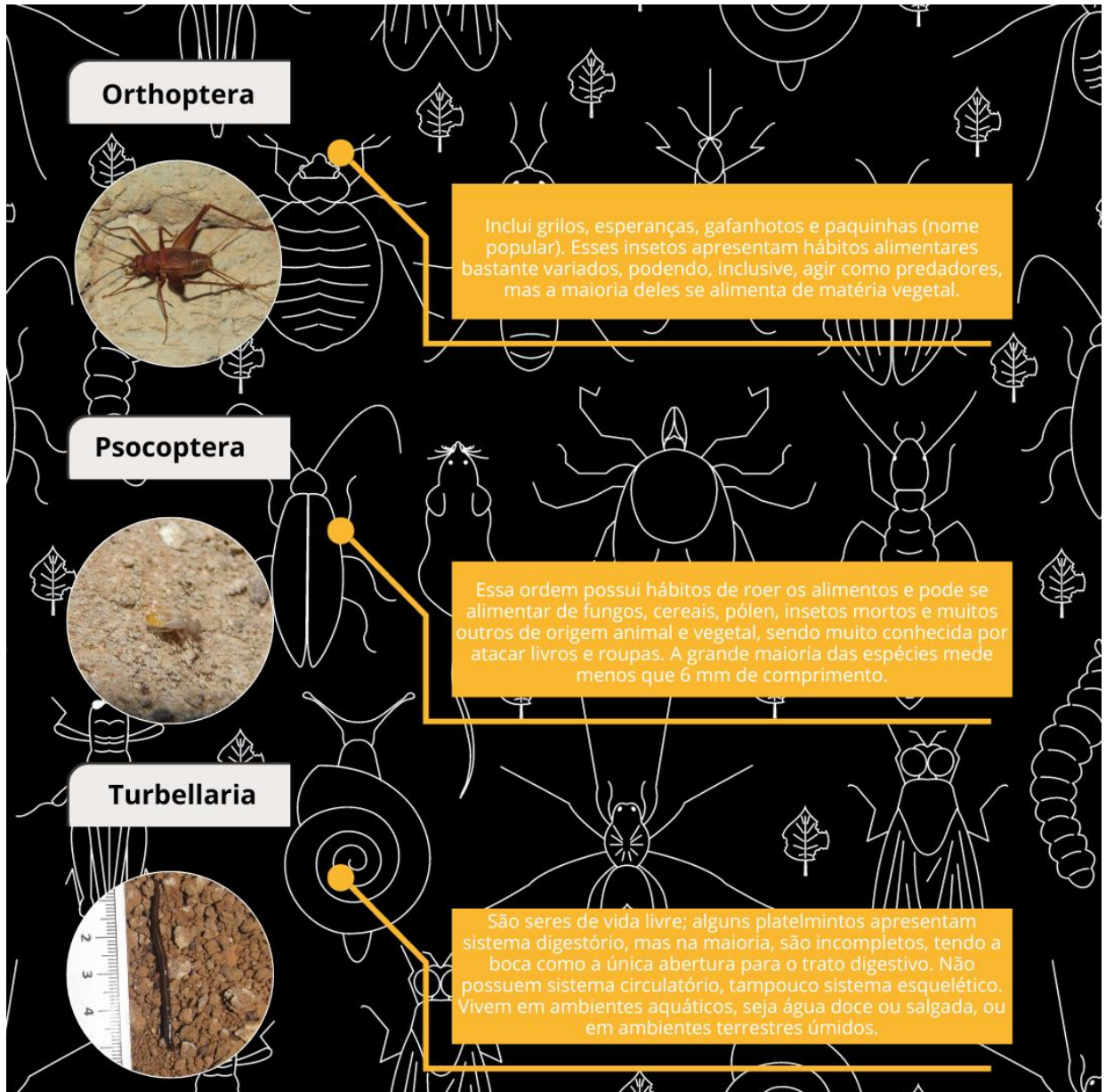















Chegamos ao fim desta cartilha, e esperamos sinceramente que as fotografias e as pequenas doses de conhecimento sobre cada espécie tenham sido úteis e esclarecedoras para proporcionar um maior entendimento sobre os invertebrados que vivem em uma caverna.

Esperamos que, através deste material auxiliar da visita turística nas cavidades, cada um possa tomar consciência de quão rico é o ambiente cavernícola e de quão importante é para nós a proteção desses locais. Que possamos divulgar cada vez mais a riqueza da nossa paisagem cárstica em Pains, MG.

Obrigada(o) pela leitura, e que juntos possamos proteger nossas cavidades!

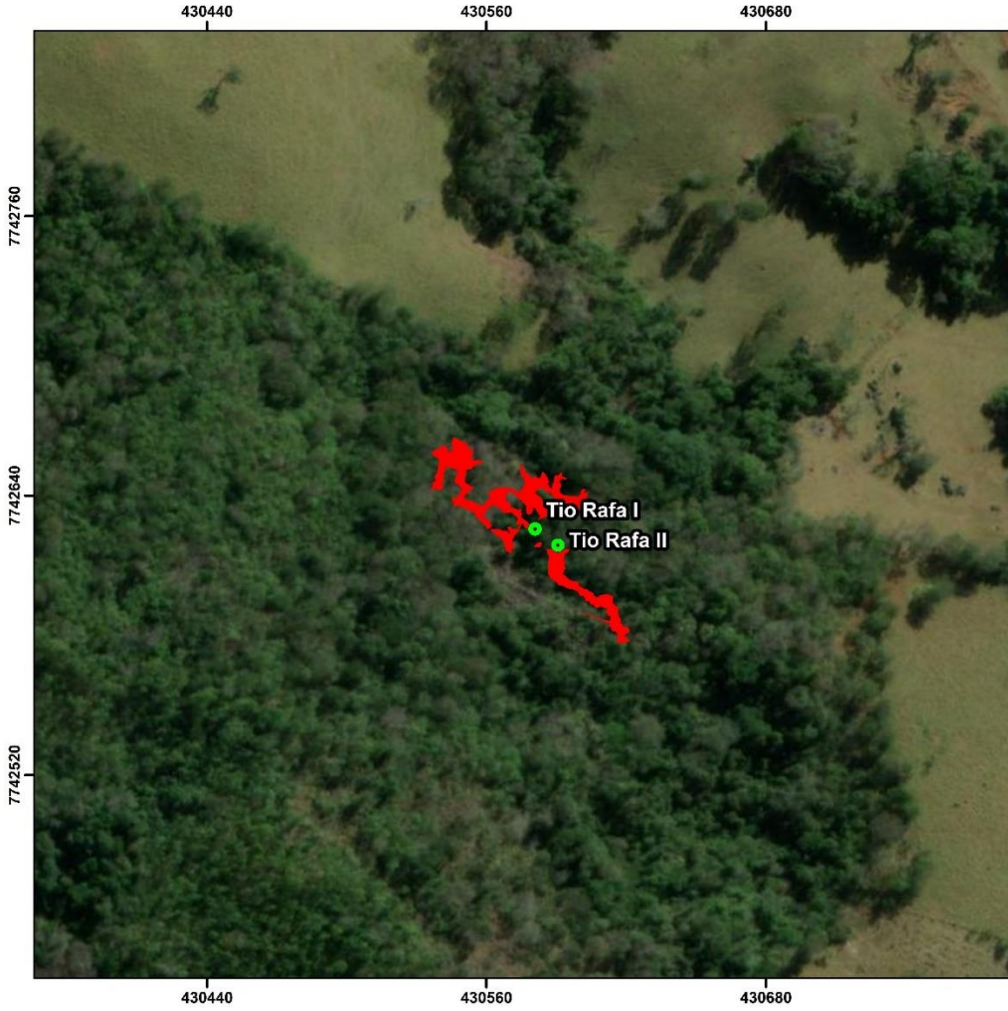
Referências bibliográficas





CAMARGO, AJ A, et al. Coleções entomológicas: legislação brasileira, coleta, curadoria e taxonomia para as principais ordens. 1.Ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Embrapa Cerrados. Coleção Entomológica da Embrapa Cerrados. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica>>. Acesso em: 14 nov. 2023.

CRANSTON, PS Insetos: Fundamentos da Entomologia. 5. ed. Rio de Janeiro, RJ: ROCA, 2019. VALBUZA, M. da F. Conhecimento atual sobre psocoptera no ambiente de armazenamento de grãos e alimentos industrializados. Monografia apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, UNESP. Rio Claro, SP: 2015.

FROEHLICH, EM; CARBAYO, F. Catálogo dos "Turbellaria" (Platyhelminthes) do Estado de São Paulo. Biota Neotrop. Dezembro de 2011. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000500019>. GULLAN, PJ;

ANEXO C – Contorno das Cavidades, vista superior



-  Limite Municipal
-  Pains
-  Ponto da Cavidade
-  Contorno da Cavidade



Localização

Projeção Universal de Mercator
UTM: Sirgas 2000 (23S)
Giovana Soares
Pains - MG

**ANEXO D – PRODUTO TÉCNICO-TECNOLÓGICO: MAPAS DE ZONEAMENTO
ESPELEOLÓGICO DAS CAVIDADES TIO RAFA I E II.**

FICHA TÉCNICA PARA A PRODUÇÃO TÉCNICA E TECNOLÓGICA

2024. MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA AMBIENTAL (MPSTA) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG)

Não há direitos reservados. A reprodução está autorizada, no todo ou em parte, desde que a obra original seja devidamente referenciada.

GESTORES DO IFMG:

IFMG/BAMBUÍ – Fazenda Varginha – Rodovia Bambuí/Medeiros – Km 05

Caixa Postal 05 – Bambuí – MG - 38900-000 - www.bambui.ifmg.edu.br

REITOR DO IFMG – Prof. Dr. Rafael Bastos Teixeira

PRÓ-REITORA DE INOVAÇÃO, PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - Prof. Dra. Gislayne Elisana Gonçalves

DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFMG – Prof. Dr. Venilson Luciano Benigno Fonseca

DIRETOR GERAL DO IFMG/BAMBUÍ - Prof. Dr. Humberto Garcia de Carvalho

DIRETOR DE INOVAÇÃO, PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DO IFMG/BAMBUÍ – Prof. Dr. Gustavo Augusto Soares

COORDENADORA DO MPSTA/IFMG BAMBUÍ – Prof. Dra. Ana Cardoso Clemente Ferreira Filha de Paula

AUTORES

Giovana Batista Soares (aluna)

Dr. Pedro Luiz Teixeira de Camargo (orientador)

Dr. Marcos Santos Campello (coorientador)

Catálogo - Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

| | |
|-------|---|
| S676p | <p>Soares, Giovana Batista. Produto técnico -tecnológico: mapas de zoneamento espeleológico das cavidades Tio Rafa I e II. / Giovana Batista Soares, Pedro Luiz Teixeira de Camargo, Marcos Santos Campello. – Bambuí, 2024. 9 p. : il. ; color.</p> <p>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2024.</p> <p>1. Produto técnico. 2. Solução de um problema previamente identificado. 3. Mapas de zoneamento. I. Camargo, Pedro Luiz Teixeira de. II. Campello, Marcos Santos. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 578.7</p> |
|-------|---|

Elaborada por Douglas Bernardes de Castro- CRB-6/2802

1. APRESENTAÇÃO

O Produto Técnico escolhido para o trabalho foi um mapa. O projeto propõe um plano de ação para um futuro plano de manejo em uma RPPN, cujo objetivo principal é promover visitas turísticas em duas cavidades. Com isso, foram gerados dois mapas de zoneamento espeleológico que definem setores dessas cavidades para que haja manejo e normas específicas, levando em consideração as características tanto do meio físico quanto do meio biótico. O intuito é conservar esse ambiente cavernícola e, ao mesmo tempo, difundir o conhecimento sobre as belezas naturais das cavernas, impulsionando a economia dos municípios ao redor.

A finalidade é conscientizar sobre a importância do plano de manejo em todas as categorias de unidades de conservação, especialmente quando abrange cavidades, ressaltando a importância do zoneamento para conservação e orientação. Este Produto Técnico é ideal para orientar empresas de mineração que possuem compensação ambiental envolvendo cavernas, visando torná-las mais interativas com a sociedade, promovendo assim o desenvolvimento da educação ambiental e da sustentabilidade.

2. OBJETIVO(S)

Objetivo da Pesquisa

- () Experimental
- (x) Solução de um problema previamente identificado
- () Sem foco de aplicação inicialmente definido

Demanda

- (x) Espontânea
- () Contratada
- () Por concorrência

3. CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO TÉCNICO/TECNOLÓGICO (PTT)

3.1 Complexidade, vantagens, limitações e nível de complexidade (alta, média, baixa)

3.2 A qual linha de pesquisa do MPSTA o produto atende?

Linha 3. Planejamento e Gestão Ambiental

3.3 Qual o projeto de pesquisa o ptt pode ser vinculado?

Mapa

3.4 Qual o caráter inovador?

- Alto** - Desenvolvimento com base em conhecimento inédito
- Médio** - Combinação de conhecimentos pré-estabelecidos
- Baixo** - Adaptação de conhecimento existente
- Sem inovação aparente

3.5 Para qual público-alvo (situação) ele é indicado? o que ele visa oferecer a este público?

Inicialmente, esses mapas têm como público-alvo a mineração, que detém o domínio da região onde estão as cavidades, para serem usados na conservação e compensação ambiental. Em seguida, o segundo público-alvo inclui a população local, pois representam a disseminação do conhecimento sobre a província cárstica desse município, e através das visitas servem como ferramenta de educação ambiental e estratégia para o ecoturismo.

3.6 Abrangência territorial

Município de Pains-MG.

3.7 Quando/onde ele poderá ou deverá ser utilizado? Caracterize se seu uso será potencial ou imediato/real.

Esses mapas podem ser utilizados em pesquisas científicas aprofundadas, visitas turísticas, além de servirem como ponto inicial para uma possível implantação de uma unidade de conservação com viés turístico. Essas cavidades estão inseridas na área de domínio de uma mineração, e, com isso, esses mapas podem ser utilizados para agregar áreas de compensação ambiental e áreas de proteção.

4. IMPACTO

4.1 Qual a área impactada pela produção?

- Ambiental
- Social
- Econômica
- Saúde
- Ensino
- Cultural
- Científica

Aprendizagem

4.2 Qual o setor da sociedade beneficiado pelo impacto? (escolha uma das opções abaixo)

Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura

Indústrias de transformação

Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação

Construção

Comércio, reparação de veículos automotores e motocicletas

Transporte, armazenamento e correio

Alojamento e alimentação

Informação e comunicação

Atividade financeiras, de seguros e serviços relacionados

Atividades imobiliárias

Atividades profissionais, científicas e técnicas

Atividades administrativas e serviços complementares

Administração pública, defesa e seguridade social

Educação

Saúde humana e serviços sociais

Artes, cultura, esporte e recreação

Outras atividades de serviços

Serviços domésticos

Organismos internacionais e outras instituições extraterritoriais

Indústrias extrativas

Eletricidade e gás

4.3 Qual o tipo de impacto?

Real

Potencial

Os mapas possuem um impacto potencial, uso no ecoturismo do município, para ser utilizado como ferramenta na educação ambiental, além de agregar conhecimento na área da

espeleologia. E por fim são estratégias sustentáveis para compensações ambientais efetivas e com retorno a sociedade, podendo ser utilizados por minerações ou empresas com cavidades em seu território.

4.4 Qual o nível do impacto (alto, médio, baixo)?

- Alto
- Médio
- Baixo

4.5 Descrição do impacto (justificar a escolha da área mais impactada)

O impacto é baixo, pois a finalidade do mapa é justamente delimitar áreas frágeis e restritas de visitação, para que a presença dos indivíduos seja com o intuito de conscientizar sobre o ambiente cavernícola com o mínimo impacto possível. Por isso, foi delineado todo o trajeto do visitante dentro das cavidades, com pontos importantes destacados.

4.6 Qual o estágio da tecnologia

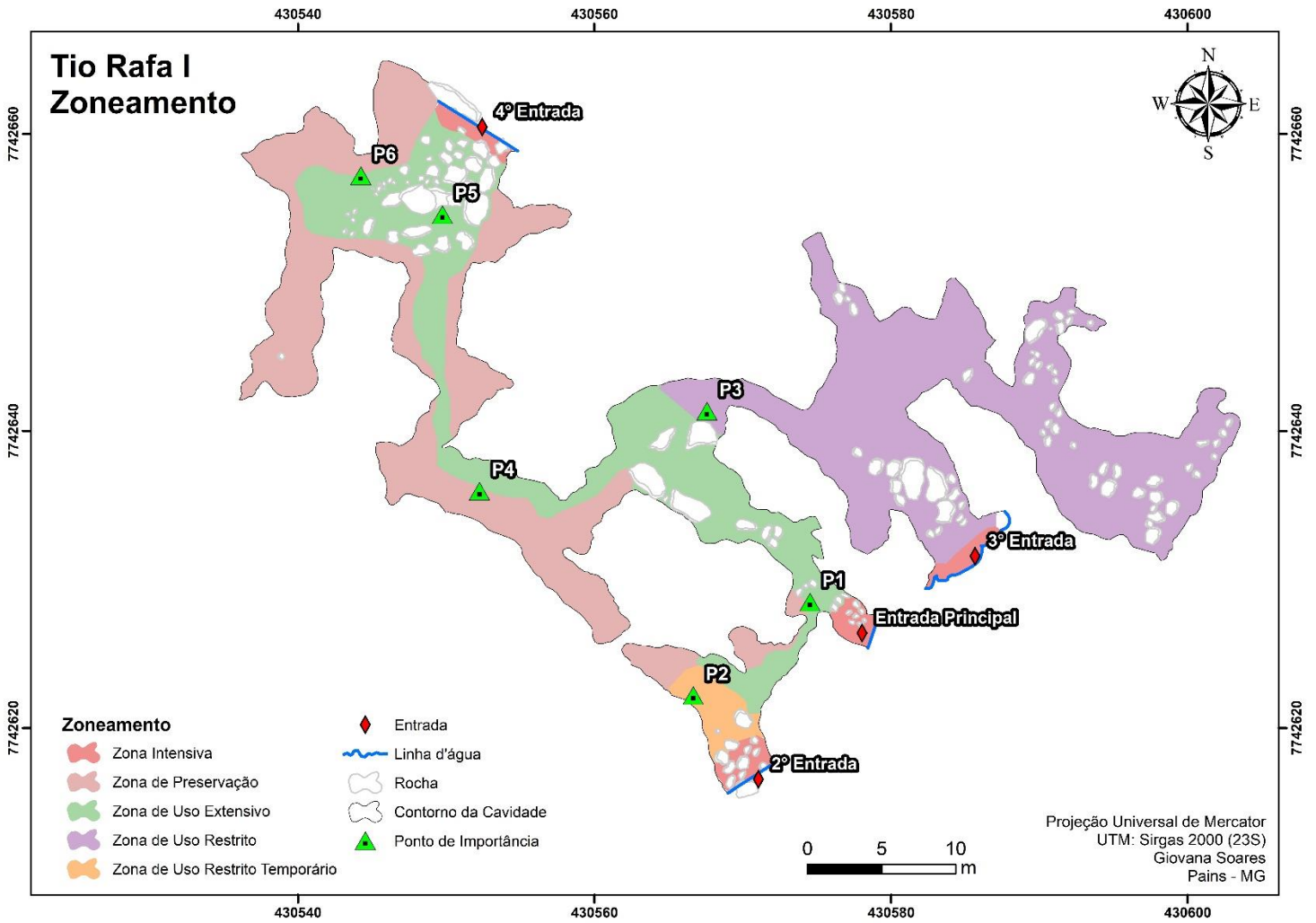
- Piloto/protótipo
- Finalizado/implantado
- Em teste

5. Informe se possui registro

- ISBN:
- INPI:
- DOI:
- Outro: Nenhum

6. PRODUTO TÉCNICO/TECNOLÓGICO

Zoneamento espeleológico Tio Rafa I



Zoneamento espeleológico Tio Rafa II

