



# ANAIS do 36º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Brasília-DF, 20-23 de Abril de 2022



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 36º Congresso Brasileiro de Espeleologia (CBE) disponível gratuitamente em [www.cavernas.org.br](http://www.cavernas.org.br).

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

ROSÁRIO, J. D.; VALADÃO, R. C.; PILÓ, L. B.. Sedimentos clásticos em cavernas na região Cárstica de Lagoa Santa (MG): Origem, mecanismos de deposição e estratigrafia In: MOMOLI, R. S.; STUMP, C. F.; VIEIRA, J. D. G.; ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 36, 2022. Brasília. *Anais...* Campinas: SBE, 2022. p.415-425. Disponível em: <[http://www.cavernas.org.br/anais36cbe/36cbe\\_415-425.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais36cbe/36cbe_415-425.pdf)>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.  
Consulte outras obras disponíveis em [www.cavernas.org.br](http://www.cavernas.org.br)

## SEDIMENTOS CLÁSTICOS EM CAVERNAS DA REGIÃO CÁRSTICA DE LAGOA SANTA (MG): ORIGEM, MECANISMOS DE DEPOSIÇÃO E ESTRATIGRAFIA

*CLASSIC SEDIMENTS IN CAVES OF THE KARSTIC REGION OF LAGOA SANTA (MG): ORIGIN, DEPOSITION AND STRATIGRAPHY MECHANISMS*

Jorge Duarte ROSÁRIO (1); Roberto Célio VALADÃO (2); Luis Beethoven PILÓ (3).

(1) Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas – Programa de Pós-Graduação;

(2) Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas – Programa de Pós-Graduação;

(3) Terra Dentro Estudos Ambientais.

**Contatos:** [jorge.duarte.rosario@gmail.com.br](mailto:jorge.duarte.rosario@gmail.com.br); [valadao@ufmg.br](mailto:valadao@ufmg.br); [lbpilo7@gmail.com](mailto:lbpilo7@gmail.com).

### Resumo

De modo geral, os sedimentos encontrados nas cavernas da região cárstica de Lagoa Santa são oriundos da cobertura metapelítica da Formação Serra de Santa Helena que deu origem a cobertura pedológica atual. Esse material inconsolidado chega até as cavernas por meio de fissuras e fendas alargadas – material epicárstico, e com a acoplagem entre as aberturas das cavernas com a vertente. Possuem percentuais elevados de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e concentrações importantes de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Os sedimentos clásticos autóctones são caracterizados por blocos abatidos de granulometria variada, fragmentos de espeleotemas e o produto residual da rocha, que para os calcários do Membro Lagoa Santa, é incipiente. Quanto aos mecanismos de transporte, prevalecem as corridas de lama ou detritos e suspensão. Quanto à organização dos sedimentos, apresentam sequências de fácies sedimentares argilosas (muitas vezes cimentadas por calcita), entre o vermelho e o amarelo, com restos fossilíferos da megafauna extinta e da fauna atual, além de fragmentos de calcário, intercalados por níveis calcíticos. Desta maneira, foram selecionadas novas cavernas com depósitos de sedimentos passíveis de análises: grutas da Escada e Irmãos Piriás. Foram realizadas análises descritivas e laboratoriais das fácies sedimentares levantadas nas duas cavernas para relacionar a origem, mecanismos de transporte e o ambiente de deposição aos quais foram submetidos. Os modelos de origem, mecanismos de transporte e deposição apresentados por diversos autores para os depósitos em cavernas da região foram corroborados. Na Gruta da Escada a textura predominantemente argilosa encontrada nas fácies, os elevados percentuais de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, a estratigrafia com contatos erosivos, piso estalagmítico revestindo/selando o depósito, demonstram atributos comuns aos da região. Por outro lado, na gruta Irmãos Piriás, a característica fluvial e o produto residual da rocha (SiO<sub>2</sub>) deram novas informações sobre tipos de configurações para depósitos de sedimentos clásticos em cavernas da região, onde a granulometria, estratigrafia e a composição química dos sedimentos sofrem forte influência hídrica, concentrando ainda mais óxidos de SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, além de fornecer um ambiente de mistura dos materiais, e organização das fácies representadas por laminações e lentes, associadas a oscilação do nível de água.

**Palavras-Chave:** Sedimentos; Carste Lagoa Santa; Origem; Mecanismos de transporte; Estratigrafia.

### Abstract

*In general, the sediments found in the caves of the Lagoa Santa karst region come from the metapelitic cover of the Serra de Santa Helena Formation, which gave rise to the current pedological cover. This unconsolidated material reaches the caves through widened fissures and crevices – epikarstic material, and with the coupling between the openings of the caves and the slope. They have high percentages of SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and important concentrations of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. The autochthonous clastic sediments are characterized by collapsed blocks of varied granulometry, speleothem fragments and the rock waste product, which for the limestones of the Lagoa Santa Member, is incipient. As for the transport mechanisms, mud or debris and suspension runs prevail. As for the organization of sediments, they present sequences of clayey sedimentary facies (often cemented by calcite), between red and yellow, with fossiliferous remains of extinct megafauna and current fauna, in addition to limestone fragments, interspersed with calcitic levels. Thus, new caves with sediment deposits that could be analyzed were selected: grutas da Escada and Irmãos Piriás. Descriptive*

and laboratory analyzes of the sedimentary facies surveyed in the two caves were carried out to relate the origin, transport mechanisms and the deposition environment to which they were submitted. The models of origin, transport and deposition mechanisms presented by several authors for the deposits in caves in the region were corroborated. In gruta da Escada, the predominantly clayey texture found in the facies, the high percentages of  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , the stratigraphy with erosive contacts, stalagmite floor covering/sealing the deposit, demonstrate attributes common to those of the region. On the other hand, at gruta Irmãos Piriás, the fluvial characteristics and the rock waste product ( $\text{SiO}_2$ ) provided new information on types of configurations for clastic sediment deposits in caves in the region, where the granulometry, stratigraphy and chemical composition of the sediments suffer strong water influence, concentrating even more  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oxides, in addition to providing an environment for mixing materials, and organization of the facies represented by laminations and lenses, associated with the oscillation of the water level.

**Keywords:** Sediments; Karst Lagoa Santa; Origin; Transport mechanisms; Stratigraphy.

## 1. INTRODUÇÃO

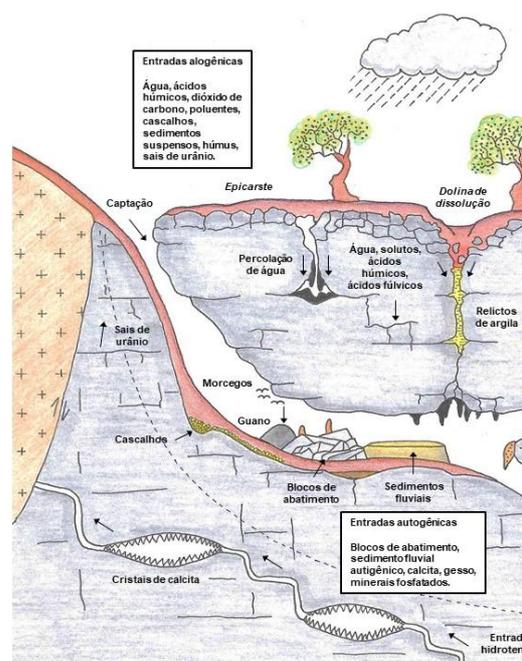
As fontes dos materiais inconsolidados encontrados nos depósitos de cavernas de maneira geral são classificadas como autóctones ou alóctones (LUND, 1843; FORD, 1975; WHITE, 1988; EK e QUINIF, 1988; FORD e WILLIAMS, 1989; PILÓ, 1998; LAUREANO, 1998; PILÓ, 2000; PILÓ *et al.*, 2004; PILÓ *et al.*, 2005; WHITE, 2007; SASOWSKY, 2007; AULER *et al.*, 2009; LAUREANO; KARMAN, 2013; HADDAD-MARTIM *et al.*, 2017; BARIONI, 2018) (Figura 2). As principais fontes autóctones são os blocos oriundos de abatimentos de teto e paredes em galerias e a porção insolúvel da rocha, além de matéria orgânica de origem animal e vegetal. Quanto às fontes alóctones, são relacionadas ao material inconsolidado presente na zona de contato entre o carste superficial e o subterrâneo (Figura 1) e a sedimentos contidos em corpos fluviais e lagos.



**Figura 1** - Frentes de alteração e fraturas preenchidas por sedimentos vermelhos provenientes do contato inferior do solo com a rocha (linhas amarelas). Gruta da Escada

Os principais mecanismos de transporte assinalados para depósitos em cavernas são a suspensão, a saltação, a tração e os fluxos de detritos (WHITE, 2007).

Não restam dúvidas sobre a influência que a rede de condutos oferece à dinâmica de deposição dos sedimentos. Essa dinâmica pode retrabalhar todo material depositado, misturando sedimentos mais antigos aos mais jovens. Processos singenéticos e pós-deposicionais recorrentes em depósitos de cavernas estão relacionados a precipitação de minerais secundários, como a calcita, imprimindo graus de dureza diferentes entre volumes de sedimentos - situação em que a água exerce papel imprescindível, mobilizando minerais e transportando-os ao longo da porosidade dos sedimentos.



**Figura 2** - Principais mecanismos de entrada (origem), transporte e depósitos em cavernas. Adaptado de Walsh (2013); baseado em Gillieson (1996).



Geralmente as estratigrafias encontradas nesse ambiente são de complexa interpretação, onde características particulares controlam a deposição de sedimentos (OSBORNE, 1984; PILÓ, 2000; PILÓ, 1998; AULER *et al.*, 2009). As principais estruturas sedimentares de depósitos em cavernas são imbricamento de seixos, estratificações cruzadas, reversas, laminações paralelas e onduladas, marcas de onda, estruturas de corte e preenchimento e marcas dendríticas (LAUREANO e KARMAN, 2013).

Na região cárstica de Lagoa Santa, a origem dos sedimentos encontrados nos depósitos de cavernas está relacionada principalmente com as sequências sedimentares neoproterozoicas metapelíticas da Formação Serra de Santa Helena que ocorrem intercamadas a sequências carbonáticas, ambas hoje expostas junto à superfície e submetidas a processos erosivos e pedogenéticos (PILÓ, 1998, 2004, 2005; AULER *et al.*, 2009, HADDAD-MARTIM *et al.*, 2017).

Quanto aos mecanismos de transporte característicos aos depósitos em cavernas desta região, Piló (1998) argumenta que o transporte de sedimentos via sumidouros é feito através de fluxos gravitacionais do tipo leques aluviais e corridas de lama, de modo que a competência de conduzir e depositar amplos volumes de sedimentos detríticos mal selecionados para o interior de galerias por meio de fluxos gravitacionais se deve a uma morfogênese muito ativa. Sendo assim, os sedimentos exibem uma combinação deposicional envolvendo processos do tipo corrida de detritos e fluxos aquosos (PILÓ, 1998).

No ambiente de deposição desses materiais móveis além de variáveis ambientais de pouca oscilação, como temperatura, umidade e luminosidade que acabam por auxiliar na preservação desses depósitos, atuam fluxos hídricos que ao transportarem sedimentos clásticos proporcionam, em algumas situações, um ambiente de sedimentação marcado por condições hidrodinâmicas heterogêneas.

Os registros jovens e antigos da erosão sedimentar são observados em quase todas as cavernas da região, como fragmentos de sequências vermelhas), principais litotipos e hidrografia (C).

sedimentares, camadas de calcita suspensas em galerias ou restos de sedimentos clásticos em paredes e tetos das cavernas (AULER *et al.*, 2009). A remoção destes sedimentos quase nunca é total (AULER *et al.*, 2009).

## 2. METODOLOGIA

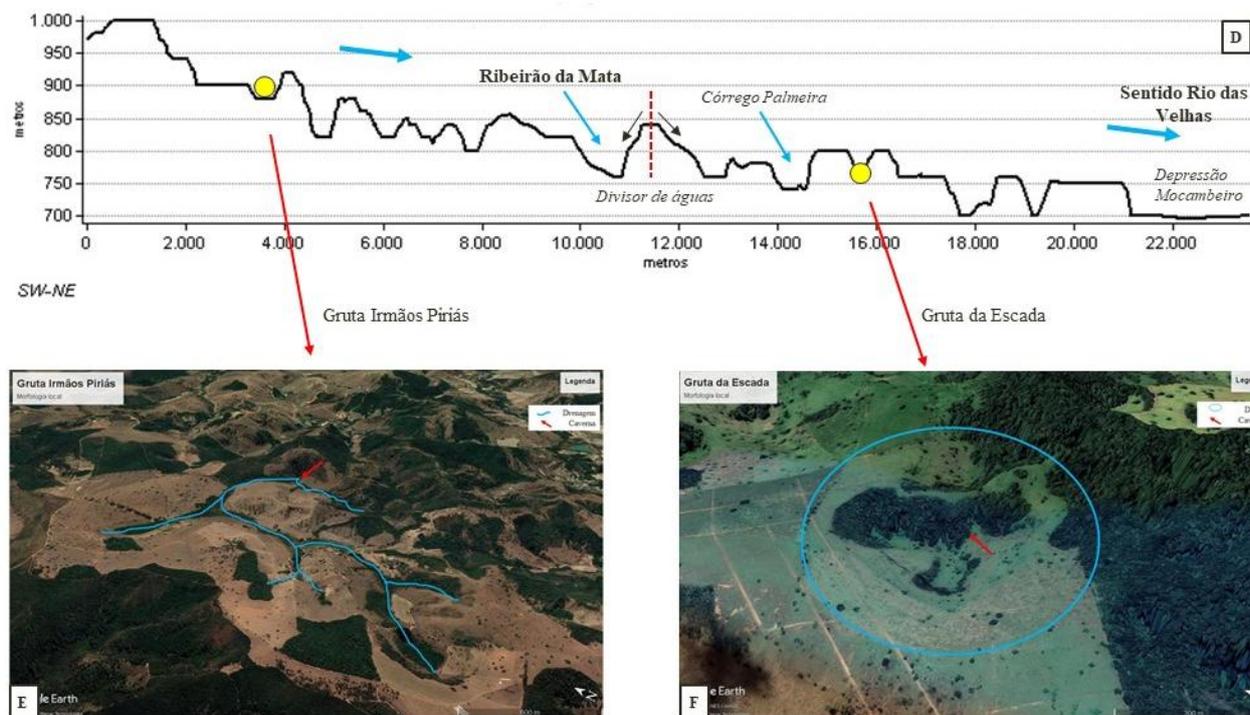
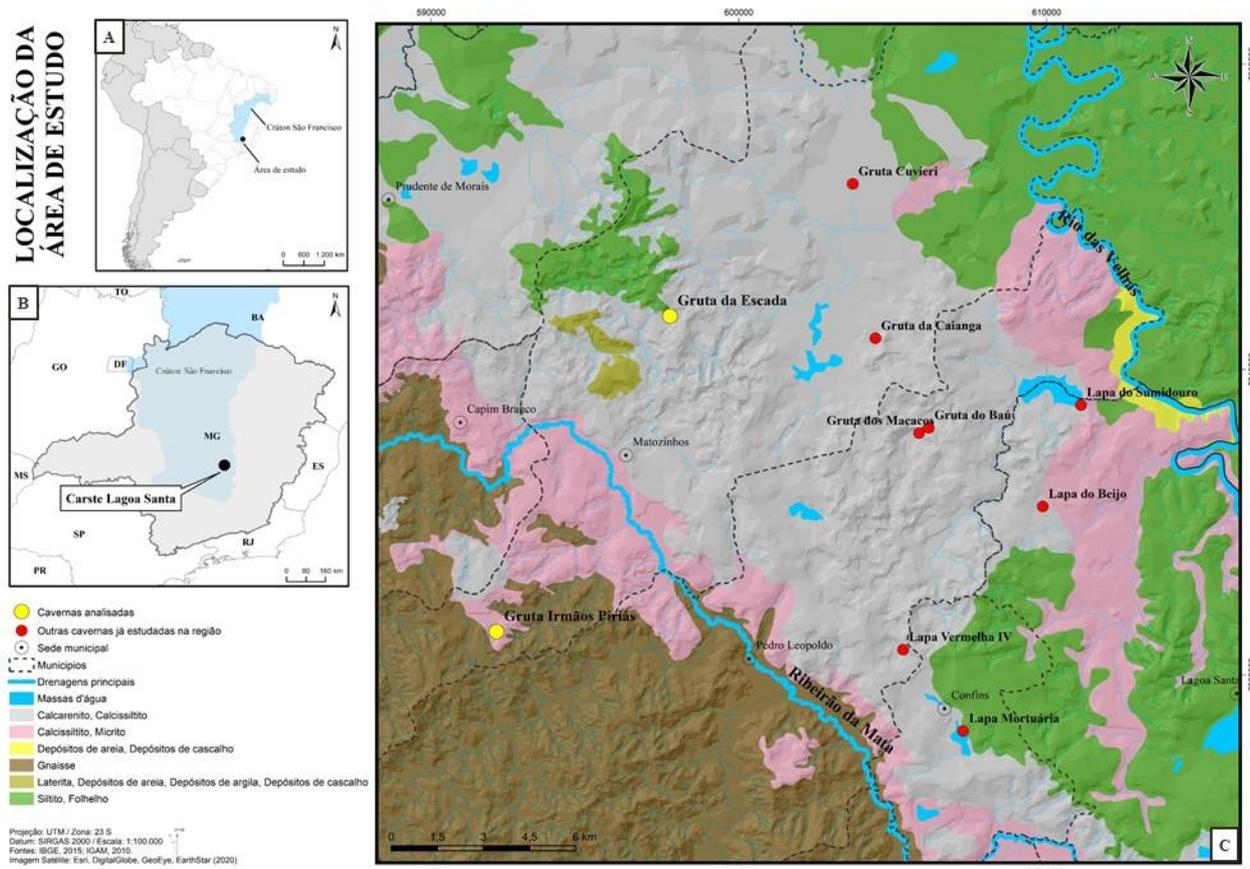
Após o levantamento bibliográfico e análise inicial, foi delimitada então a amostra a ser investigada, baseada em critérios como: unidade geológica, compartimentação geomorfológica, bacia hidrográfica, ambiente com influência fluvial, lacustre e vadoso, e depósitos com sedimentos clásticos passíveis de análise. Foram então selecionados os depósitos acomodados nas galerias das grutas da Escada e Irmãos Piriás, ambas no município de Matozinhos. Para subsidiar as discussões, também foram levantados os principais trabalhos elaborados em cavernas com depósitos de sedimentos da região e que estão localizados na **Figura**.

Para elaboração das colunas estratigráficas dos depósitos selecionados foi utilizado controle estratigráfico sistemático, delineando as fácies sedimentares descritivas observadas a partir de definições gerais apresentadas por Suguio (1973) e as dadas por Walker (1992) como: “volume de sedimentos caracterizado por um conjunto de feições (litológicas, estruturas físicas e biológicas) que o difere de outra unidade sedimentar”. A caracterização dos sedimentos foi baseada na espessura das unidades, contato entre camadas, textura e cor.

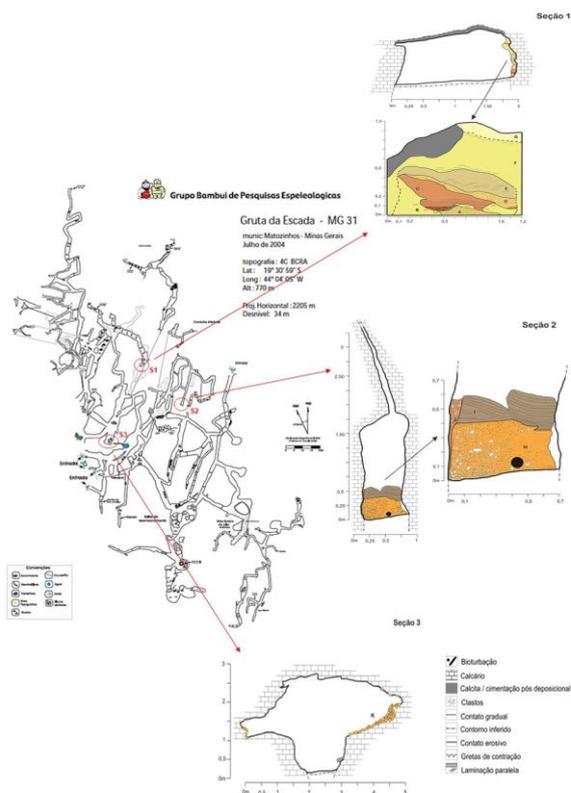
Foram usados mapas espeleotopográficos (**Figura** e **Figura**) que auxiliaram as interpretações sobre a conexão geoespacial de entrada dos materiais inconsolidados com os depósitos e o ambiente de deposição (rede de galerias).

Além disso, foram coletadas 20 (vinte) amostras das fácies sedimentares descritas para análises granulométrica e química total, nas duas cavernas, sendo 13 (treze) na gruta da Escada e 7 (sete) na gruta Irmãos Piriás.

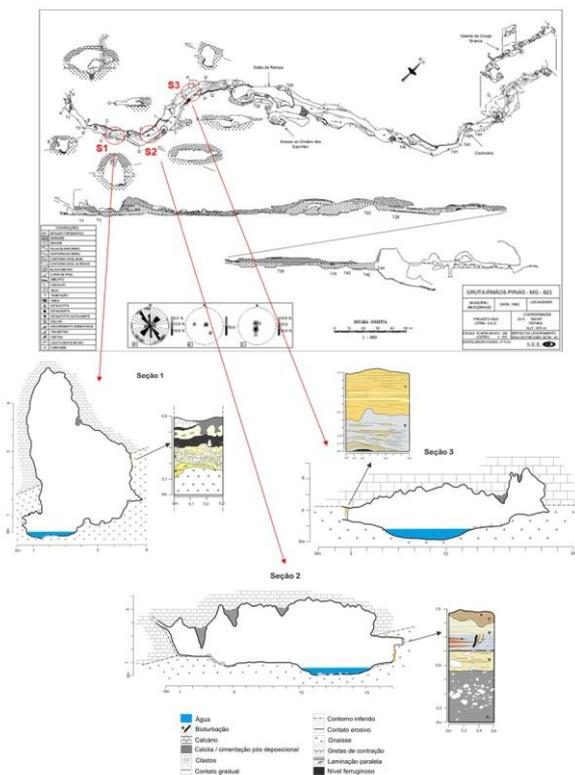
**Figura 3** - Localização da área de estudo (A e B), das cavernas analisadas (círculos amarelos), das cavernas já pesquisadas anteriormente que apoiaram as discussões (círculos vermelhos), principais litotipos e hidrografia (C).



**Figura 4** - Perfil topográfico perfazendo as duas cavernas analisadas (D) e morfologia e drenagens associadas (E e F).



**Figura 5** - Mapa topográfico da gruta da Escada com a localização e descrição das seções morfo-sedimentares.

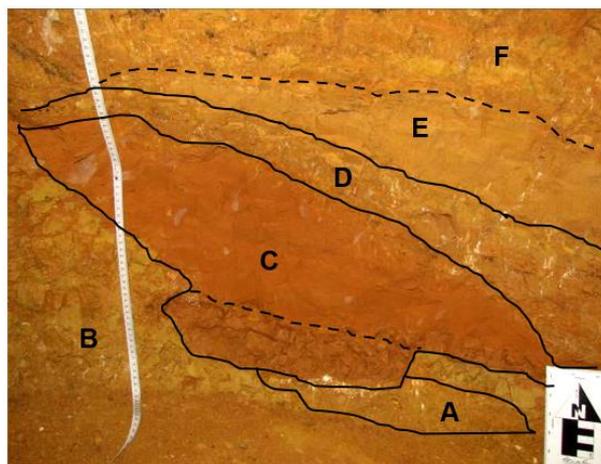


**Figura 6** - Mapa topográfico da gruta Irmaos Piriás com a localização e descrição das seções morfo-sedimentares.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Descrição das fácies

A análise dos registros sedimentares da gruta da Escada (**Figura 5**) e da gruta Irmaos Piriás (**Figura 6**) foi baseada em seis colunas estratigráficas de seis seções morfo-sedimentares elaboradas, três em cada caverna. Sendo assim, subsidiado pelos dados contraiídos da análise dos sedimentos das cavernas, foi realizada a associação e a individualização de onze fácies na gruta da Escada e cinco fácies na gruta Irmaos Piriás.



**Figura 7** - Fácies sedimentares discriminadas na seção 1 na gruta da Escada. Sedimentos com tons entre o amarelo e vermelho.



**Figura 8** - Depósito sedimentar plano paralelo analisado com em porção de parede na gruta Irmaos Piriás.

#### 3.2. Ambiente de deposição

As duas cavernas selecionadas possuem características distintas entre si quanto ao ambiente de sedimentação. A mais marcante é que a gruta da Escada (**Figura 5**) está muito acima do nível de base local atual, de padrão morfológico labiríntico, sendo predominantemente seca. Enquanto isso, a gruta Irmaos Piriás (**Figura 6**) tem influência de um córrego perene, que percola todo seu

desenvolvimento, desenvolvimento com padrão morfológico sinuoso, proporcionando ambientes com hidrodinâmicas de turbidez e estagnação.



**Figura 9** - Entrada principal da gruta da Escada exibindo resto de depósito clástico cimentado.



**Figura 10** - Galeria principal da gruta Irmãos Piriás por onde drena pequeno córrego.

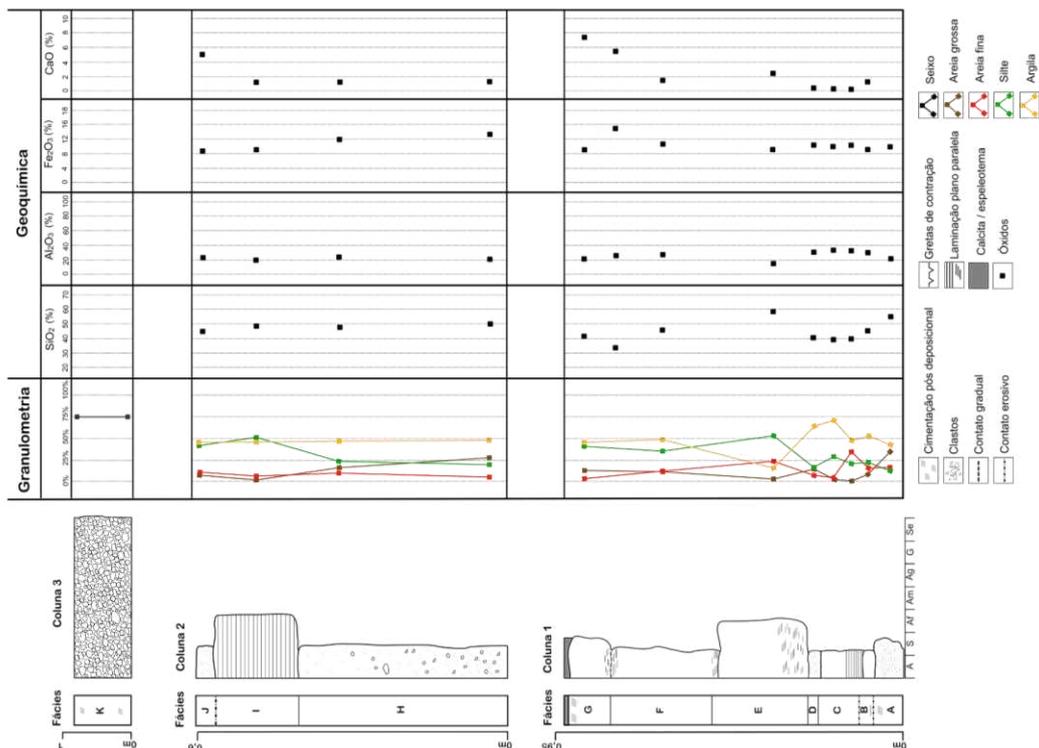
### 3.3. Análises granulométrica e química

De maneira geral, nas colunas levantadas na Gruta da Escada nota-se grande percentual da fração argila em praticamente todas as fácies e, secundariamente, de silte (**Figura**). Destaca-se aqui a fácies C\* coletada na porção central da coluna 1, em que o percentual de argila atinge quase 70%. As exceções ficam com as fácies E (coluna 1) em que o percentual de argila não alcança 17%, e I (coluna 2) que apresentou os maiores valores percentuais de silte: 57,53% e 51,13%.

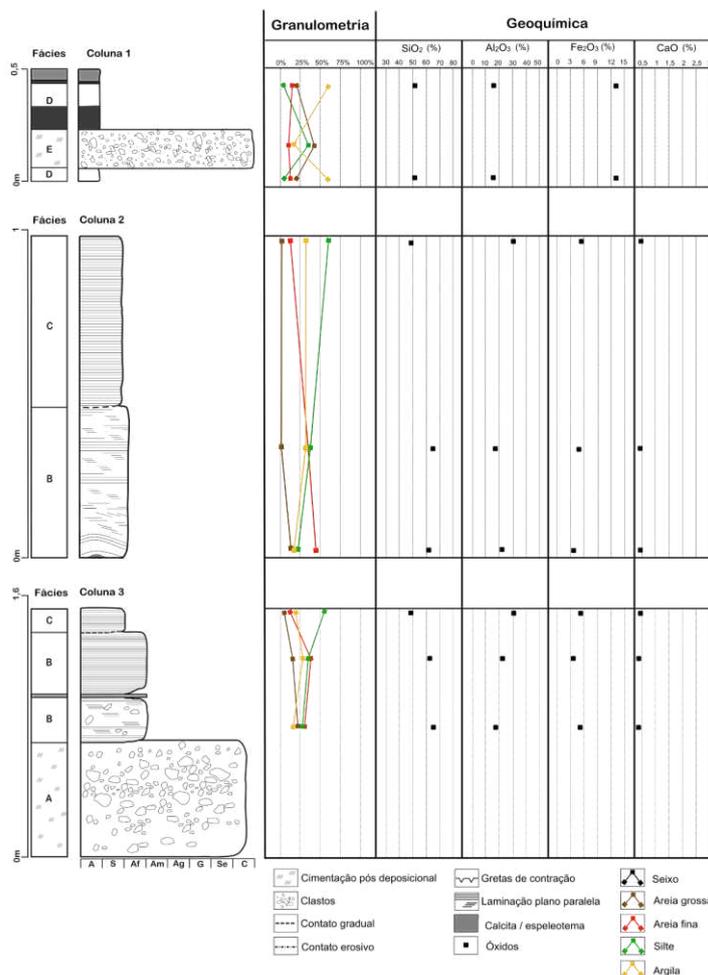
Diferentemente, na gruta Irmãos Piriás as frações silte e areia fina dominam percentualmente as fácies investigadas. Destaca-se a fácies C tanto na coluna 3 quanto na coluna 2, onde o percentual da fração silte atinge respectivamente 59,29% e 57,07%, e a fácies B\* (lente arenosa) na coluna 3, onde a fração areia fina apresenta 46,02%.

A análise química dos sedimentos da gruta da Escada exibe certa homogeneidade entre as fácies, como exemplo as fácies A e E da seção 1/coluna 1, apresentaram os maiores valores percentuais de SiO<sub>2</sub> (> 50%) e os menores valores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (média de 20%), enquanto os valores para Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> se mantiveram estáveis, próximos a 10%. A fácies C da seção 1/coluna 1 onde foram coletadas amostras de porções diferentes desta fácies (topo e base), possui grande similaridade tanto na porcentagem de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Nas fácies F e F\*, representadas por lama amarela com manchas pretas, há maior presença de ferro em relação as demais fácies da coluna 1 (15,6%), possivelmente influenciadas pela oxidação e redução do ferro num ambiente com oscilação do nível de água. A fácies G apresenta a maior porcentagem de cálcio em comparação as outras fácies sedimentares analisadas, demonstrando ligeira cimentação. Quanto as fácies H, H\*, I e J exibem padrões percentuais de sílica, alumínio e ferro muito próximos, e a fácies J maior porcentagem de cálcio em relação a estas. Essa similaridade pode indicar a mesma fonte de sedimentos depositados num ambiente de águas estagnadas. A fácies K, uma brecha de clastos de quartzo extremamente dura, apresenta a matriz que cimenta estes clastos mal selecionados, de cor amarelada, com forte cimentação por calcita.

Na gruta Irmãos Piriás as fácies associadas B, B\* presentes nas colunas 2 e 3 exibem percentagens relativamente altas de sílica (63% a 69%), alumínio (16,4% a 22%) e ferro (3,5% a 5,2%), com certa homogeneidade. Os altos valores para sílica podem ser imputados ao litotipo, de composição mineralógica com abundância deste mineral (**Figura**). A fácies C, apresentam os menores valores percentuais de sílica (54,1% e 49%) e os maiores valores para alumínio (26,1% e 29,1%), cuja explicação pode estar associada a pouca influência hídrica sobre estes sedimentos entre a fonte de origem e a deposição. A fácies D, constituída por lama com discretas laminações plano paralelas localizada próximo a entrada da caverna (seção 1), exibe o maior percentual de ferro (13,1%) entre as fácies sedimentares analisadas, contribuindo para o entendimento de que sofreu maior ação da oscilação hídrica. Um fato importante trata-se do baixo percentual de cálcio em todas as fácies levantadas, mas que na S1-FD apresentou o maior valor: 3,05%, sinalizando cimentação pós deposicional. A fácies E, extremamente dura é composta essencialmente por clastos de quartzo cimentados por calcita.



**Figura 11 -** Gruta da Escada: fácies sedimentares, colunas estratigráficas, granulometria e química das seções 1, 2 e 3.



**Figura 12 -** Gruta Irmandades: fácies sedimentares, colunas, granulometria e química das seções 1, 2 e 3.

Na tentativa de organizar os resultados das análises relativos às fontes, mecanismos de

transporte dos sedimentos e estratigrafia é proposta uma associação entre estes e as fácies levantadas. O

**Quadro 1:** Síntese das associações de fácies analisadas nas grutas da Escada e Irmãos Piriás, de acordo com a classificação dos sedimentos clásticos de cavernas (adaptado de White, 2007). sintetiza essa associação que foi baseada na classificação de sedimentos clásticos proposta por White (2007).

**Quadro 1:** Síntese das associações de fácies analisadas nas grutas da Escada e Irmãos Piriás, de acordo com a classificação dos sedimentos clásticos de cavernas (adaptado de White, 2007).

#### 4. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Nas grutas da Escada e Irmãos Piriás o histórico de deposição alternou nos mais distintos compartimentos das cavernas devido a morfologia das galerias, do fluxo de entrada de sedimentos, além da sua relação evolutiva conexa à paisagem superficial.

Seções mais estreitas lateralmente e alongadas verticalmente, condutos preenchidos e rede labiríntica são alguns dos atributos morfológicos que deram sustentação a interpretações de fluxos de menor dinâmica, como águas estagnadas, de escoamento lento, com funcionamento semelhante a um ralo.

Naquelas seções mais avantajadas, tanto lateralmente como verticalmente,

Associação fácies Gruta Escada	Associação fácies Irmãos Piriás	Classe	Mecanismo (s) de Transportes	Origem	Morfologia e textura
-	B, C e E	Fluviais	tração, saltação e suspensão (acreção paralelo)	alóctone com contribuição autóctone	Bancos e leitos fluviais em canais ativos; bancos e terraços com canais abandonados. Ampla variação textural: argila a seixo.
K	-	Gravitacionais	abatimentos (queda livre)	autóctone	Blocos de colapso, do teto ou paredes.
A, B, C, D, E, F, G, H, I, J e K	A, D e E		fluxo de detritos (corrida de lama)	alóctone com contribuição autóctone	Cones, bancos e pilhas de sedimentos, muitas vezes preenchendo galerias, diamictitos, brechas matriz e clasto suportada.

Associação fácies Gruta Escada	Associação fácies Irmãos Piriás	Classe	Mecanismo (s) de Transportes	Origem	Morfologia e textura
-	B, C e E	Fluviais	tração, saltação e suspensão (acreção paralelo)	alóctone com contribuição autóctone	Bancos e leitos fluviais em canais ativos; bancos e terraços com canais abandonados. Ampla variação textural: argila a seixo.
K	-	Gravitacionais	abatimentos (queda livre)	autóctone	Blocos de colapso, do teto ou paredes.
A, B, C, D, E, F, G, H, I, J e	A, D e E		fluxo de detritos	alóctone com contribuição	Cones, bancos e pilhas de sedimentos, muitas vezes

estrangulamentos entre salões e uma dinâmica hídrica importante tanto do ponto de vista de deposição como de erosão, corroboram com os tipos de depósitos investigados, formados basicamente por materiais em carga de fundo e por sedimentos associados a fluxos lentos.

De acordo com as análises, na região cárstica de Lagoa Santa, os depósitos sedimentares em cavernas exibem padrões de sedimentação clástica e erosão intercalados por níveis de deposição química, calcíticos, mais resistentes ou selando esses depósitos, como é o caso da seção I na gruta da Escada – localizada no centro de uma dolina – e apresentado na maioria dos estudos publicados para a região (LUND, 1843; WALTER, 1948; PILÓ, 1998; PILÓ, 2000; PILÓ *et al.*, 2004; PILÓ *et al.*, 2005; AULER *et al.*, 2009; HADDAD-MARTIM *et al.*, 2017; BARIONI, 2018).

A origem (cobertura pedológica), os mecanismos de entrada (via sumidouros e fissuras epicárstica) e o ambiente de deposição (rede de galerias vadosas, inundadas ocasionalmente e com percolação hídrica perene) observados nas grutas da Escada e Irmãos Piriás também são semelhantes aos dos demais sítios deposicionais estudos regionalmente, com exceção à ambientes com drenagem perene.

Relativo à essa exceção, à drenagem capturada pela gruta Irmãos Piriás que se faz em vale cego e depois de um trajeto subterrâneo pelo seu desenvolvimento, ressurge e alimenta o córrego da Lapa, tributário do Ribeirão da Mata, nível de base local, configura um padrão pouco comum na região do carste Lagoa Santa. De acordo com Piló (1998), um sistema fluvial no carste – fluviocarste, estaria relacionado a atributos morfológicos fluviais

e cársticos em áreas de transição, como os vales cegos, onde sumidouros capturam drenagens superficiais.

A conformação regional apresentada pode ser atribuída, como visto, à idade do carste (Pleistoceno Tardio - paleocarste), onde o recuo continuado do nível de base local abandonou redes de galerias em posições topográficas mais elevadas, desconectadas do atual nível freático, as incutindo uma evolução a posteriori predominantemente erosiva, de destruição e secção dos condutos (Pleistoceno Superior).

## 5. AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial à Daniela Silva, que contribuiu de forma relevante neste trabalho. Aos que colaboraram de alguma maneira, como Leonardo Xavier, Fábio Macedo, Ataliba Coelho, André Strauss, Marcelo Bastos, Cíntia Palhares, Fernando, Roberta Guimarães, entre outros e outras... Aos mestres Prof. Luís Beethoven Piló, Prof. Roberto Célio Valadão, Prof. Fábio Soares, Rogério Uagoda e Allan Calux, pelas generosas contribuições. Às instituições Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Instituto de Geociências (IGC) / Programa de Pós-Graduação em Geografia, ao ICMBio/Cecav, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. Aos grupos Espeleológicos Bambuí (GBPE) e a Sociedade Excursionista & Espeleológica (SEE) (mapas espeleotopográficos).

## REFERÊNCIAS

- AULER, A.; SMART, P.L.; WANG, X.; PILÓ, L.B.; EDWARDS, L. e CHENG, H. **Cyclic sedimentation in Brazilian caves: mechanisms and palaeoenvironmental significance**. *Geomorphology*. V.106, p.142-153. 2009.
- BARIONI, A. **Caracterização das formações superficiais do Carste de Lagoa Santa: um estudo de caso da Bacia Poligonal da Vargem da Lapa (Município de Lagoa Santa, Minas Gerais)**. Dissertação de Mestrado, FFLCH. Universidade de São Paulo. 2018.
- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, Instituto Agrônomo**. P 36; 46. (Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada). 2009.
- CODEMIG/CPRM. **Mapa geológico de Minas Gerais**. Escala: 1:1.000.000. 2014.
- EK, C. & QUINIF, Y. **Les sédiments detritiques des grottes: aperçu synthétique**. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, t.111, p.1-7. 1988.

- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro, 412p. 2013.
- FORD, T. **Sediments in caves**. Trans. British Cave Research Association. v.2, n.1, p. 41-46. 1975.
- FORD, D. C.; WILLIAMS, P.W. **Karst Geomorphology and Hydrology**. London, Unwin Hyman. p. 601. 1989.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Municípios; Brasil**. 1: 5.000.000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html> - acessado em 16/05/2020. 2020.
- GILLIESON, D. **Cave sedimentation in the New Guinea highlands**. Earth Surface Process and Landforms, v. 11, p. 533-543. 1986.
- GBPE. Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas. **Mapa topográfico Gruta da Escada**. 4C BCRA. 2004.
- HADDAD-MARTIM, P. M.; HUBBEB A.; GIANNINID P. C. F.; AULER A. S.; PILÓ L. B.; HUBBE, M; MAYER, E.; WANG X.; CHENG, H.; EDWARDSI, R. L.; NEVES, W. A. **Quaternary depositional facies in cave entrances and their relation to landscape evolution: The example of Cuvieri Cave, eastern Brazil**. Catena 157. 372–387. 2017.
- LAUREANO, F. V. **O registro sedimentar clástico associado ao sistema de cavernas Lapa Doce e Torrinha, Município de Iraquara, Chapada Diamantina – BA**. Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências - USP. São Paulo. 1998.
- LAUREANO, F. V. e KARMANN, I. **Sedimentos clásticos em sistemas de cavernas e suas contribuições em estudos geomorfológicos**. Revista Brasileira de Geomorfologia. Volume 14, nº 1. 2013.
- LUND, P.W. **Notícia sobre ossadas humanas fósseis achadas numa caverna do Brasil**. In: Paula Couto, C. de. (ed.). Memórias sobre a paleontologia brasileira, Instituto Nacional do Livro, p. 465-488. 1844.
- LUND, P. W. **Memórias sobre a paleontologia brasileira**. Traduzidas, revistas e comentadas por Carlos de Paula Couto. Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Livro. 589p. 1950 (edição).
- OSBORNE, R. A. L. **Lateral facies, unconformities and stratigraphic reversals: Their significance for cave sediment stratigraphy**. Cave Science. transactions British Cave Research Association. v. 11, n.3, p. 175-184. 1984.
- PILÓ, L. B. **Morfologia cárstica e materiais constituintes: dinâmica e evolução da depressão poligonal Macacos-Baú; Carste de Lagoa Santa, MG**. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – USP, São Paulo. Tese de Doutorado. 1998.
- PILÓ, L. B. **Geomorfologia Cárstica**. Revista Brasileira de Geomorfologia. Volume 1, nº 1; p. 88-102. 2000.
- PILÓ, L. B.; AULER, A. S.; NEVES, W. A.; WANG, X.; CHENG, H.; EDWARDS R. L. **Revisitando a Lapa do Sumidouro: Marco paleo-antropológico do Quaternário Americano**. Revista Brasileira de Paleontologia. 7 (3). p. 337-348. 2004.
- SASOWSKY, I.D. **Clastic sediments in caves – imperfect recorders of processes in karst**. In: SASOWSKY, I.D. Time in Karst. Postojna: Karst Water Institute Special Publication. p-147-149. 2007.
- SEE. Sociedade Excursionista & Espeleológica. **Mapa topográfico Gruta Irmãos Piriás**. 4C BCRA. 1992.

SILVA, C. M. T., SIMÕES, P. R., PEREIRA FILHO, M. e CRUZ, L. V. **Geoespeleologia da Gruta Gruta dos Piriás (MG 823), Matozinhos MG.** In: Anais do 27º Congresso Brasileiro de Espeleologia. Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE. Januária, julho de 2003.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia.** São Paulo, Edgar Blücher; Editora da Universidade de São Paulo (USP). 1973.

WALKER, R. G. **Facies models - Response to sea change.** Ontario, Geological Association of Canada. 1992.

WALSH, K. **The Archaeology of Mediterranean Landscapes.** Human-Environment from the Neolithic to the Roman Period. Cambridge University Press. 2013.

WALTER, H. V. The pre-history of the Lagoa Santa region. Belo Horizonte: Velloso & Cia. Ltda. p. 165. 1948.

WHITE, W. B. **Geomorphology and hydrology of Karst Terrains.** 1ª ed. Oxford: University Press – p. 464. 1988.

WHITE, W. B. **Cave sediments and paleoclimate.** Journal of Cave and Karst Studies. v. 69, n. 1, p. 76-93. 2007.