

Mapeamento da gruta Aldeia Limão Verde: cavidade natural em arenito, Aquidauana – MS

Bruna Medeiros Cordeiro¹

RESUMO

A Gruta Aldeia Limão Verde está situada no território indígena Aldeia Limão Verde, localizada no município de Aquidauana, MS. O mapeamento da caverna possibilitou a sua representação cartográfica e complementação das informações sobre a cavidade, que resultou em um desenvolvimento linear de 94,9 m e projeção no plano horizontal de 92,2 m. A área planimétrica obtida é igual a 666,95 m² e o desnível +5°. Do ponto de vista ecológico, é a única cavidade em rocha siliciclástica do Estado com ocorrência de com zona afótica, possui importância ecológica local por abrigar colônia de quirópteros em seu interior, na ordem de centenas a milhares de indivíduos, podendo ser considerada uma *batcave*.

Palavras chave: espeleotopografia, caverna, conservação

MAPPING OF ALDEIA LIMÃO VERDE CAVE: SANDSTONE NATURAL CAVITY IN THE FURNAS FORMATION, AQUIDAUANA – MS

ABSTRACT

The Aldeia Limão Verde cave is located in the indigenous territory of Aldeia Limão Verde, located in the municipality of Aquidauana, MS. The mapping of the cave allowed its cartographic representation and complementation of information about the cavity, which resulted in a linear development of 94.9 m and a projection in the horizontal plane of 92.2 m. The planimetric area obtained is equal to 666.95 m² and the unevenness +5°. From an ecological point of view, it is the only cavity in siliciclastic rock in the state with the occurrence of an aphotic zone, it has local ecological importance as it houses a colony of bats in its interior, in the order of hundreds to thousands of individuals, and can be considered a batcave.

Key words: espeleotopography, cave, conservation

¹ brunageocord@gmail.com

Introdução

No Brasil, as cavernas são protegidas por lei e a Constituição Federal de 1988 no seu artigo 20, considera as cavernas patrimônio natural e bens da união. O Decreto N° 6.640 de 07 de novembro de 2008 define caverna como: “*todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados*”. A Instrução Normativa n.º 02 do Ministério do Meio Ambiente, de 30 de agosto de 2017 destaca ainda o valor científico das cavernas como fonte de informação ambiental de cunho arqueológico, biológico, paleontológico, hidrológico e geológico.

As cavernas podem ocorrer em diversas litologias, como exemplo: as rochas carbonáticas (calcário, mármore, dolomito), rochas ferríferas (itabirito, canga) e rochas siliciclásticas (arenitos, quartzitos e conglomerados), sendo a maior ocorrência nas rochas carbonáticas por serem mais solúveis (PALMER, 2007). A sílica e o quartzo são pouco solúveis, mas, em climas quentes, sofrem ataque químico lento em relação a outros minerais como os carbonatos. Com a dissolução do cimento, a água passa a circular entre os grãos de quartzo, corroendo suas superfícies e desagregando-os (FABRI et al., 2014). Dessa forma, a rocha pode facilmente se desintegrar pelo processo de “arenização”, e a erosão se encarrega de carrear os grãos soltos gerando as cavernas, processo este conhecido como *piping* (AULER et al., 2019).

Segundo Rubiolli et al. (2019), o Brasil é o país com o maior número de cavernas em rochas siliciclásticas no mundo, com um total de 1.527 cavernas cadastradas em arenitos, 789 em quartzito e 279 em arenito/argilito/conglomerado. Na Bacia Sedimentar do Paraná já existem registros de cavernas siliciclásticas que se desenvolvem ao longo dos sistemas de escarpamento das bordas da bacia (SOUZA; SOUZA, 2002). As cavernas com maiores dimensões estão localizadas na Formação Furnas, como a gruta Areia Branca (1km), Aroe Jari (1,4 km), Pode Jari e Quiobo Bravo no Estados do Mato Grosso e no Estado do Paraná destaca-se a Gruta da Barreira, localizada na cidade de Itararé (RUBIOLLI et al. 2019, HARDT et al. 2009). A maior parte das cavernas siliciclásticas se desenvolvem nas bordas de escarpas, onde o alívio de tensões da rocha tende a gerar fraturas mais abertas e consequente ataque químico/mecânico das rochas (WRAY, 1997).

O município de Aquidauana é marcado pela presença de um relevo de *cuestas* que desenvolve em rochas siliciclásticas da Bacia Sedimentar do Paraná (AB'SABER, 2007). Apesar do alto potencial para ocorrência de cavidades naturais subterrâneas no município, existem registros de apenas duas cavernas nos bancos de dados espeleológicos públicos do

Brasil (CANIE-Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas e CNC – Cadastro Nacional de Cavidades disponibilizado pela Sociedade Brasileira de Espeleologia). São elas: a Gruta Aldeia Limão Verde e o Sítio Rio Aquidauana. A Gruta Aldeia Limão Verde é bastante conhecida na região, além de estar em território indígena, já foi alvo de visitação pública e projetos de educação ambiental. Consiste em uma caverna desenvolvida nos arenitos da Formação Furnas, nas cabeceiras do Córrego João Dias da Aldeia Limão Verde (figura 1).

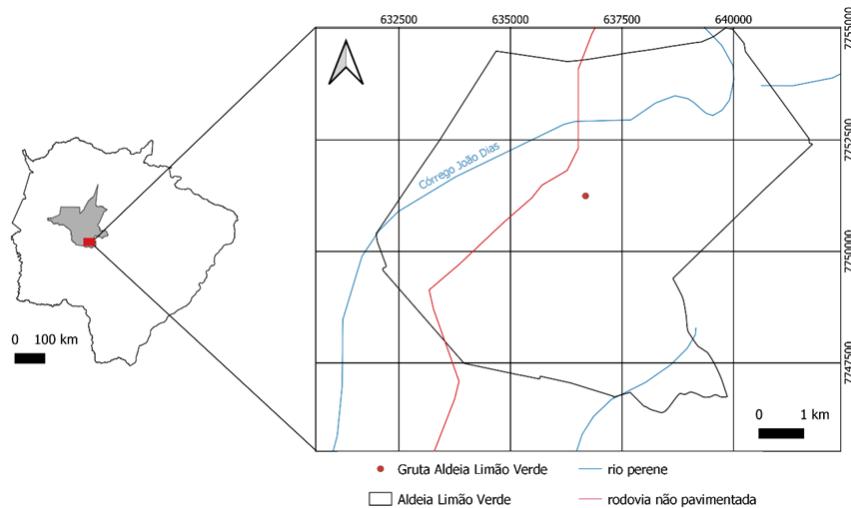


Figura 1. Localização da Gruta Aldeia Limão Verde no município de Aquidauana

Para a contribuição do conhecimento espeleológico de uma região, é fundamental a busca pelas cavernas e o seu registro cartográfico. A Instrução Normativa 02/2017 do Ministério do Meio Ambiente, utiliza dados espeleométricos de cavernas (projeção horizontal, área, desnível e volume) para valoração das mesmas, no processo de licenciamento ambiental, destacando ainda, a importância dos mapas de caverna e disponibilidade dos dados para pesquisa e consultas para fins de licenciamento.

O objetivo geral deste trabalho é contribuir com o conhecimento das cavernas do município de Aquidauana. Os objetivos específicos são o mapeamento e a caracterização física da Gruta Aldeia Limão Verde.

Materiais e métodos

As atividades desenvolvidas envolveram a caracterização preliminar da cavidade do ponto de vista físico e a espeleotopografia da mesma. Foi realizado uma busca por artigos e publicações sobre cavernas siliciclásticas e ocorrência de outras cavernas na área, através da consulta nos bancos de dados espeleológicos nacionais (CANIE-Cadastro Nacional de

Informações Espeleologicas e CNC – Cadastro Nacional de Cavidades) disponibilizado pela Sociedade Brasileira de Espeleologia. Para a caracterização física da cavidade foi realizado registro fotográfico com enfoque no detalhamento das feições internas que caracterizem os aspectos geológicos, hidrológicos e morfológicos que podem indicar elementos sobre a gênese e evolução da caverna. Apesar deste trabalho não apresentar cunho biológico, foi realizada observação in loco da colônia de morcegos residentes na caverna e contado o número de indivíduos em imagem fotográfica, uma vez que a presença desses mamíferos torna a cavidade relevante do ponto de vista ecológico.

A espeleotopografia objetivou a representação em planta, seções transversais e perfis longitudinais da caverna. Para isto, utilizou a bússola Suunto KB-14 para determinação de azimutes, clinômetro Suunto PM-5 para determinação de graus de inclinação e trena para as medições de distância. O caminhamento da topografia seguiu o método de bases fixas e as medidas entre as bases topográficas ocorreram sempre que foram detectadas alterações na morfologia da caverna. Os dados da topografia foram tratados no software *Survex* (versão 1.2 versão 2008), permitindo assim a visualização das linhas de trena em diferentes perspectivas e a obtenção da declinação magnética, desenvolvimento linear e projeção horizontal. A cartografia final foi realizada em software Corel Draw X8 e o valor de área obtido na plataforma CAD (AutoCAD, 2000).

Para a determinação da precisão do levantamento topográfico tem-se como referência o sistema *British Cave Research Association* – BCRA (Quadro 1). O grau de precisão dos mapas deste estudo atingiu 4D (DAY, 2002).

Quadro 1. Resumo das categorias de precisão do método BCRA

GRAU	PRECISÃO PARA O MAPEAMENTO
1	Esboço de baixa precisão, sem medições tomadas em campo
2	A ser usado, somente se necessário, para descrever um esboço com precisão intermediária entre os Graus 1 e 3
3	Levantamento magnético de baixa precisão. Ângulos horizontal e vertical medidos com precisão $\pm 2,5^\circ$ e distâncias medidas com precisão ± 50 cm; erro de posição da base menor que 50 cm.
4	A ser usado, somente se necessário, para descrever um levantamento que, apesar de mais preciso que o Grau 3, não tenha alcançado os requisitos do Grau 5.
5	Levantamento magnético. Ângulos horizontal e vertical medidos com precisão $\pm 1^\circ$, distâncias medidas com precisão de 1 cm e erro de posição da base menor que 10 cm.
6	Levantamento magnético com precisão maior que a de Grau 5.
7	Levantamento topográfico utilizando-se teodolito ou estação total.
CLASSE	DETALHAMENTO DOS CONDUTOS
A	Detalhes das galerias baseados na memória
B	Detalhes das galerias estimados e anotados na caverna
C	Medidas de detalhe realizadas apenas nas bases topográficas
D	Medidas de detalhe realizadas nas bases topográficas e entre elas, de modo a representar mudanças morfológicas na galeria

Para conhecimento da extensão da cavidade, obteve-se o desenvolvimento linear (DL), que consiste na soma das distâncias de todos os condutos considerando as diferentes inclinações. Por sua vez, a obtenção da projeção horizontal (PH) considerou a medição do comprimento de todos os condutos da cavidade, projetada em um plano horizontal (RUBIOLI; MOURA, 2005). A área é obtida a partir do perímetro da planta baixa das cavernas, por meio do software AutoCAD (2000). Já o desnível é o resultado da diferença altimétrica das bases topográficas que estão após a seção inicial (figura 2).

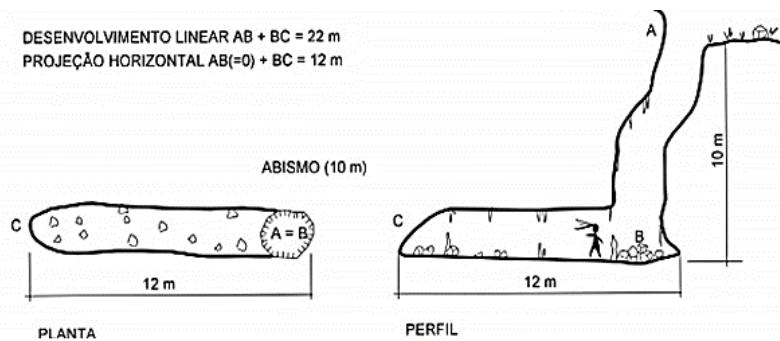


Figura 2. Medição da projeção horizontal de acordo com o método da descontinuidade e Medição do desnível da caverna (RUBIOLI; MOURA, 2005)

Resultados e discussões

A área onde se insere a Gruta Aldeia Limão Verde compõe o anfiteatro erosivo das cabeceiras do Córrego João Dias. O relevo é marcado pela presença da zona de transição do Planalto Maracajú-Campo Grande e a Planície do Pantanal, com um conjunto de escarpas sustentadas por rochas das formações Furnas e Aquidauana, sendo a base das quebras de relevo os locais de maior potencial para a ocorrência de cavidades (figura 3).



Figura 3. Aldeia Limão Verde. Aspecto da paisagem no contexto de inserção da cavidade.

A caverna está inserida na região de contato litológico entre as formações Furnas e Aquidauana, os mapas geológicos disponíveis (escalas 1:1.000.000 e 1:250.000) apontam posicionamento sobre a Formação Furnas (CPRM, 1999 e CPRM, 2010) (figura 4). No entanto, estudos pormenorizados devem apresentar de forma mais detalhada as características geológicas da cavidade e unidade geológica pertencente.

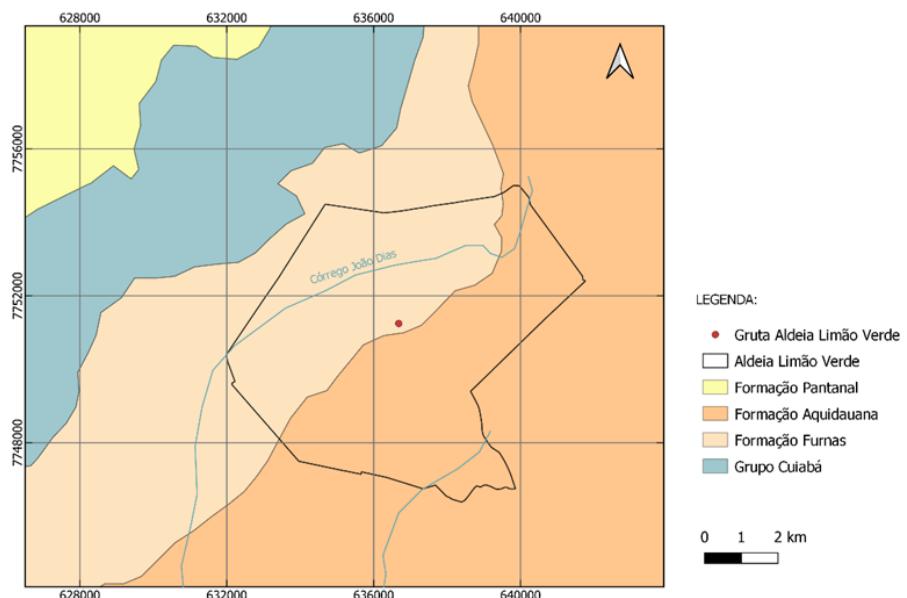


Figura 4. Mapa geológico (THEODOROVICZ; GODOY, 2010)

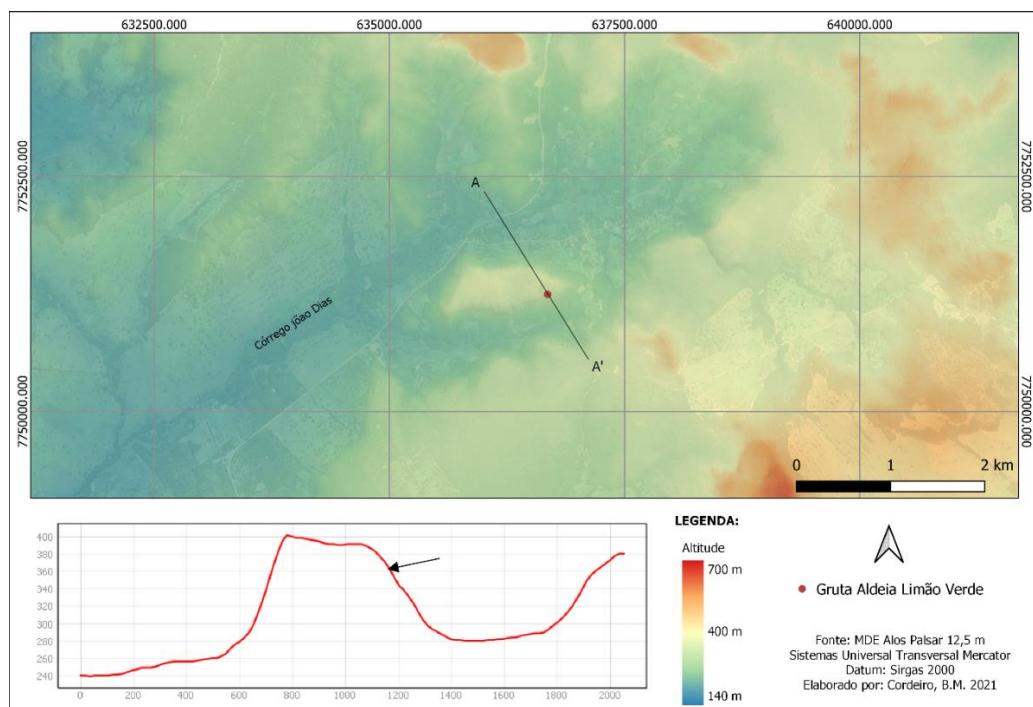


Figura 5. Contexto de inserção da Gruta aldeia Limão Verde. A seta preta no perfil topográfico indica a posição da caverna na vertente.

A Gruta Aldeia Limão Verde está situada na alta vertente de um morro testemunho de morfologia tabular, com altitudes que variam de 280 m a 400 m (figura 5). A entrada da caverna está voltada para a direção sudeste e posicionada na cota 346 m, abaixo de quebra de relevo.

A coordenada disponibilizada pelo CANIE apresentou erro de cerca de 700 m de deslocamento em relação à localização real da caverna. Desta forma, uma nova coordenada foi obtida: UTM 636682 E / 7751247 S, Datum Sirgas 2000/Zona 21S. O mapeamento da caverna resultou em um desenvolvimento linear de 94,9 m e projeção no plano horizontal de 92,2 m. A área planimétrica obtida é igual a 666,95 m² e o desnível +5°. A representação cartográfica está representada na figura 6.

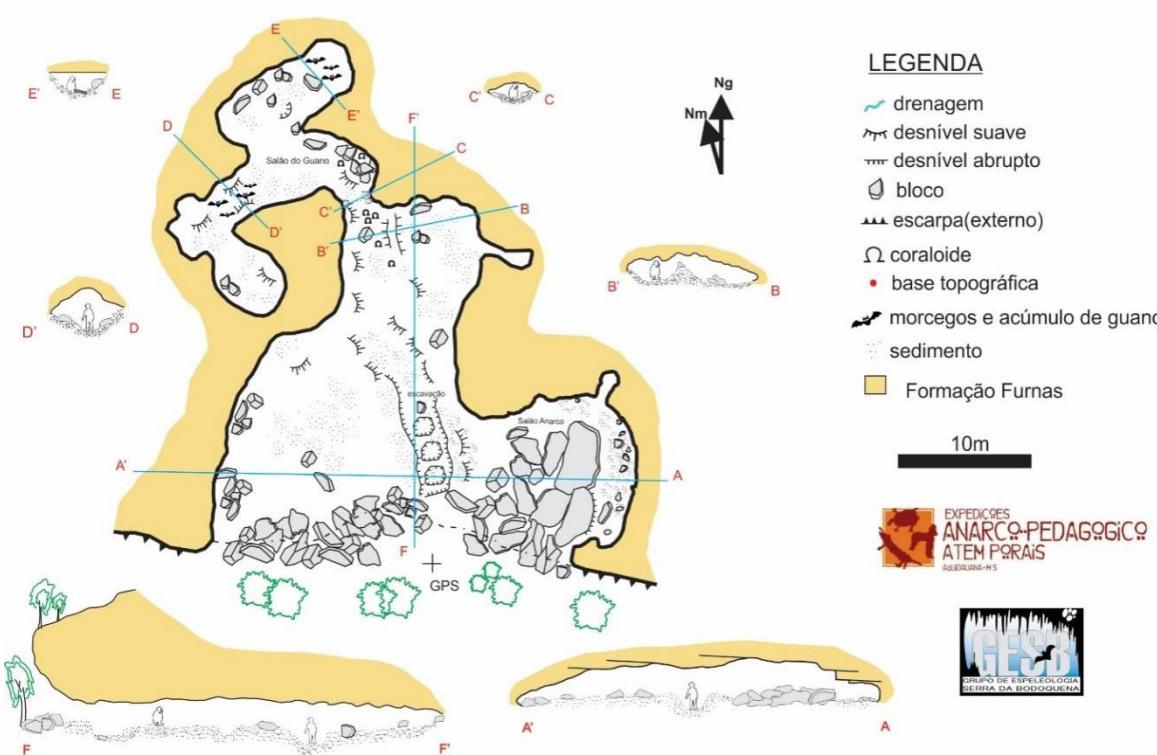


Figura 6. Mapa da Gruta aldeia Limão Verde

A entrada da cavidade possui aproximadamente 25 m de largura e 1,9 m de altura, com a vegetação do entorno preservada. O piso no geral é plano levemente irregular, composto por sedimento arenoso e blocos métricos abatidos do teto (figura 7A e B).

A rocha, na caverna, apresenta acamamento sub-horizontal com variações estratigráficas entre camadas de arenito grosseiro, argilito e conglomerados. Na parede da porção distal ocorre intercalação de um arenito composto por areia média a grossa, de cor vermelha e grãos sub-arredondados, e uma camada de argilito de 30 cm de espessura aproximadamente (figura 7C). Na parede leste do salão da entrada ocorre um conglomerado de

matriz arenosa com presença de grânulos e seixos angulosos a subarredondados, com tamanhos variando entre 0,5 a 5 cm (figura 6D).

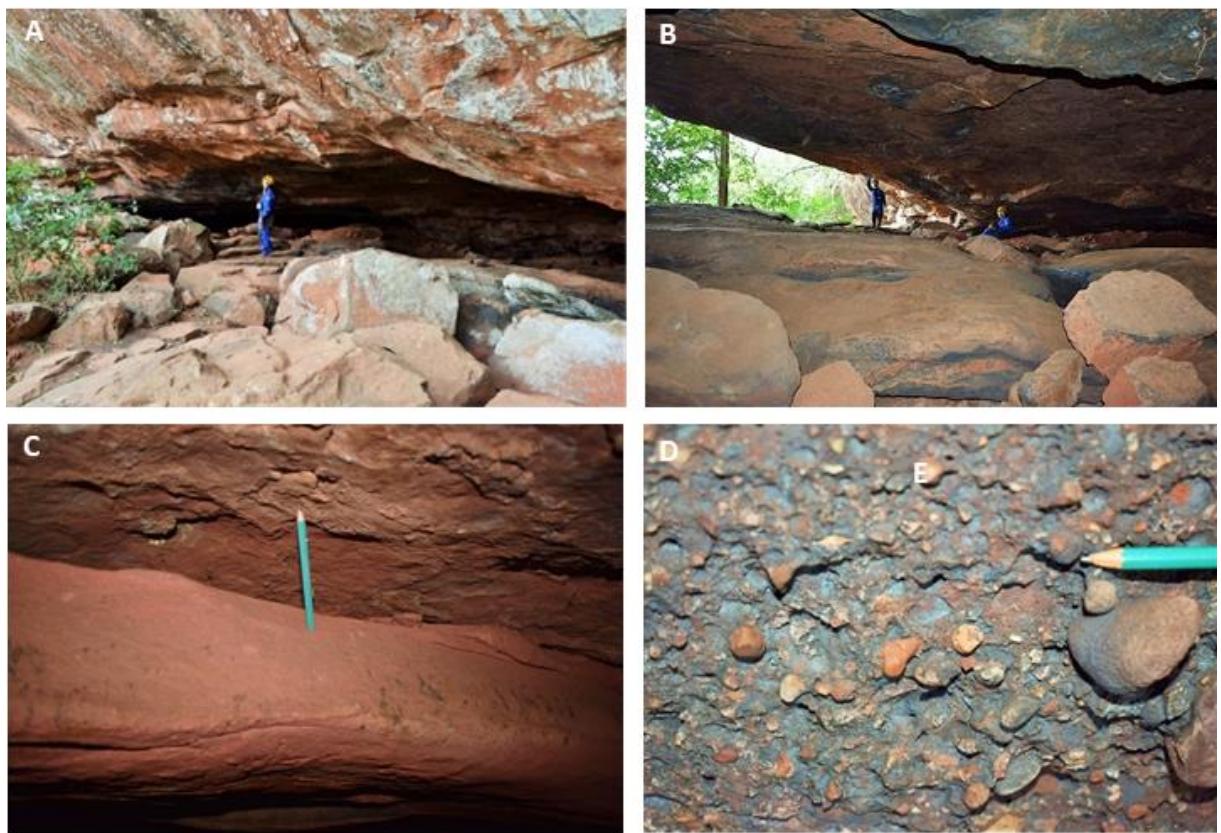


Figura 7. (A) Entrada da caverna na base de escarpa rochosa; (B) Blocos métricos compõe piso do salão principal; (C) Contato de camada de arenito com lente de argilito na parte distal da cavidade; (E) Conglomerado na parede leste do salão da entrada.

Na Gruta Aldeia Limão Verde, o plano do acamamento do arenito aparenta ser a descontinuidade preferencial para a ampliação dos condutos. Segundo Pinheiro *et al* (2015), a presença da caverna no pacote de rocha arenítica depende da interação conjunta de fatores responsáveis pela modelagem do relevo como: taxa de implantação das vertentes, posição dos vales em relação aos elementos tectônicos regionais, resistência das rochas ao entalhe erosivo, presença de fraturas tectônicas, capacidade de ação dos agentes erosivos, soerguimentos e subsidências tectônicas, assim como de fatores hidrodinâmicos, tais como: gradientes e oscilações do lençol freático, posição deste em relação aos vales e vertentes, porosidade e permeabilidade da rocha.

A Formação Furnas apresenta idade eodevoniana (419,2 a 393,3 M.a.) de evolução complexa, destacando-se a formação de cimentos argilosos (caulinita e ilita) durante processos diagenéticos, o que preencheu os espaços entre os grãos de quartzo, unindo-os firmemente (DE ROS, 1998). Este cimento argiloso pode sofrer dissolução por ação química da água,

processo este que favorece a formação de cavernas no escarpamento (MELO et al. 2005; MELO; GIANNINI, 2007).

A morfologia em seção transversal é, no geral, controlada pelos planos de acamamento como no teto que compõem toda a entrada da caverna e o salão principal, assim como, os blocos abatidos no piso (figura 8A). Na porção mediana da cavidade, a morfologia do conduto passa para formatos triangulares, com trechos de teto baixo (0,5 m), piso é preenchido por sedimento arenoso e blocos dispersos (figura 8-B e C). Na porção mediana da caverna, o teto apresenta aspecto alveolar semelhante à pequenas cúpulas (figura 8D). Essas feições resultam da movimentação turbulenta da água no teto, em um período em que a cavidade se encontrava no/ou próximo do nível freático.



Figura 8. (A) Morfologia do salão de entrada; (B) e (C) Seções triangulares na parte mediana e distal da caverna; (D) Morfologia resultante do retrabalhado de teto pela ação do turbilhonamento da água durante fase de ampliação do conduto.

Quanto aos depósitos químicos (espeleotemas), ocorrem coraloides e crostas de forma restrita e pontual. Segundo Espoladore e Cottas (2007), os espeleotemas constituídos por sílica, calcita e óxidos de ferro são considerados depósitos de águas circulantes. A sua gênese está relacionada com o gotejamento e escorrimento de soluções aquosas saturadas, movimentando-se mediante a ação da gravidade. A sílica precipitada é proveniente da dissolução da rocha arenítica e a precipitação está relacionada a processos de evaporação, variação térmica, saturação, alterações no pH das soluções ou, ainda, à presença de determinados cátions ou

organismos. O termo coralóide foi utilizado para descrever espeleotemas conhecidos como pipocas de sílica, corais de sílica e couve-flor, por acreditar se tratar de um único tipo de ornamento observado em diferentes estágios de desenvolvimento, com variações de tamanho milimétrico até centímetros (PILÓ; AULER, 2011) (figura 9A e B).

Foram visualizados três tipos de crosta: crosta rosada com cerca de 0,5 cm de espessura, crosta branca formando fina pátina na parede e crosta amarela (figura 9C, D e E). De acordo com Spoladore e Cottas, (2007), as crostas são depósitos de composição silicática, carbonática ou de óxido de ferro, que ocorrem recobrindo o teto e paredes das cavernas. É comum na Gruta Aldeia Limão Verde encontrar crostas formadas ao longo de fraturas ou outros planos de descontinuidade, já as crostas amarelas ocorrem apenas no salão distal da cavidade ocupada por população de morcegos. É conhecido na literatura a influência dos dejetos de morcegos na formação de espeleotemas, como exemplo as crostas de minerais fosfáticos, que têm sua origem a partir do guano (WIEGAND et al., 2004; HILL; FORTI, 1997).

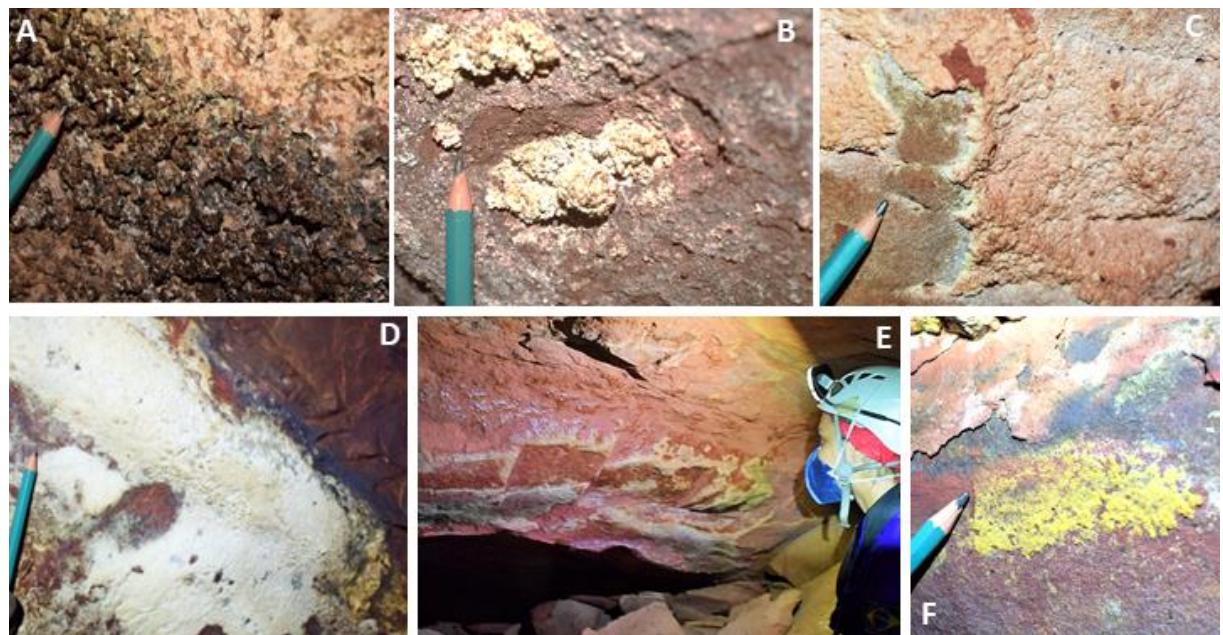


Figura 9. (A) Coralóide com extremidades cinza escuro; (B) Coralóide branco; (C e D) Crosta rosada e crosta branca; (E e F) Crosta amarela.

Do ponto de vista ecológico, a caverna possuí zona afótica, o que a destaca entre as outras cavernas em arenito do Estado. Além disso, abriga importante clônia de quirópteros (morcegos) de espécies ainda não identificadas, podendo ser considerada uma *batcave* devido ao número de indivíduos, na ordem de centenas (possivelmente milhares), que são facilmente observados na parte mais distal (figura 10A). É possível que a presença dos morcegos afete o

microclima da caverna, isto devido à enorme quantidade de guano preenchendo o piso, o aumento da temperatura ao adentrar no salão e o forte odor, sendo necessário o uso de máscara para permanecer no seu interior. A caverna apresenta ainda um histórico de uso e visitação e é visível alterações no piso do salão principal, como pisoteamento e depressões resultantes de possíveis explorações minerais no passado (figura 10B e C).

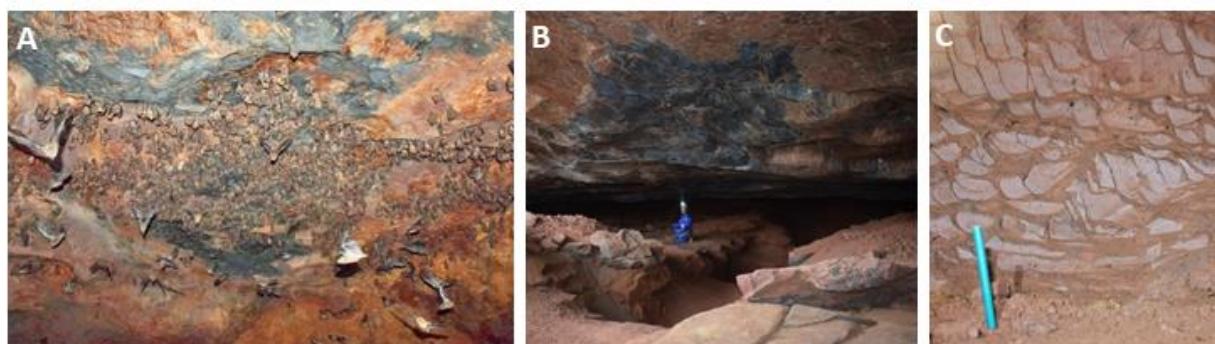


Figura 10. (A) população de quirópteros residente na parte distal da cavidade, (B) Depressão no piso da cavidade por ação antrópica, (C) Marcas de ferramentas manuais na parede.

Considerações finais

O mapeamento da Gruta Aldeia Limão Verde possibilitou a sua representação cartográfica e complementação das informações sobre a cavidade. Até o momento, é a maior cavidade em rocha siliciclástica mapeada no município de Aquidauana e do estado do Mato Grosso do Sul. A espeleotopografia resultou em um desenvolvimento linear de 94,9 m e projeção no plano horizontal de 92,2 m. A área planimétrica obtida é igual a 666,95 m² e o desnível +5°.

A cavidade apresenta potencial para estudos ambientais. A análise química dos espeleotemas e a avaliação lito-estrutural da rocha encaixante irão colaborar com o entendimento da sua gênese. Ressalta-se ainda a importância ecológica local da cavidade devido a presença da população de quirópteros, de espécie ainda não identificada.

Agradecimentos

A autora agradece aos integrantes da ATRATUR LIVER – Atrativos Turísticos do Limão Verde pelo apoio na atividade de campo, aos membros do projeto Expedições Anarco-Pedagógico-Atemporais e ao GESB - Grupo de Espeleologia Serra da Bodoquena pela participação da campanha de topografia.

REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO

- AB'SABER, A. N. **Paisagens de exceção:** o litoral e o pantanal mato-grossense: patrimônios básicos. Cotia: Editora Ateliê, 2007.
- AULER, A. S. e PILÓ, L. B. Geologia de cavernas e sua interpretação à luz da legislação ambiental espeleológica. Cap. 2. In: **Espeleologia e licenciamento Ambiental**. ICM-BIO (2019). p. 40 -76.
- BRASIL. Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008, Brasília, DF.
- BRASIL. Instrução Normativa do Ministério de Meio Ambiente nº 2 de 30 de agosto de 2017, Brasília, DF.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, art. 20 1988.
- DAY, A. J. Cave surveying, BCRA cave studies series, nº.11. **British Cave Research Association**, 40pg. 2002.
- DE ROS, L. F. Heterogeneous generation and evolution of diagenetic quartzarenites in the Silurian-Devonian Furnas Formation of the Paraná Basin, southern Brazil. **Sedimentary Geology**, 116 (1-2): 99-128. 1998.
- FABRI, F., AUGUSTIN, C. H. R. R., AULER, A. Relevo cárstico em rochas siliciclásticas: Uma revisão com base na literatura. **Revista Brasileira de Geomorfologia** v.15, nº3. 2014.
- HARDT, R., RODET, J., PINTO S. A. F., WILLEMS, L. Exemplos brasileiros de carste em arenito: Chapada dos Guimarães (MT) e Serra de Itaqueri (SP). **Espeleo-Tema**, v.2, n° ½, p 7-23. 2009.
- HILL, C.A., FORTI, P. **Cave minerals of the World**. 2. Ed. The National Speleological Society. Inc., 463. 1997.
- MELO, M. S., GIANNINI, P. C. F. Sandstone dissolution landforms in the Furnas Formation, Southern Brazil. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 32, p. 2149-2164. 2007.
- MELO, M. S., LOPES, M. C.; BOSKA, M.A. Furna do Buraco do Padre, Formação Furnas, PR - Feições de erosão subterrânea em arenitos devonianos da Bacia do Paraná. In: Winge,M.; SCHOBENHAUS,C.; BERBERTBORN,M.; QUEIROZ, E. T.; CAMPOS, D. A.; SOUZA,C.R.G.; Fernandes,A.C.S. (Edit.), **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. 2005.
- PALMER, A.N. **Cave Geology**. Dayton, Ohio: Cave Books, 288p. 2007.
- PILÓ, L.B.; AULER, A.S. **Mineralogia dos espeleotemas das cavernas ferríferas da região de Carajás, PA**. In: Seminário Vale de Geologia do Minério de Ferro e I Seminário de Espeleologia. Anais. Belo Horizonte. 2011. p. 80-81.
- PINHEIRO, R. V. L; MAURITY, C. W; PEREIRA, E. Cavernas em arenito da província espeleológica Altamira-Itaituba: dados espeleogenéticos com base no exemplo da gruta das mãos (PA), Amazônia, Brasil. SBE – Campinas, SP, **Espeleo-Tema**. v.26, n.1. 2015.
- RUBIOLI, E e MOURA, V. **Mapeamento de Cavernas - Guia Prático**. RedespeleoBrasil, 93pg. 2005.
- RUBIOLLI, E.; AULER, A.; MENIN, D.; BRANDI, R. **Cavernas: atlas do Brasil Subterrâneo** – Brasilia: ICMBIO, 340p. 2019.
- SOUZA, C. R. de G., SOUZA, A. P. O Escarpamento Estrutural Furnas, SP/PR – Raro Sítio Geomorfológico Brasileiro. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D. de A.; Queiroz, E.T. de; Winge, M. e Berbert-Born, M.L.C. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. DNPM/CPRM/SIGEP, Brasília. p. 299-306. 2002.
- SPOLADORE, A., COTTAS, L. R. **Ornamentos de Cavernas Areníticas**. ANAIS do XXIX Congresso Brasileiro de Espeleologia Ouro Preto MG, 07-10 de junho de 2007 - Sociedade Brasileira de Espeleologia. 2007.
- WIEGAND, J; FEY, M; HAUS, N; KARMANN, I. **Geochimische und hydrochimische untersuchungen zur genese von sandstein-und quarzitkarst in der Chapada Diamantina und im eisernen viereck (Brasilien)**. Z. dt. Geol. Ges. 155: 61-90. 2004.
- WRAY, R.A.L. The formation and significance of coralline silica speleothems in the Sidney Basin, southeastern Australia. **Physical Geography**, vol. 18, p. 1-17.1997.