



Universidade Federal
de São João del-Rei

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
Departamento de Geociências
Curso de Geografia Bacharelado

Leonardo Silva Araújo

Pedro Augusto Vieira Assunção

Caracterização do patrimônio espeleológico: Estudo de caso da Gruta Cachoeira da Zilda, Carrancas-MG

São João del-Rei

Novembro/2018

Leonardo Silva Araújo

Pedro Augusto Vieira Assunção

Caracterização do patrimônio espeleológico: Estudo de caso da Gruta Cachoeira da Zilda, Carrancas-MG

Trabalho de Conclusão do Curso de Geografia -
modalidade Bacharelado, da Universidade Federal
de São João del-Rei.

Orientador:

Prof. Dr. Múcio do Amaral Figueiredo

São João del-Rei

2018

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB)
e Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A658c Araujo, leonardo.
Caracterização do patrimônio espeleológico: Estudo
de caso da Gruta Cachoeira da Zilda, Carrancas-MG /
leonardo Araujo ; orientador Múcio do Amaral
Figueiredo. -- São João del-Rei, 2018.
34 p.

Trabalho de Conclusão (Graduação - Geografia) --
Universidade Federal de São João del-Rei, 2018.

1. Caracterização do patrimônio espeleológico
siliciclásticos como objeto de estudo a Gruta
Cachoeira da Zilda, Carrancas-MG. I. do Amaral
Figueiredo, Múcio, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB)
e Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A851c Assunção, Pedro .
Caracterização do patrimônio espeleológico: Estudo
de caso da Gruta Cachoeira da Zilda, Carrancas-MG /
Pedro Assunção ; orientador Múcio do Amaral
Figueiredo. -- São João del-Rei, 2018.
34 p.

Trabalho de Conclusão (Graduação - Geografia) --
Universidade Federal de São João del-Rei, 2018.

1. Caracterização do patrimônio espeleológico
siliciclásticos como objeto de estudo a Gruta
Cachoeira da Zilda, Carrancas-MG. I. do Amaral
Figueiredo, Múcio, orient. II. Título.

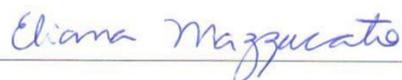
LEONARDO SILVA ARAÚJO

PEDRO AUGUSTO VIEIRA ASSUNÇÃO

Caracterização do patrimônio espeleológico: Estudo de caso da Gruta Cachoeira da Zilda, Carrancas-MG

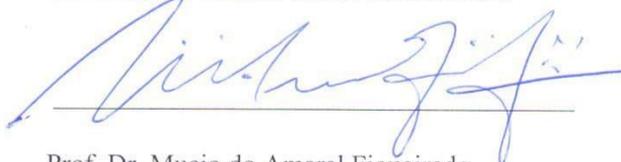
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de São João Del-Rei.

Comissão Examinadora:



Profª. Eliana Mazzucato

Universidade Federal de São João Del Rei



Prof. Dr. Mucio do Amaral Figueiredo

Universidade Federal de São João Del Rei

DEDICATÓRIA

Eu, Leonardo Silva Araújo dedico esse trabalho primeiramente aos meus pais Leila e Adilson que sempre me apoiaram em minhas escolhas e foram meu porto seguro nessa caminhada acadêmica, tendo paciência e entendo que um passarinho deve deixar o ninho e alçar seus próprios voos. Dedico também ao meu irmão Erickson e a meu primo Paulo Cezas que deixaram de estar presentes fisicamente em minha vida, mas sempre os levo em meu coração e nas memórias que tivemos juntos, sabendo que sempre estarão ao meu lado nos momentos de dificuldade.

AGRADECIMENTOS

Eu, Leonardo agradeço primeiramente ao Pai Celestial que trilha meus passos e ilumina meu caminho, ao meu pai Adilson que no seu jeito de agir me demonstrou que um coração bom vale mais que toda glória do mundo, a minha mãe Leila que com toda sua força e garra me mostrou que não importa de onde você veio com determinação e trabalho pode-se chegar a qualquer lugar, agradeço aos meus pais pela força e conselhos que foram de vital importância para proporcionar a conclusão da graduação, também de todas as orações recebidas para que o sonho do ensino superior se tornasse realidade, a meu avô José Otaviano que na simplicidade de viver me ensinou que a humildade é a maior das virtudes.

Eu, Pedro Augusto Vieira Assunção, agradeço primeiramente aos meus pais, Tânia e Aguiar, que sempre incentivaram o meu estudo e seguir um sonho, que é a espeleologia, à minha avó, Maria do Coração de Jesus Vieira, conhecida como Dona Lia, com a frase marcante em que “o nome do Pai é quem protege” nessa atividade que sempre oferece risco à integridade física.

Juntamente agradecemos ao biólogo subterrâneo Robson Zampaulo, que disponibilizou material didático utilizado na produção do trabalho, ao professor orientador, Doutor Múcio do Amaral Figueiredo pela paciência, persistência e disponibilidade, e a todos os amigos pelos auxílios, incentivos, materiais e críticas, que possibilitaram a confecção deste trabalho.

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo apresentar as características físicas da caverna Gruta Cachoeira da Zilda, pautada em revisões bibliográficas e campanhas de campo. Com base nos conhecimentos adquiridos em gabinete buscou-se entender as dinâmicas geomorfológicas da localidade para estabelecer um padrão de carstificação no entorno da mesma. Nas campanhas, pretendeu-se zonar a área de influência da cavidade e foi observado o potencial espeleológico da área. O entendimento das estruturas, organização e formações geológicas da região do denominado *nappe* Carrancas, tornaram-se aporte teórico para uma descrição espeleogenética e discussão sobre a relevância de estudos em carstes siliciclásticos, este, pouco estudado e considerado de baixa expressividade comparado aos carstes carbonáticos. A caverna estudada apresentou diversos espeleotemas, animais e marcas de dissolução, como escorrimentos e *pipes*, assumindo um status de importância em relação aos estudos que não valorizam o patrimônio espeleogenético em litologias siliciclásticas.

Palavras Chaves: espeleogênese, quartzitos, carste, patrimônio espeleológico.

Abstract

The present work had as objective to present the physical characteristics of the Cave Waterfall of Zilda, based on bibliographical reviews and field campaigns. Based on the knowledge acquired in the study, the aim was to understand the geomorphological dynamics of the locality in order to establish a karsification pattern in the surroundings. In the campaigns it was intended to zonate the area of influence of the cavity and the speleological potential of the area was observed. The understanding of the structures, organization and geological formations of the region of the denominated *nappe* Carrancas, became a theoretical contribution to a speleogenetic description and discussion about the relevance of studies in siliciclastic karst, this little studied and considered of low expressiveness compared to carbonate karst. The studied cave presented several speleothems, animals and dissolution marks, such as slides and pipes, assuming a status of importance in relation to studies that do not value the speleogenetic heritage in siliciclastic lithologies.

Keywords: speleogenesis, quartzites, karst, speleologic heritage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização de Minas Gerais no Brasil e Carrancas em Minas Gerais.....	14
Figura 2: Caminho entre a cidade de Carrancas e o Parque Serra do Moleque.....	15
Figura 3: Mapa Geológico da região de Carrancas com ponto da localização da Caverna.....	17
Figura 4: imagem de Satélite da área de influência da Caverna.....	19
Figura 5: Potencial espeleológico do entorno da Cavidade.....	20
Figura 6: Mapa da SBE de 2002 adaptado com espeleotema e blocos abatidos.....	21
Figura 7: Boca A da Toca da Cachoeira da Zilda: a) entrada pela trilha; b) entrada pela drenagem hídrica separada da trilha por um pilar rochoso; c) parte afunilada da entrada para o primeiro salão.....	22
Figura 8: a) e b) mostram a boca B da caverna.....	22
Figura 9: Acúmulo de guano de morcegos: a) Guano na parede; b) Guano acumulado em blocos; c) Guano acumulado em um conduto.....	23
Figura 10: Aracnídeos encontrados na Toca da Cachoeira da Zilda; os círculos nas figuras a), b) e c) sinalizam os aracnídeos na figura.....	24
Figura 11: Marcas na parede da caverna sugerindo variações do nível freático. A linha trastejada nas figuras sinaliza a variação do nível de base local.....	24
Figura 12: Pipes de dissolução no interior da caverna. As setas sinalizam os pipes: a) Pipes baixos próximo a linha de drenagem atual; b) Pipe superior de um nível de base mais alto do que o atual; c) Pipe superior de um nível de base mais alto do que o atual com cerca de 7m de desenvolvimento.....	25
Figura 13: Escorrimentos: a) Formados na parte mais alta do que a drenagem atual; b) formados junto a linha de drenagem com o fluxo constante, porém com baixa energia; c) formado com o fluxo constante de água de forma abundante.....	26
Figura 14: Microtravertinos. Formados a partir dos escorrimentos de forma análoga à figura 12.....	27
Figura 15: a), b) e c) mostram coralóides de diferentes tamanhos no teto da caverna.....	27
Figura 16: a) e b) apresentam o espeleotema Couve-Flor.....	28
Figura 17: a) e b) mostram Pipocas de Sílica.....	28
Figura 18: a), b) e c) mostram formações de Coral de Sílica.....	29
Figura 19: a), b) e c) mostram o espeleotema Casca de ovo.....	29
Figura 20: Falhas. As setas sinalizam os pipes e falhas a) e b) Falhas com a presença de um pipe tornando a área uma linha de fraqueza da rocha; c) Falhas no teto da caverna.....	30

Sumário

INTRODUÇÃO.....	10
DESENVOLVIMENTO	14
Área de estudo	14
Geologia regional.....	15
Geologia local.....	18
Metodologia.....	18
Resultados e discussão	20
CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

INTRODUÇÃO

Os seres humanos utilizaram as cavernas por um grande período de tempo e por diferentes razões: abrigo, moradia, fortalezas, local de enterros cerimoniais, minas, lugares sagrados. A ligação do homem com as cavernas vem desde os primórdios de nossa existência, sem as cavernas não teríamos conhecimento satisfatório sobre nossos ancestrais e o modo de vida que eles levavam. O estudo mais aprofundado das cavernas não se dá somente para entender como nossos antepassados viviam muito pelo contrário o interesse em realizar o estudo espeleológico atualmente está ligado a questões econômicas, tanto para extração de minérios como as minas de ferro e calcário de Minas Gerais que são determinantes para a economia do estado, quanto para a espeleoturismo que é uma prática em grande ascensão nos últimos tempos com o crescente número de turistas que buscam uma proximidade com o meio natural através do denominado Turismo de Natureza, que pode ser dividido em Ecoturismo, Turismo de Aventura e Geoturismo.

As cavernas são formadas por processos de dissolução das rochas, carbonáticas ou não, a partir do processo de percolação da água saturada de ácido carbônico em cavidades calcárias ou não. As cavernas ou cavidades cársticas se desenvolvem de diversas maneiras, variando em forma e tamanho, exercendo fascínio em quem as visita, tanto por suas peculiaridades quanto por suas formas, gênese e biota.

A importância do patrimônio espeleológico está diretamente ligada à sua relação com o sistema hidrológico, a sua potencialidade para suporte e utilização como abrigo, instalação e manutenção de organismos vivos e populações, suas relações com a formação e estabilidade geológica, seu potencial de uso e seus valores históricos e culturais (CRUZ; REINO; MEDEIROS, 2010).

De acordo com o CECAV/ICMBio (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas/ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade), até 2016 haviam por volta de 13.000 registros de cavernas no Brasil. Segundo Piló e Auler (2011), os registros de cavernas correspondiam naquele momento a menos de 5% das cavidades naturais subterrâneas brasileiras existentes, podendo chegar à casa das centenas de milhares de cavernas. Já no banco de dados da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) no Brasil, o número é bem menor, existindo cerca de 5700 cavernas cadastradas em seu banco de dados. Minas Gerais é o Estado com o maior número de cavidades cadastradas (1874 cavidades) no SBE, devido à extensa manifestação de litologias carbonáticas, ocorrentes em grande parte do território mineiro, berço de diversos sítios de alta significância para a geologia, arqueologia, paleontologia, e para a geoconservação, constituindo um proeminente conjunto patrimonial espeleológico.

Segundo Travassos (2007) as regiões cársticas ocorrem em áreas de rochas carbonáticas (calcários, dolomitos e evaporitos), mas também podem ocorrer em rochas menos solúveis como os arenitos e quartzitos, por exemplo. Entretanto, vale a pena destacar que a utilização do termo carste para regiões carbonáticas ou quartzíticas/areníticas ainda é motivo de muita controvérsia tanto nomeio acadêmico quanto profissional.

No mundo da espeleologia existia um impasse sobre a existência de um território cárstico em rochas quartzíticas, pelo fato deste tipo de rocha apresentar um grau de dissolução muito baixo, sendo contraposta pela afirmação de Piló e Auler (2001), que definem as cavidades como uma abertura natural formada em rocha abaixo da superfície do terreno, independente da litologia, larga o suficiente para a entrada de uma pessoa. Além disso, existem diversos estudos mostrando que apesar de baixo, existe o processo de dissolução dessas rochas (FABRI, AUGUSTIN e AULER, 2014; FABRI e AUGUSTIN, 2013; BAGGIO, SOUZA e TRINDADE, 2012; HARDT e PINTO, 2009; MARQUES NETO, 2008; ROBAINA e BAZZAN, 2008; MARTINI, 2004; CORRÊA-NETO e BAPTISTA FILHO, 1997; WRAY, 1995).

Bento, Travassos e Rodrigues (2015), relatam que

Martins, Martins e Reatto (2004) explicam que existem vários tipos de dissolução, com formação ou não de novas fases sólidas. No caso da dissolução do quartzo, a sua dissolução ($\text{SiO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{H}_4\text{SiO}_4$), é denominada congruente, pois não gera novos sólidos e, sim o ácido silícico. Esse ácido, juntamente com a água superficial, penetra nas fraturas e falhas das rochas quartzíticas e tem sua acidez aumentada pela incorporação de matéria-orgânica, contribuindo para aumentar ainda mais o poder de dissolução dos demais minerais (Bento; Travassos e Rodrigues, 2015, p.133).

Dessa forma, pode-se reconhecer que o termo pseudocarste ou carste não convencional tem sido utilizado para designar as regiões desenvolvidas em rochas siliciclásticas passíveis de desenvolver formas características similares ao “carste clássico” em calcário como as dolinas, drenagem subterrânea e as cavernas. No entanto, a gênese dessas feições no pseudocarste ocorre por diferentes processos. Nessas áreas a dissolução da rocha ocorre de forma subordinada a processos mecânicos.

O carste é a porção geomorfológica da paisagem onde predominam processos erosivos que favorecem o desenvolvimento de cavernas. O termo carste é motivo de grande discussão no meio

acadêmico, pois só se está desenvolvendo um método a partir de uma base de dados conhecida, divulgada e estudada por pesquisadores para tentar se estabelecer padrões para a carstificação.

Segundo Hardt, Rodet e Pinto (2010) o carste é subdividido em três zonas hídricas, uma seca, uma transicional e uma saturada. Na zona transicional é onde ocorre a maior porção do fluxo de percolação subterrânea da água, mecanismo crucial para a formação de cavernas.

Hardt, Rodet e Pinto (2010) coloca ainda uma grande questão envolvendo o carste, esse é produto de um processo específico ou uma evolução em si? Ele critica as velhas escolas e autores onde afirmavam que o carste é um conjunto de fatores apresentados e estudados no endocarste, associados à litologia carbonática, que tal expressão geomorfológica não poderia ser um processo específico de uma litologia e sim um conjunto de fatores associados caracterizando-o como uma evolução da paisagem.

A caverna estudada situa-se em litologia siliciclástica, sendo menos expressiva num contexto de volume em relação às rochas carbonáticas. O viés representativo desta é comparar e apresentar um status de importância em relação às cavernas situadas na mesma litologia, já apresentadas em estudos científicos do mesmo grupo litológico/geomorfológico (CAMPOS NETO et al, 2007).

O presente trabalho tem como objetivo a contribuição para estudos relacionados a carstificação de terrenos siliciclásticos, através da caracterização de uma das principais cavidades subterrâneas quartzíticas na região turística de Carrancas-MG, tendo em vista que a quantidade de estudos com caracterização geral e mapeamento nessa litologia é pequena se comparado aos trabalhos desenvolvidos em rochas carbonáticas, sendo assim um meio de ampliar e aprimorar o conhecimento do ambiente cárstico quartzítico e da morfologia local, ressaltando a questão da conservação do geopatrimônio.

Borba (2011) relata que Eberhardt (1997) conceitua geopatrimônio como sendo constituído por “aqueles componentes da geodiversidade importantes para a humanidade por razões outras que não a extração de recursos, e cuja preservação é desejável para as atuais e futuras gerações”, encontrando-se destacada na paisagem a geomorfologia e, no subsolo, a geologia, e, numa interface, as cavernas, que possibilitam a perpetuação de diversas comunidades da biosfera e feições exemplares e únicas para a didática e o geoturismo. A abordagem geoconservacionista é alvo de discussões inerentes à sociedade em geral e à acadêmica. A consciência de preservação ambiental se difunde cada vez mais nas comunidades que se localizam no entorno de feições geomorfológicas, e geológicas.

Segundo a consideração prevista na resolução CONAMA 347/2004 a respeito de cavidades naturais, houve a “necessidade de aprimorar e atualizar o Programa Nacional de Proteção ao

Patrimônio Espeleológico, aprovado pela Comissão Especial instituída pela Resolução CONAMA nº 9, de 24 de janeiro de 1986, e de disciplinar o uso desse patrimônio”.

De acordo com a referida resolução CONAMA 347, de 10 de setembro de 2004 (p.107),

“considerando que as cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional constituem bens da União de que trata o art. 20, inciso X, da Constituição Federal, impondo-se a necessidade de sua preservação e conservação de modo a possibilitar estudos, pesquisas e atividades de ordem técnico-científica, étnica, cultural, espeleológica, turístico, recreativo e educativo”.

Alguns aspectos dessa resolução foram alterados pela resolução nº 428, de 17 de dezembro de 2010 no que diz respeito à implantação de atividade poluidora próximo a cavidades subterrâneas.

Assim, fica evidente que as cavidades cársticas siliclásticas são um importante conjunto geopatrimonial a ser considerado, tanto para práticas de geoconservação, quanto para destinação geoturística/espeleoturística.

DESENVOLVIMENTO

Área de estudo

O município de Carrancas (fig. 1) está localizado na região sul do estado de Minas Gerais, encontrando-se na mesorregião do Campo das Vertentes. Segundo o IBGE, em 2010 o município apresentava uma população de 3.948 habitantes, compreendida numa área de 727,9 km².

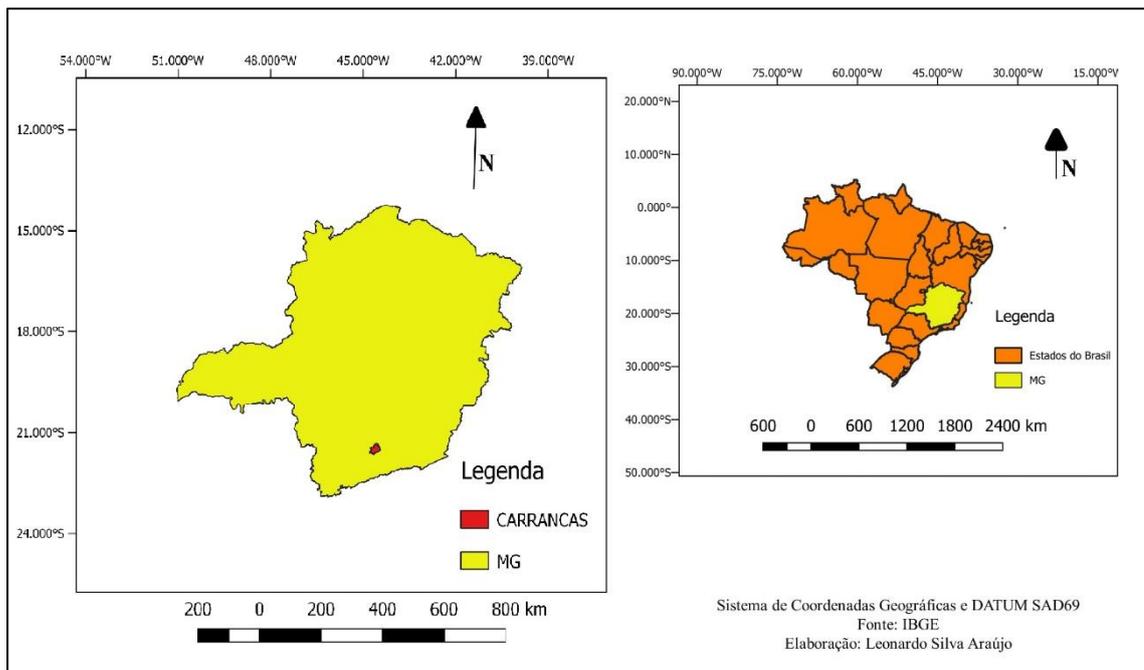


Figura 1- Localização do município de Carrancas em MG e no Brasil.

Carrancas apresenta-se como um polo turístico de Minas Gerais, cuja maior atração diz respeito ao grande número de cachoeiras, corredeiras, poços, grutas, entre outros atrativos naturais. Do ponto de vista biogeográfico, a região situa-se numa faixa de transição entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica.

Segundo a classificação de Köppen o clima em Carrancas é o tropical de altitude (Cwa) sendo temperado húmido com média máxima anual em torno de 26°C e o Inverno seco com média mínima próxima a 13°C (MOTA, 2017).

No município é possível observar duas grandes expressões geomorfológicas principais: a Serra das Bicas, em orientação N-S, onde se encontra o Complexo Geocoturístico da Zilda (ou Complexo da Zilda), e, em orientação E-W, a Serra de Carrancas, a N do Complexo da Zilda.

A cavidade conhecida como Toca da Cachoeira da Zilda, foco principal deste trabalho, está localizada nas coordenadas 21°33'10.51" Sul, 44°38'9.46" Oeste, tendo como litologia predominante quartzito de médio grau de metamorfismo, com muscovita esverdeada intercalada em camadas do tipo *flesher* (TOYIOSHIMA, MAFRA e MILANI, 2015).

O local de estudo do presente trabalho está inserido numa área privada, o denominado Parque Serra do Moleque, onde o proprietário iniciou um empreendimento geocoturístico (fig. 2), cujo atrativo principal são as cachoeiras do Rio Capivari e as cavidades presentes no local, mas ainda não liberadas para visitação. Uma das cavidades é o alvo de investigação deste trabalho.

Cavernas formadas nos quartzitos do grupo Andrelândia são comuns, e litologias semelhantes estão ao redor, em três eixos de deformação. Remanescentes destas rochas estão presentes nas vizinhas regiões de Ibitipoca e Luminárias, numa sequência de *nappes* (CORRÊA NETO & BAPTISTA FILHO, 1997). Os referidos autores afirmam ainda que tais cavidades se desenvolvem por meio da dissolução da rocha quartzítica, sendo estas submetidas a um regime hidrológico de grande amplitude, tanto de oscilação do nível de base quanto de regime climático, que estão intimamente ligados.

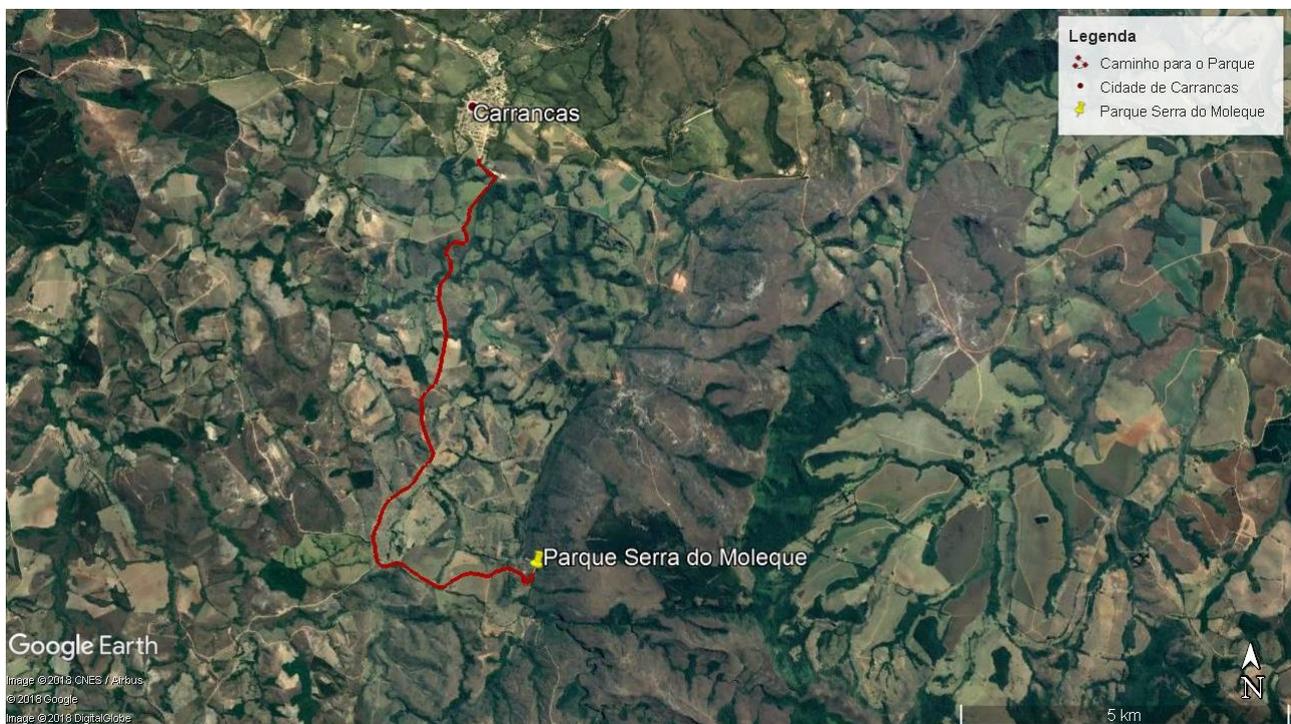


Figura 2- Localização do Parque Serra do Moleque.

Geologia regional

Regionalmente, o *Nappe* Carrancas (fig. 3) originou-se por compressão tectônica da margem passiva da proto placa tectônica Sanfranciscana durante o Proterozóico, ocorrendo aglutinação e formando uma pilha colisional durante o processo orogenético (CAMPOS NETO et al, 2004), em que na rocha quartzítica resultante, com textura psamítica e intercalações de filossilicatos de

alumínio, formaram-se planos preferenciais de dissolução (CÔRREA NETO & BAPTISTA FILHO, 1997), onde os processos dissolutivos que progressivamente resultaram na configuração das cavernas da região (e na caverna em questão) iniciaram-se.

A região de carrancas está inserida num complexo de litologias do domínio da faixa Brasília e margeado ao norte pela borda sul do cráton do São Francisco. As rochas que predominam na região são produtos de uma série complexa de eventos tectônicos denominados Colagem Brasileira (CARAN, CRUZ e MORI, 2015).

Mapa Geológico da Formação Carrancas



Legenda

- Pontos**
- Toca da Cachoeira da zilda
- Cidades**
- ▣ Cavambu_mancha_UTM23S_CorAI
- Drenagem**
- Cavambu_drenagem_UTM23S_CorAI
- Sequencia Carrancas**
- Biotita gnaíse bandado e intercalações de filito/xisto cinzento quartzito, biotita xisto, anfífolios.
 - Biotita xisto e gnaíse homogêneos.
 - Corpo d'água
 - Filito/xisto cinzento com intercalações de quartzo e granada-cloritóide
 - Filito que passa a granada-estaurólia xisto.
 - Metagranitóides indivisos.
 - Ortognaíses migmatíticos com intercalações de anfífolios, paragnaíses bandados quartzitos manganesíferos, rochas calcisschistadas, quartzitos e rochas metantitrâmicas.
 - Plieg de rochas alcalinas (traquito, sienito fino, brecha megamáfica) terciárias.
 - Predomínio de quartzitos.
 - Quartzito com muscovita esverdeada.
 - Quartzitos e xistos.
 - Rochas metantitrâmicas.
 - Sedimentos fluviais quaternários.
 - Biotita xisto.
 - Biotita gnaíse bandado e intercalações de filito cinzento quartzito, biotita-xisto, anfífolio, rocha ultramáfica.
 - Faixas greenstone: Anfífolio (metabasito).
 - Metacalcário e calcifílio.

Sistema de Coordenadas Geográficas e DATUM SADS69
 Fonte: CPRM
 Elaboração: Leonardo Silva Araújo

Figura 3- Geologia da região de Carrancas .

A Faixa Brasília Meridional, onde se situa a colagem citada é composta por uma sequência de *nappes* empilhados sob domínio de basicamente três eventos tectônicos relacionados com duas protoplacas e o paleocontinete Sanfranciscano. O *Nappe* Carrancas, onde está inserido a caverna investigada, é produto da margem passiva desse paleocontinente onde a protoplaca Paranapanema foi subductada. Esse arcabouço de eventos tectônicos com a geração da pilha de dobras isoclinais recumbentes alóctones, foi resultado da formação do paleocontinente Gondwana Ocidental (TOYIOSHIMA, MAFRA e MILANI, 2015).

Geologia local

A Toca da Cachoeira da Zilda esta inserida em uma zona de transição geológica, estando sob domínio de litologia quartzítica com muscovita esverdeada, tendo em suas proximidades áreas de filitos/xistos cinzentos e também de biotita gnaisse bandado (fig. 3).

O carste quartzítico onde a caverna estudada situa-se está inserido no sistema de *nappes* Andrelândia, do qual a *Nappe* Carrancas faz parte, são frações remanescentes de um antigo sistema de dobras recumbentes, tendo como matriz rochosa quartzitos de diferentes granulometrias, xistos, filitos, diques e falhas. Tal sistema está também associado à formação cárstica do sistema de *nappes* Ibitipoca, fração expressiva da espeleogênese silicática, sendo esse um pseudo carste ou carste não convencional.

A Sequência Carrancas (fig. 3) está inserida no chamado sistema de *nappes*, e é produto de movimentação tectônica distinta e intensa entre vários períodos da escala de tempo geológico. O sistema de *Nappes* Carrancas, segundo Campos Neto et al. (2004), é composto por uma pilha metassedimentar que se divide em 4 escamas de cavalgamento constituindo o terreno da Frente Orógena Brasil Meridional composta por: *Nappe* Luminárias, *Klippe* Carrancas, Alóctone Serrada Bandeira e Alóctone Madre de Deus. Composta basicamente de muscovita xisto grafitosos com intercalações de quartzitos placosos e muscovita esverdeada (CAMPOS NETO et al., 2004).

Metodologia

Na cavidade foi realizado um trabalho de caminhamento em todo o seu desenvolvimento interno, buscando feições geológicas e geomorfológicas para auxiliar no entendimento do processo de dissolução da rocha de matriz quartzítica da estrutura da caverna.

Com o processo de caminhamento definido, iniciaram-se as prospecções espeleológicas no Parque Serra do Moleque, objetivando encontrar cavidades naturais subterrâneas, as quais ainda não sejam de conhecimento popular e/ou científico. Essa etapa tem importância pelo fato de se tratar de

uma das etapas iniciais do estudo espeleológico, sendo vital para a continuidade dos estudos subsequentes como os de espeleotopografia, bioespeleologia, geoespeleologia e outros. Esse caminhamento foi realizado nos arredores da Toca da Cachoeira da Zilda (fig. 4) definido pela área diretamente afetada(ADA) e pela área indiretamente afetada(AIA), utilizando como procedimento investigatório inicial, as linhas de drenagem locais.



Figura 4 - Polígono de caminhamento no Parque Serra do Moleque.

O caminhamento da prospecção espeleológica (exploração externa) foi realizado pela equipe técnica responsável do VEG- Vertentes Espeleogrupo. Os dados foram anotados e atualizados na base cartográfica, acompanhados de localização utilizando o aplicativo gratuito ViewRanger, que grava todo o caminho percorrido pela equipe, além de coleta de pontos de localização com um GPS Garmin Etrex com coordenadas geográficas no DATUM WGS84. Durante a prospecção foram verificadas todas as faces de paredões rochosos, com atenção especial sobre as feições que estão tipicamente associadas às cavernas de quartzito, como as linhas de drenagens, dolinas, blocos rochosos, entre outras feições.

A referida caverna utilizada como local de investigação do presente trabalho, foi anteriormente mapeada por uma equipe da Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE (ASAHIDA et al, 2002), cujos procedimentos foram realizados através dos métodos tradicionais com auxílio de bússola, clinômetro, prumos e trena a *laser*, com o grau de precisão BCRA 4B com método de poligonal aberto. Neste método, as estações topográficas estão dispostas segundo o eixo principal de desenvolvimento da caverna e as distâncias entre as estações devem ser controladas de acordo com o detalhamento que se deseja, pois quanto maior o número de estações maior será o erro acumulado (CAVALCANTI, 1996).

O grau de precisão do mapeamento é o 4B, demonstrando que durante o processo da topografia as condições físicas do local podem ter prejudicado a obtenção dos requisitos para o grau superior mais próximo. Um novo levantamento topográfico foi inviável. Porém, os detalhes das galerias da cavidade foram estimados e anotados segundo método da British Cave Research Association – BCRA descritos por Sánchez (1980).

Resultados e discussão

Gruta Cachoeira da Zilda

Segundo a malha de caminhada (fig. 4), definida pela área de influência indireta da caverna, foi possível traçar as áreas de alto, médio e baixo potencial de ocorrência de feições resultante de processo de carstificação de ambiente siliciclástico (fig. 5).

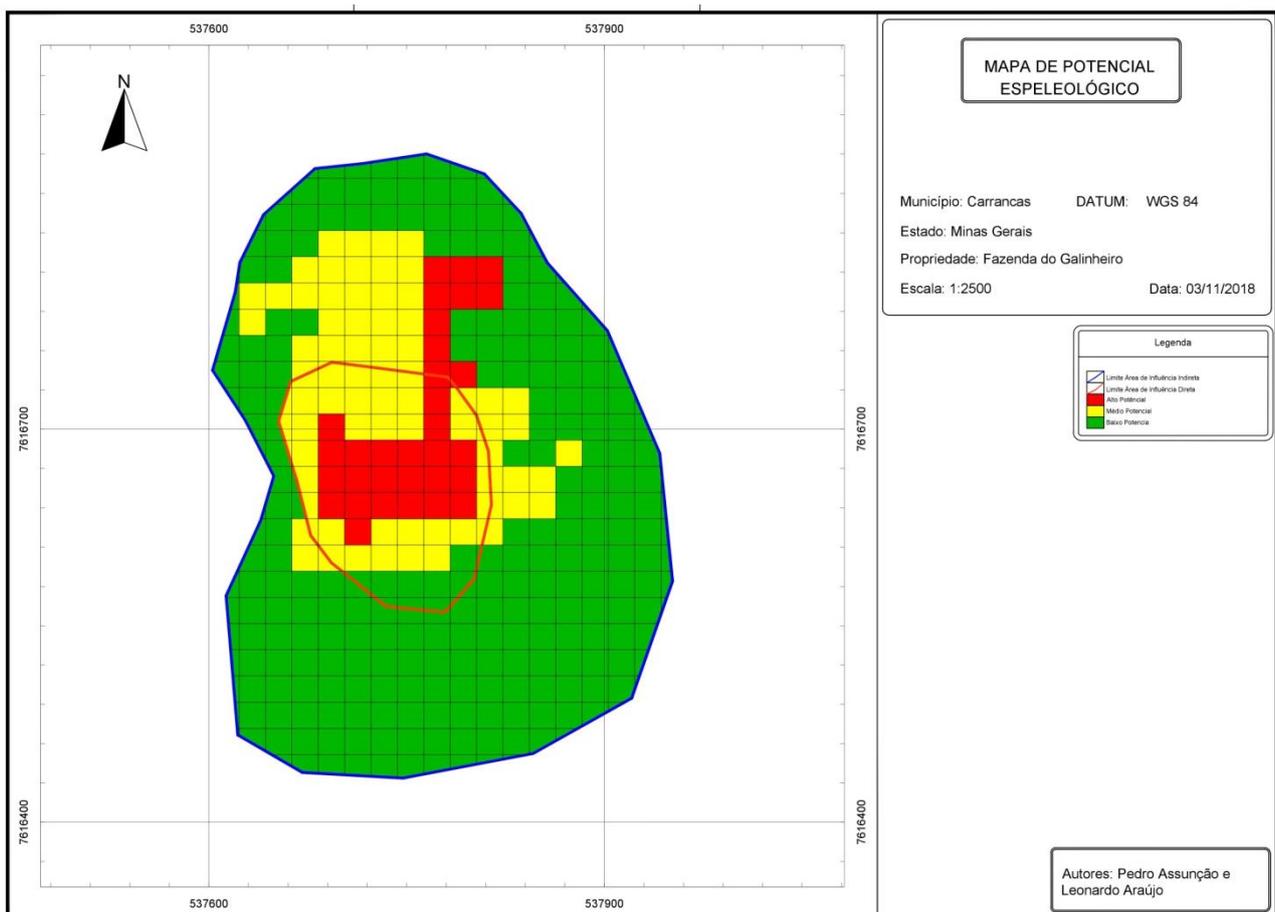


Figura 5 – Potencialidade para formação de cavidades do polígono estudado.

A Gruta Cachoeira da Zilda, localizada no Parque Serra do Moleque, corresponde a um ponto importante para o estudo de cavidades naturais em rochas quartzíticas devido à sua riqueza de espeleotemas e o seu tamanho. A cavidade apresenta duas aberturas principais denominadas Boca A (Ressurgência) e Boca B (sumidouro) (fig. 6), e uma claraboia resultante do abatimento de blocos do teto da caverna. A riqueza de espeleotemas no desenvolvimento da cavidade é considerado alto, sendo possível encontrá-los em quaisquer das ramificações da caverna, além de diversas marcas que mostram a variação do nível de base local, provavelmente em diferentes períodos geológicos e o processo de dissolução do quartzito em diferentes estágios. De acordo com o mapa da caverna (fig. 6), a feição apresenta-se em formato dendrítico, onde o desenvolvimento da mesma ocorre pela linha de drenagem interna e suas variações, tendo uma tendência de ligação com a Cachoeira da Zilda, nas adjacências, no Rio Capivari, nível de base local.

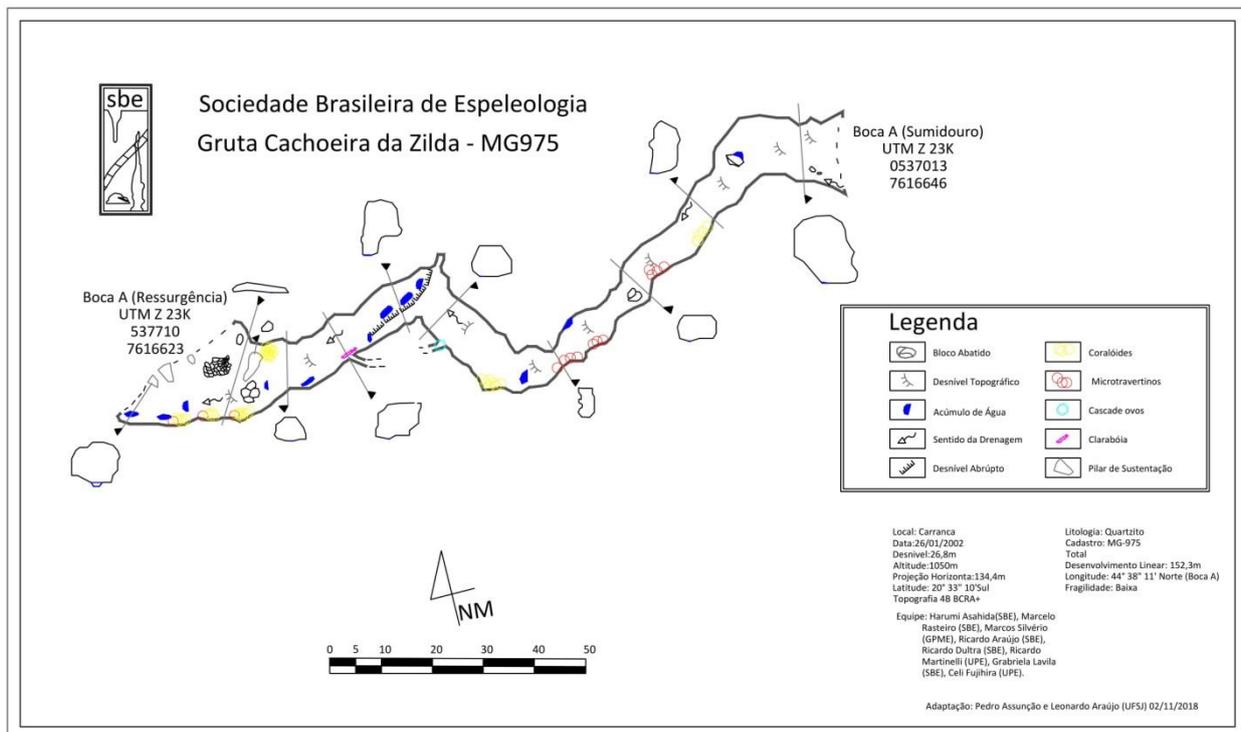


Figura 6 – Toca da Cachoeira da Zilda (Asahida et al, 2002).

A entrada da caverna pela trilha ocorre pela Boca A, cuja localização é 21°33'10.51" Sul e 44°38'9.46" Oeste, com a altitude de 1027m. Apresenta duas aberturas separadas por um bloco rochoso, sendo essa abertura afunilada para uma passagem mais estreita, como apresentada na figura 7, com uma altura 137 cm.



Figura 7 – Boca A da Toca da Cachoeira da Zilda: a) entrada pela trilha; b) entrada pela drenagem hídrica separada da trilha por um pilar rochoso; c) parte afunilada da entrada para o primeiro salão.

A Boca B (figura 8) localizada nas coordenadas geográficas $21^{\circ}33'9.22''S$ e $44^{\circ}38'6.35''O$, sendo uma altitude 1051m apresenta uma grande abertura que se encontra encaixado na linha de drenagem concentrando o fluxo hídrico para dentro da caverna, essa abertura apresenta um altura de 4 metros e 87 centímetros que se trata do inicio do teto da caverna. O entorno da boca encontra-se fechado por uma vegetação densa e material depositado, por essa se tratar de uma zona de convergência de fluxo que direciona a drenagem para o interior da caverna.



Figura 8– a) e b) mostram a boca B da caverna.

Ao adentrar a caverna é possível perceber a existência de morcegos, principalmente pela grande presença de guano (acúmulo de fezes) desses animais voadores, como mostra figura 9. O guano dentro da cavidade subterrânea apresenta-se como uma fonte significativa de recursos de sobrevivência aos organismos cavernícolas. Segundo Ferreira e Martins (1998; 1999), o guano representa muitas vezes um importante recurso alimentar presente em cavernas, principalmente naquelas permanentemente secas, tanto para a fauna terrestre quanto aquática, fato que pode ser melhor observado em cavernas tropicais.



Figura 9 – Acúmulo de guano de morcegos: a) Guano na parede; b) Guano acumulado em blocos; c) Guano acumulado em um conduto.

O ambiente cavernícola é caracterizado pela estabilidade ambiental e pela ausência permanente de luz (POULSON & WHITE, 1969). As taxas de umidade do ar são sempre elevadas e as temperaturas geralmente constantes, aproximando-se das médias anuais do ambiente circundante (BARR & KUEHNE, 1971), tornando assim um ambiente estável para a proliferação de diversas espécies de morcegos, aranhas e opiliões de variados tamanhos (fig. 10). Os opiliões e as aranhas em sua maioria preferem habitats úmidos, ocorrendo em serrapilheira de florestas, troncos de árvores, troncos caídos, húmus e cavernas (EDGAR, 1971). Geralmente são organismos fotofóbicos, que se movem durante a noite para se alimentar de pequenos artrópodes e de matéria orgânica em decomposição, a matéria orgânica que entra pela caverna juntamente com fluxo hídrico e pelo guano de morcegos.

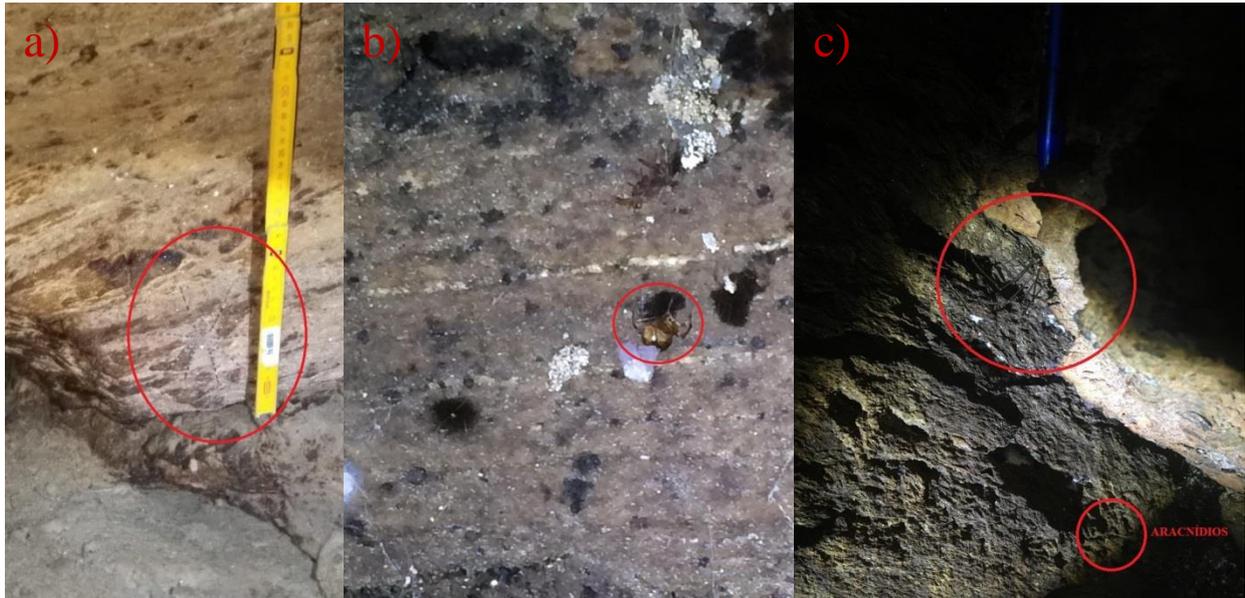


Figura 10 – Aracnídeos encontrados na Toca da Cachoeira da Zilda; os círculos nas figuras a), b) e c) sinalizam os aracnídeos na figura.

A caverna conta com um desenvolvimento linear de 152,3 metros, sendo classificada como dendrítica pela forma apresentada em sua planta baixa. Apresenta poucos condutos no seu desenvolvimento, sendo que os *pipes* são um dos indicadores da variação no nível de base regional e que o fluxo hídrico interno da cavidade sofreu variações exemplificadas na altura das marcas de dissolução do curso de água no interior da caverna (fig. 11).

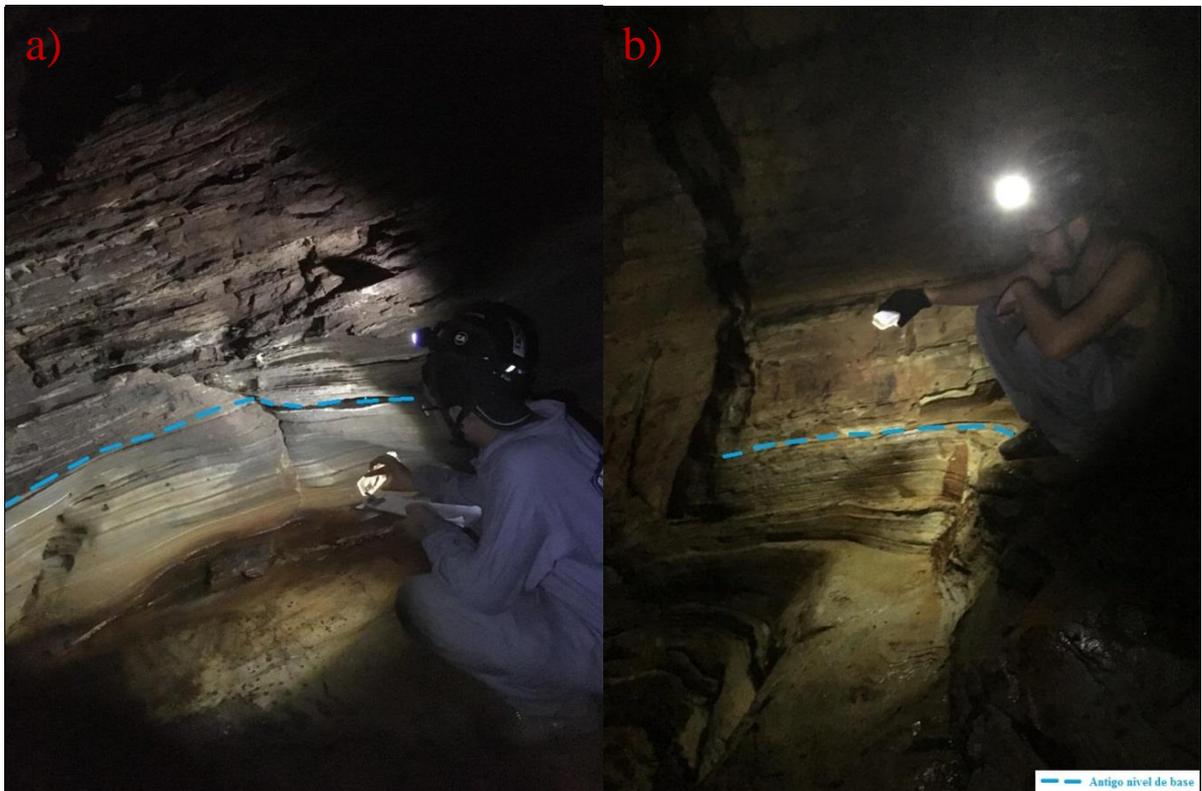


Figura 11 - Marcas na parede da caverna sugerindo variações do nível freático. A linha trastejada nas figuras sinaliza a variação do nível de base local.

A presença de *pipes* (fig. 12) em níveis superiores ao nível freático local sugere a variação desse nível em diferentes períodos temporais. Segundo Corrêa Neto e Baptista Filho (1997), o modelo *sanding piping* demonstra que a formação inicial de zonas lineares de porosidade e permeabilidade ocorre na interseção de fraturas com planos de foliação e/ou acamamento, durante um longo período de estabilidade do nível freático de base e baixa frequência de escoamento. Com isso, espaços vazios são formados pela dissolução da sílica ao longo dos contatos de grãos de quartzo. Nessas zonas a rocha torna-se enfraquecida mecanicamente.

Entretanto, segundo Hardt et al (2010), há autores que afirma que a dissolução da sílica não é fator crucial da espeleogênese. A dissolução de aluminossilicatos apresenta uma maior eficiência em relação ao quartzo, com esses minerais desagregados propiciam o transporte mecânico dos grãos de quartzo, mais abundante na rocha. Favorecendo então o maior crescimento do gradiente de porosidade e conseqüentemente abatendo pequenos volumes de material que aumentam gradualmente.

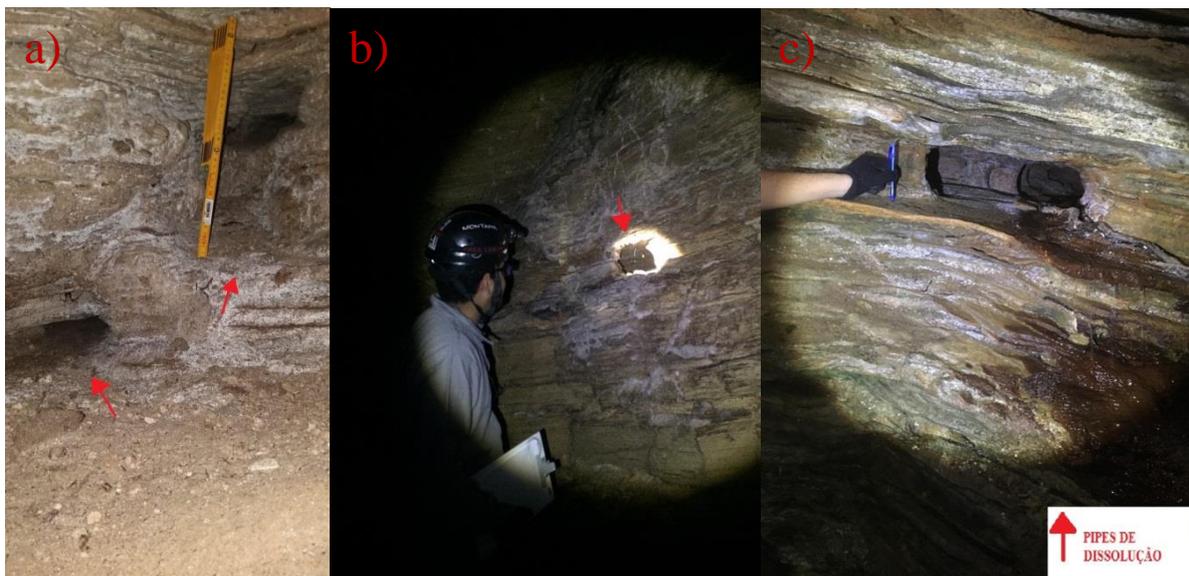


Figura 12- *Pipes* de dissolução no interior da caverna. As setas sinalizam os *pipes*: a) *Pipes* baixos próximo a linha de drenagem atual; b) *Pipe* superior de um nível de base mais alto do que o atual; c) *Pipe* superior de um nível de base mais alto do que o atual com cerca de 7m de desenvolvimento.

Espeleotemas

Os espeleotemas podem ter diferentes composições minerais, variando de acordo com a rocha em que se desenvolvem, os minerais mais comuns em cavernas quartzíticas são: opala, goetita, gipsita, calcedônia, sílica amorfa, caolinita dentre outros.

Ornamentações em minerais de ferro podem ocorrer em rochas quartzíticas desde que haja minerais de hematita, limonita ou goethita subjacente à rocha, esses espeleotemas são geralmente de argila, areia ou silte recoberto pelo mineral de ferro, sendo que alguns desses podem ter estrutura maciça desse mineral.

Os microtravertinos (fig. 14) foram encontrados em diversas partes da caverna, onde há uma surgência por escorrimento na parede rochosa da caverna (fig. 13). A água que dissolve os minerais ferruginosos são redepositados sobre sedimentos arenosos, siltosos e/ou argilosos, formando uma crosta de cor avermelhada a preta.

No caso da Toca da Cachoeira da Zilda esse tipo de espeleotema é abrangente, sendo encontrado em diversos pontos diferentes da mesma. Os escorrimentos são encontrados juntamente com os microtravertinos variando em graus de desenvolvimento, dependendo da base onde ocorre a precipitação do mineral e o fluxo de água com o mineral dissolvido.

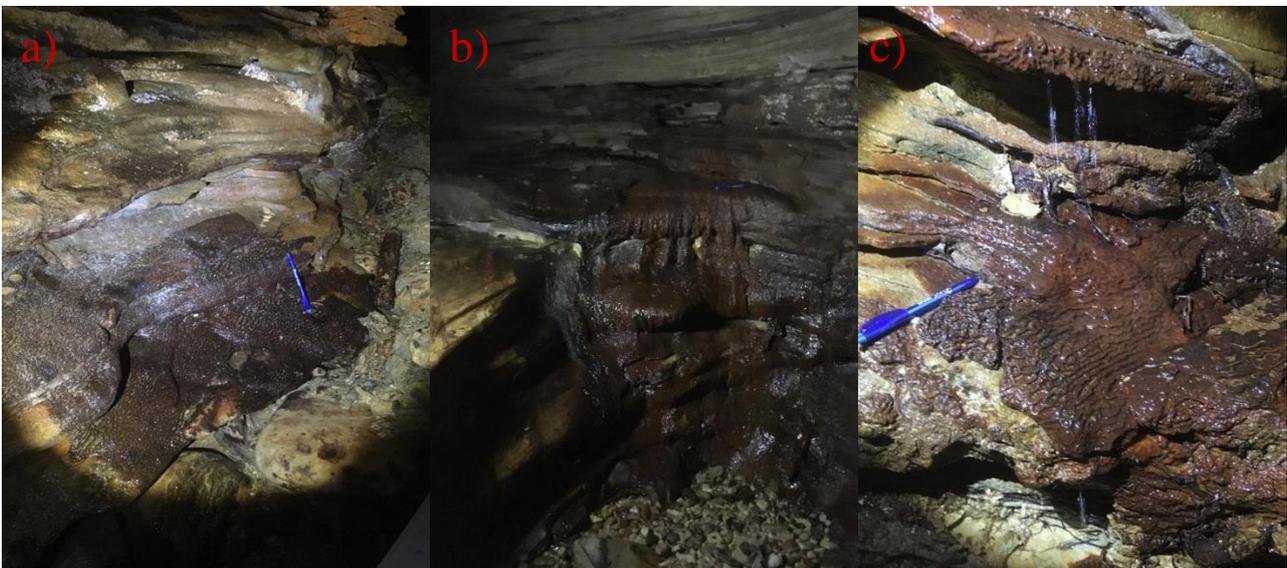


Figura 13 – Escorrimentos: a) Formados na parte mais alta do que a drenagem atual; b) formados junto a linha de drenagem com o fluxo constante, porém com baixa energia; c) formado com o fluxo constante de água de forma abundante.

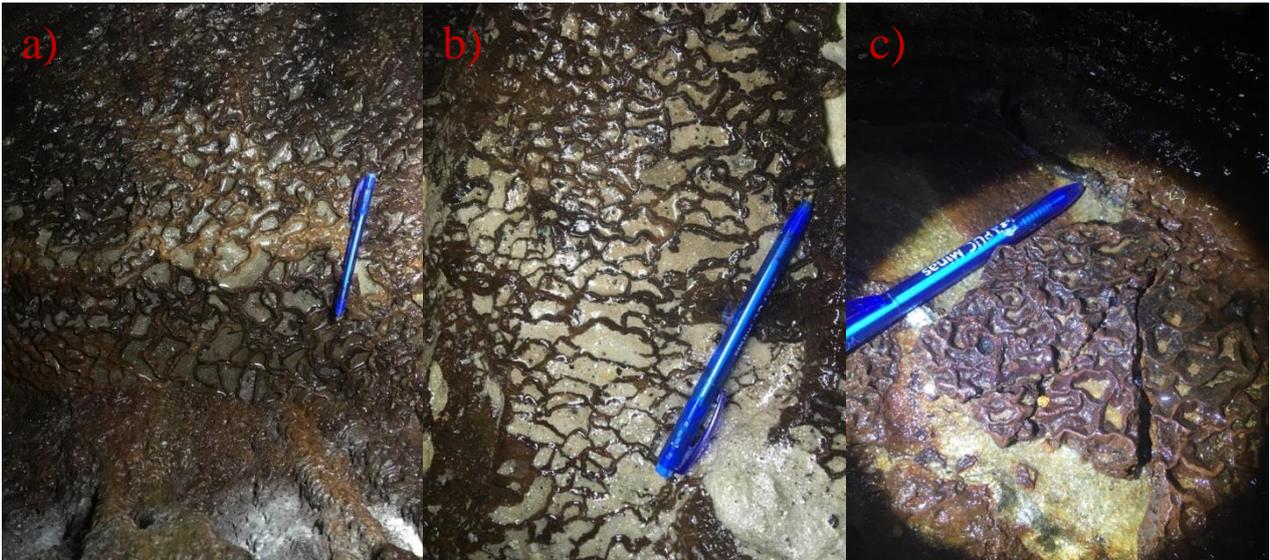


Figura 14 – Microtravertinos. Formados a partir dos escorrimentos de forma análoga à figura 12.

Os coraloides (fig. 15) são espeleotemas comuns em cavidades siliciclásticas, constatados em campanhas de campo em outras regiões cársticas cuja litologia é arenítica/quartzítica (cárste não convencional). Esses ocorrem de forma restrita com tamanho variado de milímetros a centímetros, sem grande expressividade em questões de volume, a ocorrência deles é geralmente circular e/ou acircular, podendo ter ramificação em ambos, sendo o segundo mais comumente representado na literatura, de cor preta, cinza ou branca, dependendo da gênese e composição do material no local (SPOLADORE E COTTAS, 2007).

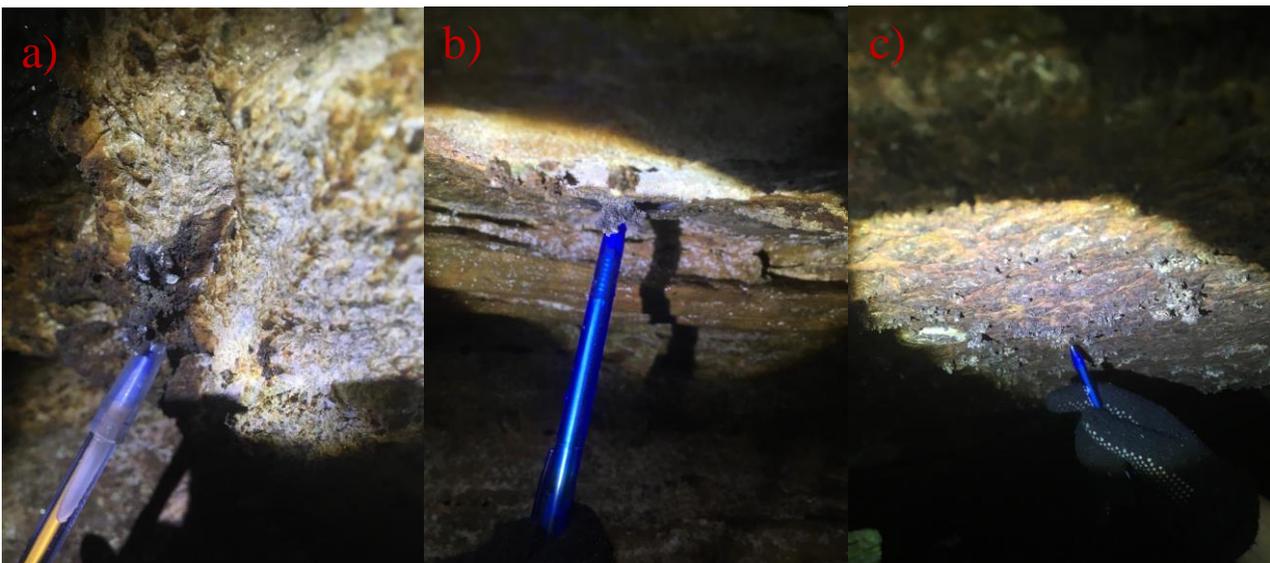


Figura 15 – a), b) e c) mostram coralóides de diferentes tamanhos no teto da caverna.

Segundo Spoladore e Cottas (2007), os espeleotemas popularmente chamados de Couve-Flor/Pipoca de sílica/Coral de Sílica, correspondem ao mesmo ornamento variando no estágio de evolução, sendo todos esses encontrados na Toca da Cachoeira da Zilda, sinalizados na figura 6 e exemplificados nas figuras 16,17 e 18, respectivamente.

Couve-flor



Figura 16 – a) e b) apresentam o espeleotema Couve-Flor.

Pipocas de Sílica



Figura 17 – a) e b) mostram Pipocas de Sílica.

Coral de sílica

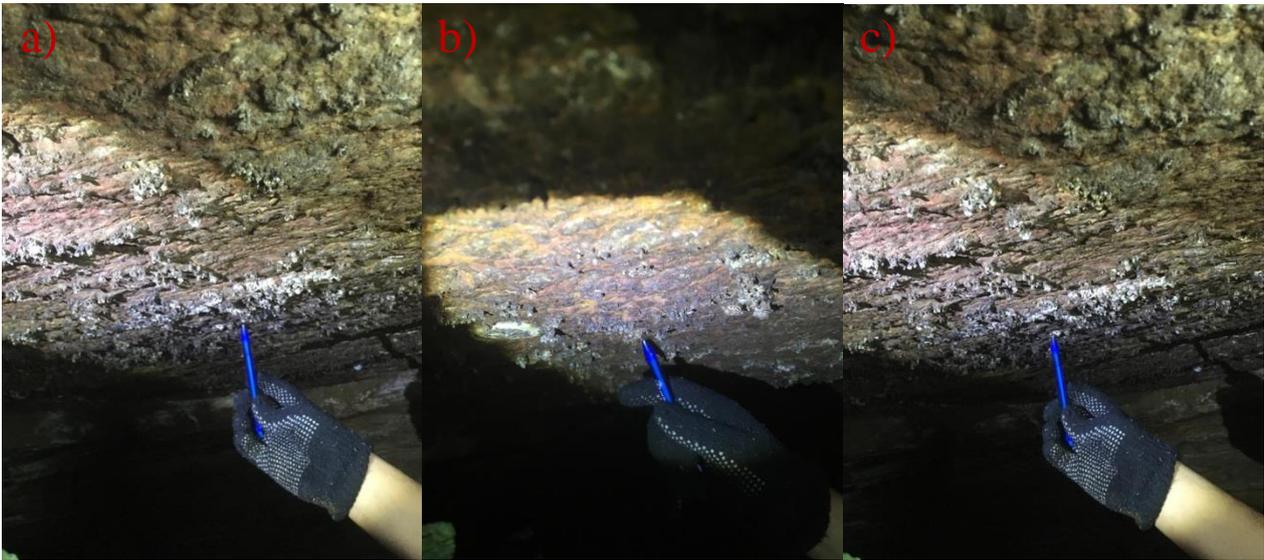


Figura 18 – a), b) e c) mostram formações de Coral de Sílica.

Outro espeleotema encontrado na caverna foi o chamado casca de ovo (fig. 19), que, segundo Spoladore e Cottas (2007), trata-se de uma crosta silicática ou de óxido de ferro que ocorre no teto das cavernas, apresentam estruturas ocas e elípticas, normalmente descontínuas, lembrando cascas de ovos quebrados. Essa formação foi encontrada em apenas uma parte da caverna em um *pipe* de 14 metros.

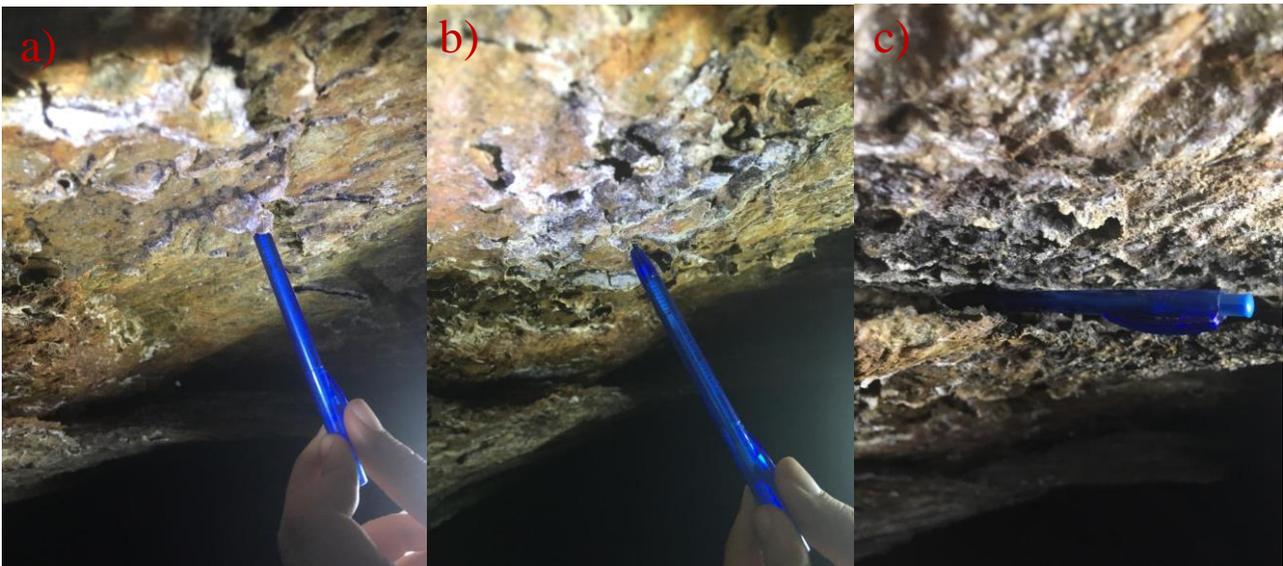


Figura 19 – a), b) e c) mostram o espeleotema Casca de ovo.

A presença de falhas (fig. 20) no conjunto rochoso do interior da caverna permite sugerir que a existência destas foi crucial para a morfogênese da cavidade, tendo sido provavelmente o

reflexo do estresse tectônico que a região sofreu durante sua estruturação tectônica proterozóica, gerando assim, fraturas entre os blocos e cisalhamento indicado pela discordância de camadas do litotipo quartzítico verificado no interior da cavidade. Segundo Teixeira (2011), com a percolação da água nos poros da rocha, ela adquire um plano preferencial de escoamento, na zona onde são mais propícias a dissoluções e o carreamento dos minerais que compõem a rocha. Foram observadas pelo menos duas falhas que mudam a direção do desenvolvimento da caverna, caracterizando o modelo dendrítico.

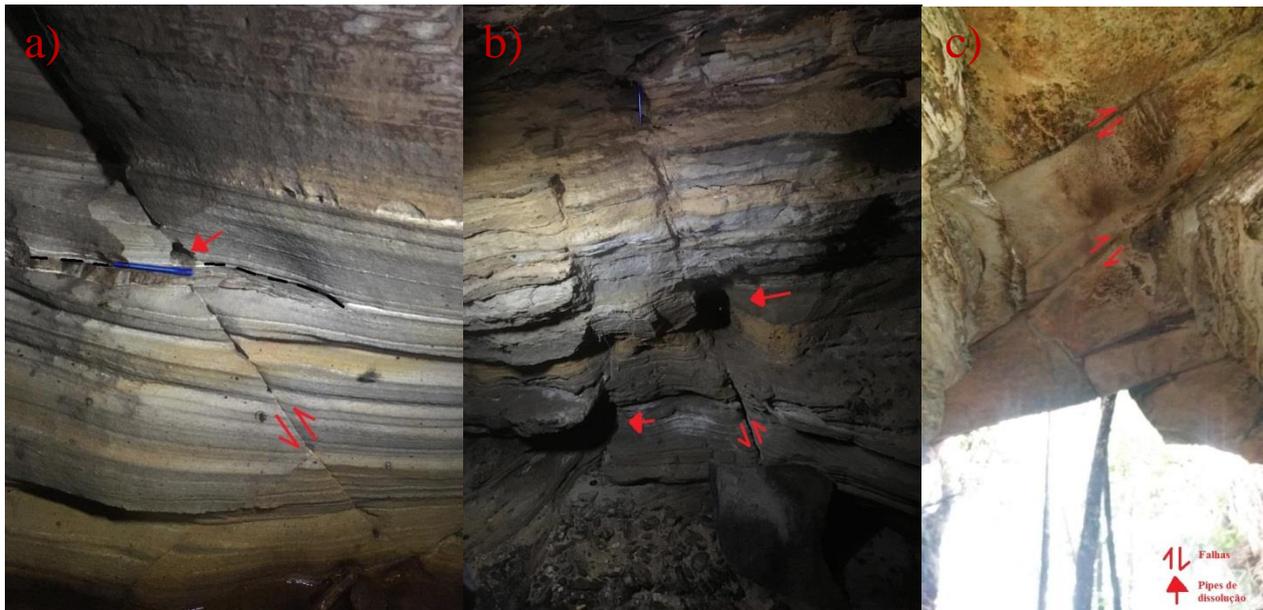


Figura 20 – Falhas. As setas sinalizam os *pipes* e falhas a) e b) Falhas com a presença de um *pipe* tornando a área uma linha de fraqueza da rocha; c) Falhas no teto da caverna.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A finalidade de estabelecer uma relação entre o modelo de dissolução em rochas siliciclásticas teve como objetivo enfatizar a importância de estudos no carste não convencional propondo uma revisão dos conceitos sobre espeleogênese. O estudo teve como eixo central a descrição criteriosa de avaliação e interpretação do cárstico, tanto no endocarste quanto no exocarste, para estabelecer a relação entre formação, composição e posição do afloramento em relação à drenagem, agente fundamental morfogenético da caverna e do entorno dela.

Com a caracterização é possível sugerir que o ambiente é crucial para a sobrevivência de espécies e recurso didático devido à diversidade entre os espeleotemas, marcas de dissolução, blocos abatidos, presença de fraturas e falhas, sendo um conjunto de fatores alvo de estudo das áreas da geologia, geomorfologia, hidrologia e bioespeleologia na comunidade acadêmica, e alvo de

um possível roteiro do turismo de aventura/geoturismo devido a dinâmica do percurso dentro e fora da caverna, sendo este conjunto de fatores um precursor como fator instigador da conservação do geopatrimônio local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASAHIDA, H.; RASTEIRO, M.; SILVÉRIO, M. ARAÚJO, R.; DUTRA, R.; MARTINELLI, R.; LAVILA, G.; FUJIHIRA, C. Gruta Cahoeira da Zilda – MG 975. Campinas: SBE, 2002. 1 mapa espeleométrico. Escala 1:2.000.

BAGGIO, H.; SOUZA, F. C. R.; TRINDADE, W. M. Morfologia cárstica do maciço quartzítico da Gruta do Salitre, Diamantina -MG. **Caminhos de Geografia**, v.13, n.43, p.102-113, 2012.

BARR, T. C. & R. A. KUEHNE. Ecological studies in the Mammoth Cave ecosystems of Kentucky. II. The ecosystem. **Ann. Spéléol.** 26: 47-96. 1971.

BENTO, L.C.M.; TRAVASSOS, L.E.P.; RODRIGUES, S.C.. CONSIDERAÇÕES SOBRE AS CAVERNAS QUARTZÍTICAS DO PARQUE ESTADUAL DO IBITIPOCA, MINAS GERAIS, BRASIL.[Editorial]. **Caminhos de Geografia**, v. 16, n. 54, p. 125–139, 2015.

BORBA, A. W. Geodiversidade e geopatrimônio como bases para estratégias de geoconservação: conceitos, abordagens, métodos de avaliação e aplicabilidade no contexto do Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 38, n. 1, p. 3-13, 2011.

CAMPOS NETO, M. .C.; JANASI, V. A.; BASEI, M. A. S.; SIGA Jr., O. Sistema de nappes Andrelândia, setor oriental: litoestratigrafia e posição estratigráfica. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 37, n. 4, p. 47-60, 2007.

CAMPOS NETO, M. C.; BASEI, M. A. S.; VLACH, S. R. F.; CABY, R.; SZABÓ, G. A. J.; VASCONCELOS, P. Migração de orógenos e superposição de orogêneses: um esboço da colagem brasileira no Sul do Cráton do São Francisco, SE - Brasil . **Geologia USP. Série Científica**, v. 4, n. 1, p. 13-40, 2004.

CARAN, M.; CRUZ, V.I.; MORI, Y. B. Mapeamento Geológico - Relatório Parcial de Campo. 2015. 19f. Relatório (Graduação) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/356136/mod_resource/content/1/Relatorio%202_ITU6.pdf>. Acesso em: 30 out. 2018.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (CECAV-ICMBio). Regiões cársticas do Brasil. Disponível em: <www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/provincias-espeleologicas.html>. acesso em: 18 de maio de 2018.

CONAMA. Resolução número 347, de 10 de setembro de 2004. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 set. 2004. Seção 1, p.29514.

CORRÊA NETO, A.V.; BAPTISTA FILHO, J. Espeleogênese em quartzitos da Serra de Ibitipoca, Sudeste de Minas. **Anuário do Insitituto de Geociências**, v. 20, pp 75-87, 1997.

CRUZ, J.B.; REINO, J.C.R.; MEDEIROS, R.C.S. Histórico e Contextualização Legal. In: Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental. Brasília, cap. 7, p. 133-144. 2010.

EDGAR A.L. Studies on the biology and ecology of Michigan Phalangida (Opiliones). **Miscellaneous Publications - Museum of Zoology - University of Michigan**, v.144, p.1-64. 1971.

FABRI, F.; AUGUSTIN, C.H.R.R.; AULER, A.S. Relevo cárstico em rochas siliciclásticas: uma revisão com base na literatura. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.15, n.3, p.339-351, 2014.

FABRI, F.; AUGUSTIN, C.H.R.R. Fatores e processos envolvidos no desenvolvimento de formas cársticas em rochas siliciclásticas em Minas Gerais, Brasil. **Geografias**, v.9, n.1, p.82-96, 2013.

FERREIRA, R.L.; MARTINS, R.P. Diversity and distribution of spiders associated with bat guano piles in Morrinho Cave (Bahia State, Brazil). **Div. and Distrib.**, v.4, p.235-241. 1998.

FERREIRA, R.L.; MARTINS, R.P. Guano de morcegos: fonte de vida em cavernas. **Ciência Hoje**, v.25, p.34-40. 1999.

HARDT, R.; RODET, J.; PINTO, S. A. F. O Carste. Produto de uma evolução ou processo? Evolução de um Conceito. **Revista de Geografia**, v. especial VIII SINAGEO, n.3, p.110-124, 2010.

HARDT, R.; PINTO, S. A. F. Carste em litologias não carbonáticas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.10, n.2, p.99-105, 2009.

LINO, C. F.; ALLIEVI, J. Cavernas brasileiras. São Paulo: Melhoramentos, 1980. 168p.

MARQUES NETO, R. Evolução de caverna em quartzito e processos cársticos em São Thomé das Letras-MG: contribuição ao estudo de sistemas cársticos em rochas silicáticas. **Geosul**, v.23, n.45, p.105-121, 2008.

MARTINI, J. **Silicate karst**. In: Gunn, J. (ed.). Encyclopedia of caves and karst science. New York: Fitzroy Dearborn, p.1385-1393, 2004.

MOTA, A. B. A. P. Análise multitemporal e possíveis impactos da expansão da silvicultura de eucalipto no município de Carrancas – MG, um estudo para os anos de 2005, 2008, 2013 e 2015. **Caderno de Geografia**, v.27, n.48, p.142-155, 2017.

MOURA, V. **Prospecção Espeleológica, Topografia e Espeleometria de Cavernas**. In: CECAV. (Org.). III Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental. 1ed. Belo Horizonte: Editora Rona, v.1, p.45-87. 2011.

PILÓ, L. B. ; AULER, A. S. **Introdução a Espeleologia**. In: CECAV. (Org.). III Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental. 1ed. Belo Horizonte: Editora Rona, v.1, p.7-23. 2011.

POULSON, T. L.; WHITE, W. B. The cave environment. **Science**. v.165, p.971. 1969.

ROBAINA, L. E. S.; BAZZAN, T. Feições cársticas em rochas siliciclásticas no oeste do estado do Rio Grande do Sul – Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.9, n.2, p.53-64, 2008.

SÁNCHEZ, L. E.. Graus de precisão em topografia de caverna. In: CONGRESSO NACIONAL DE ESPELEOLOGIA, 14, 1980. Belo Horizonte. Anais... Campinas: SBE, 2018. p.49-50.

SOUZA, F. C. R. Caracterização das feições exocársticas desenvolvidas em quartzitos na região de sudeste de Diamantina – MG. Dissertação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 228 p. 2014.

SPOLADORE, A.; COTTAS L. Ornamentos de cavernas areníticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 29., 2007, Ouro Preto. Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Espeleologia, Ouro Preto: Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2007. p. 289 – 295.

TEIXEIRA, A. W. O Grupo Carrancas e a frente de Nappe Andrelândia na borda sul do cráton do São Francisco: Proveniência sedimentar e implicações tectônicas. 2011. 154p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

TOYOSHIMA, A. H. P.; MAFRA, C. N.; MILANI, L. A. Relatório parcial de Mapeamento Geológico de Carrancas - MG: Área IV. 2015. 29f. Relatório (Graduação) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/356134/mod_resource/content/1/Relatorio%202_ITU4.pdf>. Acesso em: 30 out. 2018.

TRAVASSOS, L. E. P. Caracterização do carste da região de Cordisburgo, Minas Gerais. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial. PUC Minas. 96 p. 2007.

WILLEMS, L.; RODET, J.; POUCKET, A.; MELO, S.; RODET, M. J.; COMPÈRE, P.H.; HATERT, F.; AULER, A. S. Karsts in sandstones and quartzites of Minas Gerais, Brazil. **Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe**. v.33, p.127-138, 2008.

WRAY, R. A. L. Solutional landforms in quartz sandstones of the Sydney Basin. 1995. 381p. Tese (Doutorado em Geociências) - School of Geosciences (Geography), The University of Wollongong, Wollongong (Australia), 1995.