



TRABALHOS TÉCNICOS SOBRE PALEONTOLOGIA EM CAVERNAS: DEFICIÊNCIAS E UMA PROPOSTA PARA FINS DE ESTUDOS AMBIENTAIS

ANDRÉ GOMIDE VASCONCELOS 

Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas, Gerais, Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, MG, Brasil. *andregomide86@gmail.com* (Autor correspondente)

ALEX HUBBE 

Departamento de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, R. Barão de Jeremoabo, s/n., Campus Universitário de Ondina, BA; Instituto do Carste, R. Barcelona, 240/302, 139, Belo Horizonte, MG, Brasil. *alexhubbe@yahoo.com*

MATHEUS AMORIM 

Faculdade Unyleya, R. dos Aimorés, 3018, Belo Horizonte, MG, Brasil. *matheusbio@yahoo.com*

ELVER L. MAYER 

Instituto de Estudos do Xingu, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Av. Norte Sul, Lote nº1, QD 15, Setor 15, São Félix do Xingu, PA; Colegiado de Geologia, Universidade Federal do Vale do São Francisco, R. Tomás Guimarães, s/n., Senhor do Bonfim, BA, Brasil. *elver.mayer@univasf.edu.br*

AUGUSTO S. AULER 

Instituto do Carste / Carste Ciência Ambiental, R. Barcelona, 240/302, 139, Belo Horizonte, MG. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas, Gerais, Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, MG, Brasil. *auler@gmail.com*

ABSTRACT – Technical works in cave paleontology: weaknesses and a proposal for paleontological evaluation of caves for environmental studies. Since 2008, Brazilian law has required specific environmental studies to license projects in karst areas. A paleontological assessment is one of them. Based on these studies, several outcomes may result, either allowing the cave to be suppressed or protecting a cave. However, unlike other topics, paleontological study needs an appropriate protocol. Thus, the present work aims to: (i) discuss the current method ascribed by the Brazilian legislation for the preparation of technical reports in paleontology related to environmental assessment reports in caves; (ii) present the limitations for the interpretation of current methodological norms and the difficulty in comparing data between reports; and (iii) propose a systematic method for collecting field data in caves. The current method described in Normative Instruction 2 (IN02/2017) is too basic, preventing uniform data collection development. To address this problem, it is proposed that a standardized field form should be applied, including data required by IN02/2017, besides other items needed for properly characterizing cavities. Standardization aims to allow objective comparison of caves and provide a better basis for decision-making about the paleontological potential of a given cave and/or region. Based on similar procedures applied to other study areas, it is known that this approach results in a better-balanced assessment of caves and their paleontological potential. Once implemented, the method could provide valuable data for a better understanding of how fossils occur in caves in Brazil.

Keywords: environmental impacts, fossils, karst areas, caves.

RESUMO – Desde 2008, a legislação brasileira exige estudos ambientais específicos para o licenciamento de empreendimentos em áreas cársticas, incluindo a avaliação paleontológica. Esses estudos fornecem os dados técnicos que fundamentarão a tomada de decisão sobre o futuro da caverna, como, por exemplo, se ela será suprimida ou protegida. No entanto, ao contrário de outros tópicos dos estudos ambientais, o estudo paleontológico carece de um protocolo adequado. Assim, o presente trabalho tem por objetivos: (i) discutir o atual método prescrito pela legislação brasileira para a elaboração de laudos técnicos em paleontologia relacionados ao laudo de avaliação ambiental em cavernas; (ii) apresentar as limitações para a interpretação das normas metodológicas vigentes e a dificuldade em comparar os dados entre relatórios; e (iii) propor um método sistemático para coleta de dados de campo que permita tanto caracterizar as cavernas de forma adequada quanto comparar e compilar dados de diferentes relatórios. O método para a elaboração de laudos técnicos descrito na Instrução Normativa 02 (IN02/2017) é muito básico e vago, impedindo a adequada descrição da caverna e a comparação entre dados de relatórios realizados por diferentes profissionais. Para mitigar esse problema, propõe-se aplicar um formulário de campo padronizado, que contempla não só as exigências da IN02/2017, mas também outros itens necessários para a adequada caracterização das cavidades. A padronização permitirá a descrição dos aspectos relevantes em uma caverna e a comparação objetiva entre cavernas. Consequentemente, com a ampla adoção do método proposto, haverá uma base de dados sólida para uma melhor tomada de decisão sobre o potencial paleontológico de uma determinada caverna e/ou região.

Palavras-chave: impactos ambientais, fósseis, áreas cársticas, cavernas.

INTRODUÇÃO

O diagnóstico paleontológico é uma etapa importante dos estudos ambientais em espeleologia. Ele faz parte de uma série de trabalhos técnicos, cujo objetivo é avaliar cavidades naturais que irão compor o processo de licenciamento ambiental de uma determinada área (MMA, 2017). Esse processo é realizado para a instalação e operação de inúmeros empreendimentos, e no caso das cavidades naturais, está associado, por exemplo, às atividades minerárias, aos parques eólicos e às usinas hidrelétricas (e.g., Morato, 2007; Kraemer, 2011; Vasconcelos, 2020a).

O diagnóstico paleontológico visa a verificar o potencial paleontológico da cavidade, realizando-se uma varredura das superfícies desse ambiente, em busca de fósseis e outras feições de interesse paleontológico, como os diferentes depósitos sedimentares ali preservados (MMA, 2017).

O volume de estudos sobre o diagnóstico paleontológico em relatórios de impactos ambientais vem crescendo gradativamente no Brasil, como consequência da exigência desse tipo de trabalho por parte dos órgãos ambientais (MMA, 2017). No entanto, apesar do aumento do conhecimento gerado, o acesso a essas informações é extremamente burocrático e difícil. O diagnóstico paleontológico geralmente faz parte de um documento mais abrangente que é apresentado ao órgão ambiental (e.g., Estudo de Impacto Ambiental – EIA – e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA –), e devido à burocracia dos próprios órgãos ambientais, esses laudos raramente são amplamente disponibilizados. Como resultado, na prática, o conhecimento só é acessível quando o contratante autoriza e o corpo técnico responsável se mobiliza para publicar informações técnicas ou científicas sobre o conteúdo paleontológico, como foi o caso de trabalhos executados por Morato (2007), Hubbe & Auler (2012), Vasconcelos & Campello (2016), Vasconcelos & Bittencourt (2018), e Vasconcelos *et al.* (2021). Em alguns casos específicos, também é possível obter informações quando o empreendimento contratante disponibiliza laudos paleontológicos prévios a novos trabalhos. No entanto, nesse caso, o conhecimento permanece restrito ao corpo técnico responsável pela elaboração desses estudos.

Além da dificuldade de acesso aos relatórios técnicos, outro problema grave é que, mesmo ao ter acesso aos laudos paleontológicos, informações importantes para a tomada de decisões em relação aos impactos ambientais relacionados à paleontologia podem ser negligenciadas. Isso ocorre devido à ausência de regras e normas claramente definidas pelo órgão ambiental (Minas Gerais, 2005; MMA, 2017), o que leva cada profissional a conduzir as etapas de trabalho para elaboração do diagnóstico com base em sua experiência e interpretação pessoal sobre quais informações são relevantes (e.g., Morato, 2007; Hubbe, 2009a; Ferreira, 2010; Kraemer, 2011; Vasconcelos, 2022).

Por exemplo, há diversos trabalhos científicos onde os métodos aplicados para coleta e preparação de fósseis em campo e em laboratório são bem descritos (e.g., Paula Couto,

1958; Collinson, 1959; Holz & Barberena, 1998; Nobre & Carvalho, 2010; Stratford, 2011; Vasconcelos *et al.*, 2018b). No entanto, estes abordam apenas os procedimentos realizados após a localização do jazigo e a coleta do material, fazendo com que os métodos adotados na prospecção paleontológica e no processo de levantamento de dados em campo fiquem defasados (e.g., Scherer *et al.*, 2016). Já a publicação e a disponibilização desses dados relacionados aos trabalhos técnicos são praticamente inexistentes (Morato *et al.*, 2003; Vasconcelos *et al.*, 2015; Vasconcelos & Campello, 2016; Vasconcelos & Bittencourt, 2018).

Diante do exposto, e focando particularmente na paleontologia em ambientes cavernícolas, os objetivos deste trabalho são: (i) discutir o atual método prescrito pela legislação brasileira para a elaboração de laudos técnicos em paleontologia relacionados ao laudo de avaliação ambiental em cavernas; (ii) apresentar as limitações para a interpretação das normas metodológicas vigentes e a dificuldade em comparar os dados entre relatórios; e (iii) propor um método sistemático para coleta de dados de campo que permita, tanto caracterizar as cavernas de forma adequada, quanto comparar e compilar dados de diferentes relatórios.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido a partir de três etapas: (i) análise da legislação ambiental brasileira associada diretamente à paleontologia para compreender o arcabouço legal desse tipo de trabalho no país; (ii) revisão, tanto das ementas dos cursos superiores nos quais se graduam os profissionais autorizados legalmente a emitirem diagnósticos paleontológicos, quanto da forma como a paleontologia é abordada nos encontros científicos associados à espeleologia (CONFEA, 2005; CFBio, 2019a; ver revisão em Vasconcelos, 2020b), isso foi feito com o intuito de avaliar quão bem preparados são os profissionais recém-formados para atuarem na área; e (iii) análise de trabalhos técnicos sobre a valoração paleontológica de cavidades naturais, aos quais tivemos acesso para verificar quais são os métodos aplicados por diferentes profissionais (Morato, 2007; Kraemer, 2008, 2010, 2011; Ferreira, 2010; Hubbe, 2009a, b, 2013, 2015; Ribeiro, 2011; Vasconcelos, 2012, 2016a, b, 2017a, b; Vasconcelos & Bittencourt, 2018).

A partir da análise desses dados e da avaliação de cerca de 760 cavernas, distribuídas nas regiões cársticas do Pará, Mato Grosso, Goiás, Bahia e Minas Gerais (Figura 1), foi elaborada uma ficha de campo com o objetivo de padronizar, minimamente, a coleta de informações e de feições de interesse paleontológico das cavernas para fins de estudos ambientais. Essa ficha está disponível no Material Suplementar. Apesar da grande maioria das cavernas visitadas se concentrar em rochas calcárias, com adaptações, o método mostrou-se eficaz em trabalhos executados em cavernas de outras litologias, como as siliciclásticas e as ferríferas.

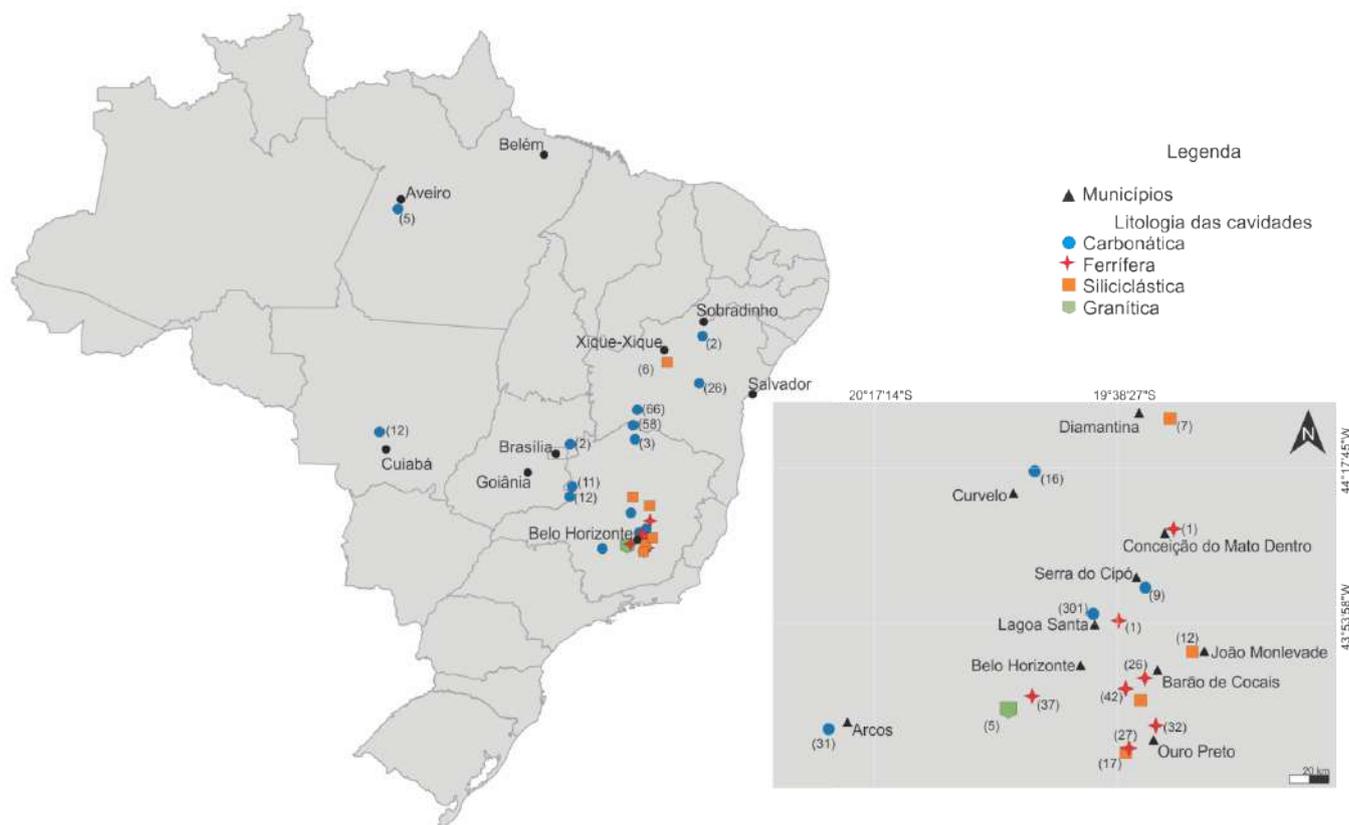


Figura 1. Distribuição das regiões espeleológicas onde foi aplicado o método de avaliação paleontológica de cavernas para fins de estudos ambientais aqui proposto, com indicação do número de cavernas visitadas.

Figure 1. Distribution of the speleological regions where the proposed cave paleontological assessment method was applied for environmental studies, indicating the number of caves visited.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados e discutidos considerando os seguintes tópicos: (i) a legislação brasileira sobre a elaboração dos laudos técnicos sobre paleontologia; (ii) críticas ao processo vigente; (iii) apresentação do método proposto.

A legislação brasileira e a elaboração do diagnóstico paleontológico na espeleologia

A Constituição Federal (Brasil, 1988) classifica os fósseis como um bem da União e a Portaria Nº 155, de 12 de maio de 2016 apresenta a definição legal de fóssil no Brasil como sendo “resto, vestígio ou resultado da atividade de organismo que tenha mais de 11.000 anos AP ou, no caso de organismo extinto, sem limite de idade, preservados em sistemas naturais, tais como rochas, sedimentos, solos, cavidades, âmbar, gelo e outros, e que sejam destinados a Museus, Estabelecimentos de Ensino e outros fins científicos” (DNPM, 2016). Outras considerações sobre fósseis e o patrimônio paleontológico brasileiro são feitas em Leis, Decretos e Instruções Normativas de diferentes esferas governamentais (*e.g.*, Brasil, 1942; Rio Grande do Sul, 2002; Minas Gerais, 2005; Uberaba, 2015; MMA, 2017). No entanto, estas peças jurídicas são geralmente direcionadas para ações burocráticas (*e.g.*, legalidade da

coleta, transporte dos fósseis coletados e proteção dos sítios paleontológicos) e não regem ou normatizam os métodos a serem adotados durante os trabalhos de campo e para a elaboração dos relatórios técnicos.

Particularmente sobre as cavidades naturais, em nível nacional, a Instrução Normativa nº 2 de 2017 (IN-02/2017; MMA, 2017) apresenta as diretrizes para a valoração desses ambientes. Este procedimento é feito a partir de uma série de estudos que caracterizam as cavidades sob diferentes aspectos, como geológicos, biológicos, arqueológicos e paleontológicos (ver revisão em Auler & Piló, 2015). A partir destes estudos, as cavidades são classificadas quanto à sua importância, sob os enfoques local e regional, e a sua relevância (máxima, alta, média ou baixa; IN-02/2017, MMA, 2017).

Da perspectiva paleontológica, a partir dos parâmetros: (i) presença/ausência de fósseis e (ii) importâncias científica e didática dos fósseis encontrados, as cavidades são classificadas como de alta, média ou baixa relevância, uma vez que nenhum achado paleontológico, por mais extraordinário que seja, confere à cavidade o grau de máxima relevância. Na IN-02/2017 (MMA, 2017) também há menção ao resgate de fósseis em cavernas: uma vez expostos a impactos negativos irreversíveis, os fósseis ali preservados devem ser devidamente coletados e destinados às coleções científicas (Art. 18, MMA, 2017). No entanto, a IN-02/2017 não apresenta nenhuma proposta objetiva de método de trabalho, ficando, portanto,

totalmente a critério do corpo técnico os métodos empregados para a realização do laudo paleontológico.

Além da IN-02/2017, na esfera estadual, o “Termo de referência para elaboração de estudos de impacto ambiental para atividades minerárias em áreas cársticas no Estado de Minas Gerais” (Termo da FEAM, Minas Gerais, 2005) produzido pelo corpo técnico da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) apresenta sugestões de métodos para a avaliação de impactos ambientais de cavernas inseridas em regiões minerárias (Minas Gerais, 2005). Este termo, apresenta parâmetros mais detalhados para o diagnóstico paleontológico, quando comparado à IN-02/2017 (MMA, 2017).

O Termo da FEAM também objetiva a valoração da cavidade e, para isso, no documento é considerada que a caracterização paleontológica consista na obtenção de informações referentes tanto aos restos orgânicos de interesse paleontológico, quanto aos depósitos sedimentares clásticos e químicos (Minas Gerais, 2005). Segundo esse termo, as seguintes ações devem ser tomadas: (a) descrição de cada sítio de relevância sedimentológica; (b) plotagem da localização dos sedimentos no mapa da cavidade; (c) descrição dos jazimentos encontrados, indicando provável dinâmica deposicional; (d) descrição sumária dos prováveis fósseis, vestígios fósseis, ou restos orgânicos, pré-orgânicos; (e) indicação dos impactos futuros com a implantação e operação do empreendimento (Minas Gerais, 2005). Com base nestes dados, somados aos demais resultados alcançados pelos outros estudos (e.g., bioespeleológicos), o corpo técnico do órgão ambiental irá determinar a relevância da cavidade.

O Termo da FEAM é a proposta mais completa e detalhada disponível no Brasil para o diagnóstico paleontológico de cavernas (Minas Gerais, 2005). Contudo, por ser um documento estadual de uso facultativo, acaba não sendo adotado amplamente, nem mesmo em Minas Gerais (Morato, 2007; Kraemer, 2008, 2010, 2011; Ferreira, 2010; Hubbe, 2009a, b, 2013, 2015; Ribeiro, 2011; Vasconcelos, 2012, 2016a, 2017a, b). Além disso, mesmo que fosse amplamente utilizado, esse documento não oferece uma proposta metodológica clara sobre como o trabalho deve ser desenvolvido (Minas Gerais, 2005). Portanto, a elaboração do laudo paleontológico fica a critério da subjetividade do corpo técnico.

Outro ponto negativo do documento é que ele não utiliza terminologias adequadas: “vestígio fóssil”, já é englobado por “fósseis” e “restos pré-orgânicos” é um conceito inexistente. Já a designação para “restos orgânicos”, no contexto do documento, é dúbia. Ela pode se referir tanto a um resto não-fóssil ou fóssil. Já as designações para “subfóssil” e “recente” são sinônimos e isso não fica claro no documento da FEAM (Mendes, 1982; Minas Gerais, 2005; Cassab, 2010; Prothero, 2013). Isso gera interpretação dúbia do documento para os avaliadores não especializados em paleontologia, assim é sugerido que o profissional responsável pela avaliação paleontológica use termos padrões ou termos claros e bem definidos.

Dessa forma, é evidente que a falta de objetividade e padronização nos laudos paleontológicos é um grande impedimento na atualidade. Esse problema não só pode prejudicar a correta caracterização da importância de uma cavidade, como também desfavorece ou até mesmo impossibilita a comparação dos resultados de diferentes trabalhos e a formação de um banco de dados nacional. Por exemplo, como atribuir valores científico e didático de uma caverna do ponto de vista paleontológico de forma justa, na ausência de um banco de dados representativo da diversidade paleontológica em cavernas nacionais?

Um fator adicional que dificulta a formação do banco de dados está relacionado ao fato que a fiscalização de trabalhos relacionados à paleontologia é feita por três órgãos nacionais independentes: a Agência Nacional de Mineração (ANM), o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), que tem seu papel restrito ao valor cultural do fóssil ou à coleta em sítios tombados, além do tombamento de sítios em si. Em teoria, o profissional que queira trabalhar em alguma área com potencial paleontológico deveria solicitar autorização no mínimo para a ANM e o ICMBio e, em casos de sítios tombados, também ao IPHAN. Na prática, via de regra, solicita-se autorização a somente um órgão de fiscalização e, conseqüentemente, os trabalhos técnicos ficam isolados no sistema de cada órgão de fiscalização, dificultando a centralização dos dados.

Outro problema fundamental está relacionado a aplicabilidade do conceito legal de fóssil nos laudos paleontológicos de cavernas, pois pode ser desafiador para o corpo técnico determinar se o resto ou vestígio (daqui em diante referido genericamente como espécime) encontrado trata-se de um fóssil. Excetuando os espécimes preservados na rocha encaixante da caverna (Zogbi *et al.*, 2017; Vasconcelos, 2020b), os espécimes encontrados nestes ambientes apresentam idades quaternárias, podendo, inclusive, terem idades inferiores aos 11 mil anos AP (Hubbe *et al.*, 2011) (Auler *et al.*, 2006; Hubbe & Auler, 2012; Hubbe *et al.*, 2013). Ou seja, a não ser que se tenha certeza de que o espécime em estudo seja de uma espécie extinta, não é possível determinar se é um fóssil sem a realização de datações absolutas.

Em muitos casos, não é possível identificar com segurança em campo se um espécime representa um táxon extinto, devido ao seu estado precário de preservação. Nesses casos, a melhor opção para buscar a identificação do táxon seria realizar comparações com material depositado em coleções científicas. No entanto, como a coleta de espécimes para análise em laboratório não é exigida ou autorizada (e, por vezes, tampouco é prática; MMA, 2017), a identificação dos espécimes se limita aos trabalhos de campo. Portanto, muitas vezes não é possível afirmar se um espécime representa uma espécie extinta (Hubbe, 2009a; Vasconcelos, 2016a, b). Nos casos em que a identificação taxonômica é inviável, a alternativa seria submeter o espécime a datações absolutas. No entanto, esse processo não é efetivamente viável em trabalhos de valoração paleontológica, devido: (a) ao seu elevado custo financeiro; e (b) à incerteza quanto à preservação de

material adequado para a datação (*e.g.*, colágeno) no espécime (Barreto *et al.*, 1982; Hubbe, 2009a; Hubbe *et al.*, 2010, 2011; Vasconcelos *et al.*, 2015; Bernardo *et al.*, 2016). Em suma, o conceito legal de fósseis pode não ter aplicabilidade prática em laudos técnicos paleontológicos de cavernas. Para fins práticos, sugere-se que a definição de fóssil para espécimes quaternários seja baseada exclusivamente no critério de se o espécime pertence a uma espécie extinta ou vivente.

Uma solução arbitrária encontrada é a classificar o espécime a partir de suas alterações físicas. Devido às dificuldades em determinar se um espécime é um fóssil, às vezes, evidências de fossilização (como incrustação e permineralização) são utilizadas para classificar os espécimes como potenciais fósseis em laudos paleontológicos (Vasconcelos, 2016b; MMA, 2017; Vasconcelos & Bittencourt, 2018; Mayer *et al.*, 2020; Sousa *et al.*, 2020). Entre os espeleólogos, termos que descrevem algum grau de fossilização como “mineralizado”, “incrustado”, “permineralizado”, “escurecido”, “mais pesado”, “cimentado em brechas”, ou que denotam uma noção subjetiva de um decorrer de tempo prolongado, como “parcialmente soterrado” e “com aspecto antigo” são comumente utilizados para reportarem possíveis ocorrências de fósseis em cavernas. Contudo, não é aconselhada a associação entre fossilização (ou uma noção subjetiva de tempo prolongado) e o conceito de fóssil. A fossilização é caracterizada pelas alterações bio-físico-químicas sofridas por um determinado espécime e, embora faltem estudos detalhados sobre a forma de ocorrência e o tempo envolvido nos diferentes processos de fossilização, observados em espécimes no interior de cavernas (Fernandes, 2023; Mayer *et al.*, 2020), sabe-se que ao menos alguns deles podem ocorrer rapidamente. Isso é evidenciado pela observação de restos de animais domésticos encontrados no interior de cavernas que apresentam alteração de cor e incrustações, por exemplo. Por outro lado, espécimes de espécies extintas podem não apresentar sinais de fossilização nestes ambientes (Figura 2A–B).

Além disso, a definição de fóssil (DNPM, 2016) não discute ou considera as características fossildiagnósticas como diagnósticas para a determinação do que é um fóssil.

A capacitação dos profissionais autorizados legalmente a emitirem diagnósticos paleontológicos

Outro desafio a ser considerado para aprimorar a qualidade do processo de valoração de cavidades do ponto de vista da paleontologia está relacionado à capacitação de recursos humanos. Para se gerar dados confiáveis para as empresas contratantes e para a sociedade como um todo é fundamental que os profissionais envolvidos no processo, tanto na produção dos laudos quando na análise destes nos órgãos de fiscalização, sejam devidamente capacitados. Isso implica, portanto, que eles possuam experiência em paleontologia de cavernas.

Atualmente, a paleontologia é uma atribuição de exercício dada ao biólogo, ao geólogo e ao engenheiro de minas (CFBio e CREA, CONFEA, 2005; CFBio, 2019a). A carga horária mínima exigida pelo Conselho Federal de Biologia para assuntos relacionados à paleontologia e à geologia é de 90 horas (CFBio, 2019b), ficando a carga de cada colegiado fazer a distribuição entre as disciplinas. Para o curso de Geologia não é exigida uma carga horária mínima, variando assim, de acordo com cada colegiado. Já para a Engenharia de Minas, não há cursos de graduação no Brasil que contemplem a paleontologia (MEC, 2023). A heterogeneidade e a inadequação na formação dos futuros profissionais que atuarão na área ficam evidentes ao se analisar a grade curricular de 152 cursos de Ciências Biológicas, Ciências Naturais, Geologia e Engenharia Geológica (Vasconcelos, 2020b). Noventa e três cursos (61%) têm uma disciplina própria de paleontologia, dos quais apenas três apresentam na ementa que abordam a legislação. Em nenhuma ementa é mencionada a abordagem do trabalho do paleontólogo como consultor ambiental, tampouco como se elabora laudos paleontológicos.

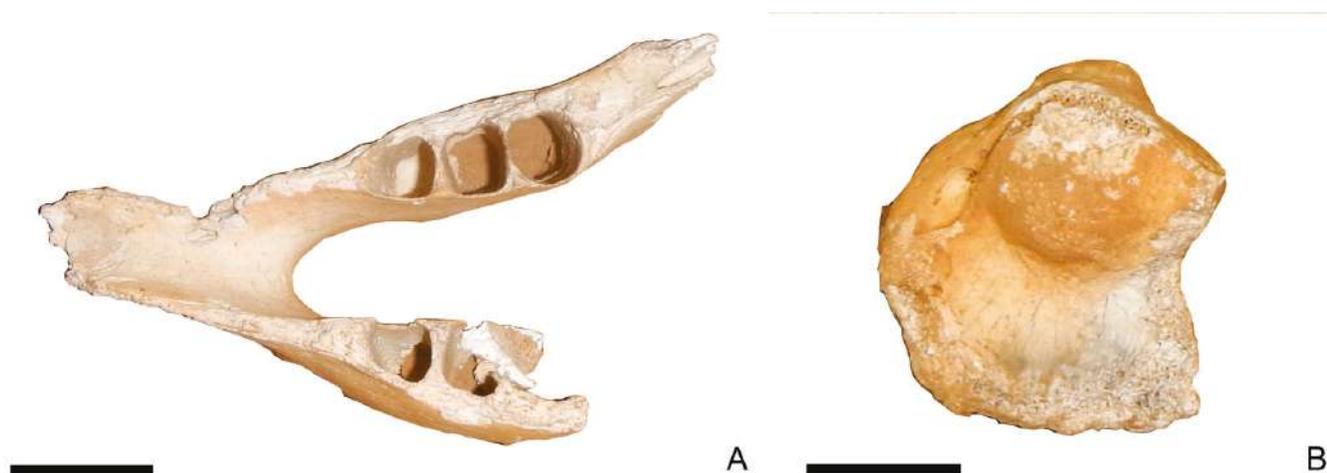


Figura 2. A–B, restos aparentemente não-fossilizados da espécie extinta *Nothrotherium maquinense* Lund, 1839, encontrados sobre o piso de uma caverna na região de Unaí (MG); mandíbula (A), navicular (B). Escalas = 70 mm.

Figure 2. A–B, apparently non-fossilized remains of the extinct species *Nothrotherium maquinense* Lund, 1839, found on the floor of a cave in the region of Unaí (MG); mandible (A), navicular (B). Scale bars = 70 mm.

Além disso, existem inúmeras subáreas dentro da paleontologia, nas quais o paleontólogo deve ter experiência para conduzir os seus trabalhos. Dificilmente, um paleontólogo especializado em micropaleontologia, por exemplo, desenvolverá um trabalho técnico numa caverna com a mesma qualidade que um especialista em paleontologia de cavernas (e vice-versa). Ou seja, a formação básica (*i.e.*, graduação), exigida para os profissionais habilitados, é insuficiente e na ausência de exigências de comprovação de experiência do profissional por parte dos órgãos fiscalizadores (*e.g.*, ANM, Superintendências Regionais de Meio Ambiente – SUPRAMs –), este cenário será dificilmente alterado.

Não é o escopo deste trabalho se aprofundar em como mitigar e solucionar as questões apresentadas acima, mas ressaltam-se dois pontos. Primeiro, em 2019 foi enviado ao Congresso um Projeto de Lei (PL nº 791/2019) para a regulamentação da profissão do paleontólogo no Brasil. Caso isso seja aprovado, o paleontólogo responsável por trabalhos técnicos terá uma formação mais condizente com o tipo de trabalho exigido, se assemelhando ao que já se exige de profissionais que realizam trabalhos técnicos na área de bioespeleologia e arqueologia. Por exemplo, para estas duas últimas competências, o ICMBio e o IPHAN, respectivamente, analisam a capacitação do profissional, a qual envolve pós-graduação ou experiência comprovada na área. Também é importante zelar pela qualidade dos laudos paleontológicos, capacitando ou incluindo no corpo técnico multidisciplinar dos órgãos públicos fiscalizadores um especialista em paleontologia (*e.g.*, Secretaria do Estado e Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD–).

O segundo ponto se refere em que a paleontologia poderia se beneficiar da prática adotada pela espeleologia, na qual são organizados eventos com o objetivo de alinhar as diretrizes norteadoras para a elaboração dos estudos técnicos espeleológicos. Além destes eventos promoverem discussões que auxiliam na formulação de novos métodos para a avaliação espeleológica, eles também têm um papel essencial na capacitação dos participantes, que incluem os analistas e técnicos dos órgãos ambientais. Normalmente, esses encontros ocorrem na forma de *workshops* ou através de cursos técnicos (*e.g.*, CECAV, 2019; Instituto Minere, 2020) e contam com a participação de palestrantes especializados nas áreas de geoespeleologia, bioespeleologia, hidrogeologia, geomorfologia cárstica, dentre outras (*e.g.*, Redespeleo, 2004; I SMC, 2011; II SMC, 2013; CECAV, 2013, 2017, 2019; Espeleonordeste, 2015, 2018, 2020; SBAE, 2016; III SMC, 2017; Anglo American & SEE, 2018; EPA, 2018; SEE, 2018; Vallourec & Terra Brasilis, 2018; IV SMC, 2019; Instituto Minere, 2020). Essas iniciativas, no entanto, geralmente não abordam temas paleontológicos, ou, quando os abordam, o fazem de forma bem mais superficial que outros temas (*e.g.*, CECAV, 2019; Instituto Minere, 2020).

Na Paleontologia, até o momento, houve apenas um evento dedicado exclusivamente à paleontologia em cavernas (ALMG, 1992), cujos resultados não foram amplamente disponibilizados. O mais comum é que esse tema seja discutido em encontros científicos paleontológicos e, mais

raramente, espeleológicos (*e.g.*, Dias, 2003; Vasconcelos *et al.*, 2013, 2018a; Vasconcelos & Campello, 2016).

O padrão relatado acima também é observado na produção de conteúdo para divulgação científica. Livros e séries de livros de espeleologia abordam amplamente sobre gênese e evolução de cavernas e espeleotemas, bioespeleologia, técnicas verticais e proteção/patrimônio espeleológico. Já assuntos relacionados à paleontologia são comparativamente pouco abordados (Lino & Allievi, 1980; Teixeira, 1980; Trajano & Bichuette, 2006; Menin & Viana, 2008; Rubbioli & Moura, 2008; Lino, 2009; Auler & Zogbi, 2011). Em contrapartida, os livros de paleontologia que tratam de fósseis em cavernas focam em assuntos relacionados à taxonomia e à ecologia dos vertebrados, especialmente dos mamíferos. Temas como a gênese dos depósitos, os métodos de escavação e de coleta não são abordados, assim como sobre a proteção/patrimônio paleontológico (*e.g.*, Paula Couto, 1979; Cartelle, 1994, 2012; Bergqvist *et al.*, 2011).

O método proposto

A ficha de campo aqui apresentada (Material Suplementar) foi elaborada com o objetivo de tratar o diagnóstico paleontológico de cavernas de forma mais detalhada do que o proposto atualmente (Dias, 2003; Minas Gerais, 2005), além de padronizar a coleta básica de dados entre cavernas, evitando subjetividades e vieses inerentes a quem realizou o serviço. O procedimento proposto também visa auxiliar o profissional a realizar todas as observações de interesse paleontológico, para evitar ou diminuir as chances de se deixar de caracterizar alguma possível feição relevante; o que não elimina a necessidade de um profissional com formação e/ou experiência em paleontologia de cavernas. Com isso, a aplicação da ficha proposta ainda contribui para dinamizar o diagnóstico paleontológico. Como resultado, o método proposto propicia a formação de um banco de dados confiável e padronizado.

Guia para o preenchimento da ficha de diagnóstico paleontológico de cavidades naturais

A ficha é dividida em quatro tópicos: (i) dados gerais sobre a área de estudo; (ii) características gerais da caverna; (iii) caracterização dos restos orgânicos e associações; e (iv) informações adicionais (Material Suplementar). Idealmente, a ficha deve ser utilizada com o mapa da caverna, para que aspectos importantes sejam nele referenciados no momento da visita e relacionados com as anotações feitas na ficha.

Dados gerais da área de estudo

O preenchimento da ficha é iniciado com informações relativas à identificação e à localização geográfica da cavidade, além de sua localidade, que pode ser o nome da região, distrito, etc. (Material Suplementar). Outros dados solicitados nessa primeira parte da ficha são a data da visita, a numeração das fotografias tomadas, conforme o equipamento fotográfico, assim como a identificação da empresa contratante.

O preenchimento dos dados registrados pelo *GPS* no momento da vistoria é essencial. Não é incomum ocorrer

imprecisão na localização exata da cavidade que deve ser visitada. Isso ocorre, pois muitas vezes há diferentes profissionais, ou até empresas, envolvidos/responsáveis pelas etapas do estudo espeleológico, do qual o diagnóstico paleontológico faz parte (Vasconcelos *et al.*, 2013). Com isso, ao longo do processo, podem ocorrer problemas na comunicação e repasse de informações que dificultam ou até inviabilizam a localização da caverna futuramente.

A anotação das fotografias tomadas conforme a numeração da câmera fotográfica utilizada é extremamente importante para evitar confusões durante a elaboração do relatório, uma vez que, cavernas situadas em uma mesma região costumam apresentar feições muito semelhantes, fáceis de serem confundidas (Vasconcelos *et al.*, 2013). Por fim, há também um círculo destinado para indicar o número da ficha de campo, que fica a critério do profissional a forma de preenchimento (Material Suplementar).

Características gerais da cavidade

A segunda parte da ficha é direcionada para anotações associadas às feições gerais da caverna (Material Suplementar), uma vez que as características da caverna influenciam no seu potencial para o acúmulo e a preservação de restos orgânicos em seu interior (Lund, 1836; Cartelle *et al.*, 1988; Kos, 2001, 2003; Reed, 2006; Hubbe *et al.*, 2011; Hubbe & Auler, 2012; Mayer *et al.*, 2012; Mayer, 2013).

Em relação à localização das entradas (atuais e colapsadas), devem ser anotadas informações como a posição delas em relação à vertente (*e.g.*, localizadas no fundo de dolina ou no topo do afloramento). Também são solicitadas informações sobre feições relacionadas à dinâmica deposicional da caverna, que são reconhecidas mesmo na estação seca (*e.g.*, presença de drenagem e sumidouro). Quando somadas às características dos depósitos, essas informações são relevantes para interpretações sobre a potencialidade da caverna em receber sedimentos externos, incluindo restos orgânicos (Simms, 1994). No caso de vertebrados terrestres, essas características serão fundamentais para a entrada e a preservação de seus restos na cavidade (*e.g.*, Lund, 1836; Simms, 1994).

Antes mesmo de acessar a caverna, é importante observar as feições do exocarste circundante. Nele, também pode haver feições de interesse paleontológico, como fósseis preservados na própria rocha encaixante e/ou em depósitos sedimentares secundários (Figura 3; Vasconcelos *et al.*, 2013; Vasconcelos & Campello, 2016; Vasconcelos & Bittencourt, 2018).

Uma vez no interior das cavidades, a prospecção paleontológica se concentra, principalmente, nos depósitos sedimentares cavernícolas, que quanto à sua gênese, podem ser de origem clástica, química, ou orgânica, ou ainda serem formados pela mistura desses (Tabela 1, Figura 4; Jennings, 1971; Ford & Williams, 1989; Gillieson, 1996). Assim, há um campo específico na ficha para a descrição dos depósitos sedimentares (Material Suplementar).

Depósitos clásticos

Os sedimentos clásticos cavernícolas são diversificados (Jennings, 1971). Eles podem ser divididos em: (i) colapso de teto e paredes das cavernas, sendo constituídos por clastos angulosos; (ii) brecha de colapso e brecha óssea, que podem ser formadas por uma mistura de fragmentos de rocha matriz, ossos, precipitações secundárias, cimentados por carbonatos em matriz argilo-arenosa. Fragmentos de espeleotemas e conchas também podem ser encontrados em meio a esses dois tipos de depósitos, que geralmente se localizam nas fissuras e cavidades nas paredes e teto das cavernas e são carregados por fluxos gravitacionais; (iii) depósitos formados por correntes de água, geralmente tem origem externa, mas podem ser formados também por blocos caídos da rocha encaixante e fragmentos de espeleotemas. Estes depósitos apresentam clastos bem selecionados e arredondados que podem variar de granulometria desde argilas até matações (Tabela 2; Jennings, 1971; Ford & Williams, 1989; Gillieson, 1996; Laureano & Karmann, 2013).

Além de informar a localização dos depósitos sedimentares clásticos na caverna, é importante também caracterizá-los, indicando a sua origem [se autóctone (aut.), alóctone (alóc.)] e a sua granulometria [argila (arg.), silte (sil.), areia (are.), cascalho (cas.) e matação (mat.; Material Suplementar)]. Nesse quesito, deve-se indicar também o seu estado de consolidação (consolidado ou inconsolidado; Figura 5; Jennings, 1971; Gillieson, 1996).

Depósitos clástico-químicos

Outras ocorrências sedimentares de interesse paleontológico são depósitos como as brechas, os solos carbonatados e os paleopisos (Figura 6A–F). Esses depósitos, que são formados pela deposição de precipitados (*e.g.*, carbonatos) em meio aos sedimentos clásticos, podem também aprisionar restos de interesse paleontológico, como conchas e ossos. Estes são representados na ficha como depósitos clástico-químicos.

Depósitos químicos

Os depósitos químicos são caracterizados pela sua gênese, que ocorre basicamente por processos de dissolução e de precipitação de minerais. Tais depósitos são representados pelos mais variados tipos de espeleotemas (Jennings, 1971; Gillieson, 1996).

Os depósitos químicos de maior interesse paleontológico são aqueles encontrados no piso da caverna, devido à deposição dos restos/vestigios orgânicos ocorrer mais frequentemente neles, como os escorrimentos e os travertinos (Figura 7). No entanto, existem exceções, como os restos orgânicos encontrados nas paredes, ou preservados nas fendas e nos canalículos, que são feições onde podem ocorrer a passagem e o acúmulo de água, além de precipitação de minerais (Paula Couto, 1958; Vasconcelos, 2012; Vasconcelos & Bittencourt, 2018).

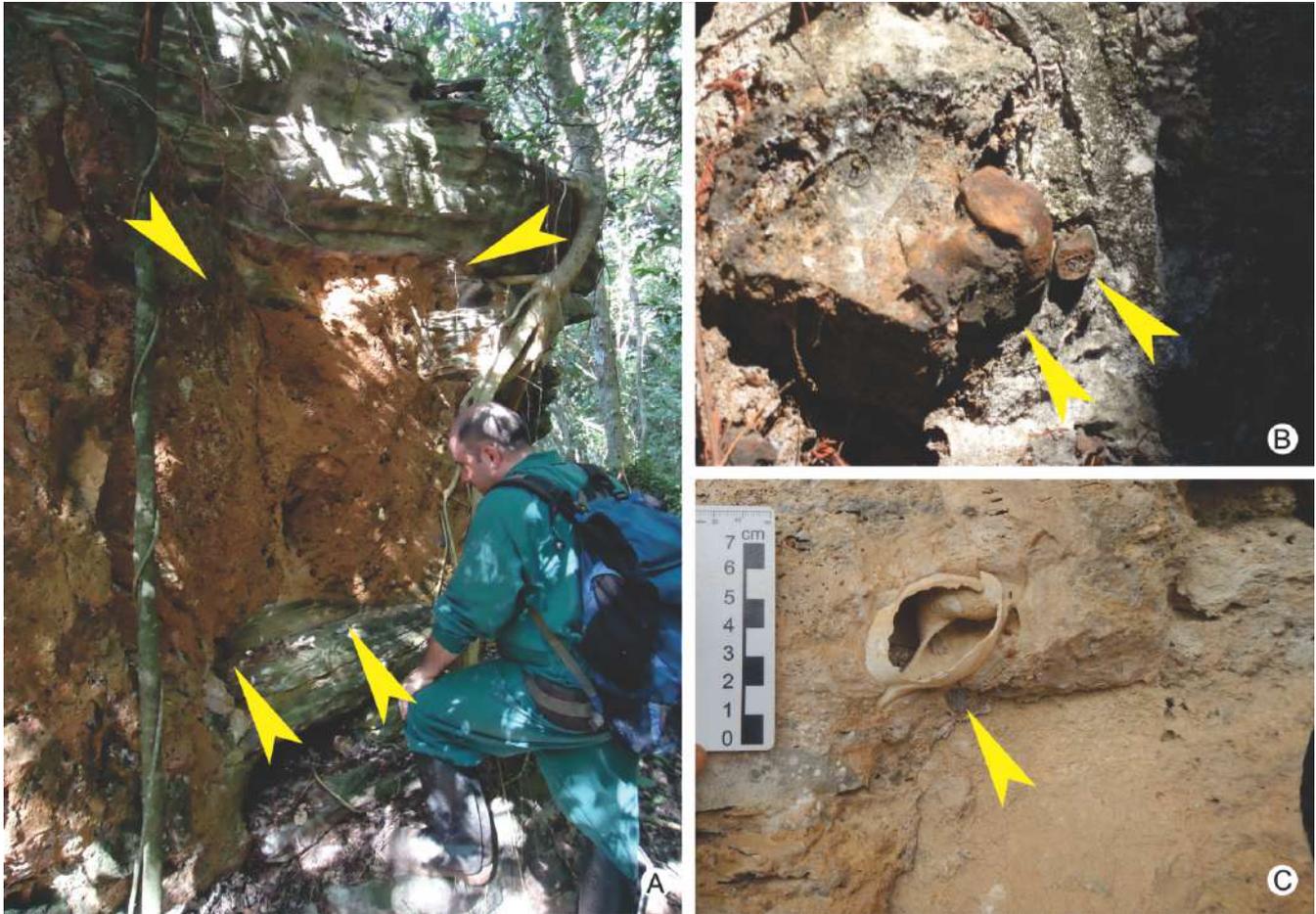


Figura 3. Depósitos de solo carbonatado preservados em paredões no exocarste (A), com restos de vertebrados (B) e gastrópode cimentados (C).

Figure 3. Carbonate-rich soil deposits are preserved in exokarst exposures (A), with cemented remains of vertebrates (B) and gastropods (C).

Tabela 1. Tipos comuns de sedimentos encontrados em cavernas. Adaptado de Ford & Williams (1989) e Gillieson (1996).

Table 1. Common types of sediments found in caves. Adapted from Ford & Williams (1989) and Gillieson (1996).

Tipo de sedimento	Origem	Tipo de transporte	Exemplo
Clástico	Alóctone	Transporte hidráulico e eólico, fluxo de lama, gravitacional	Clastos sub-angulares a sub-arredondados de diversas granulometrias
	Autóctone	Colapso de teto e parede, fluvial, intemperismo do solo e da matéria orgânica, eólico	
Orgânico	Alóctone	Transporte hidráulico e eólico, gravitacional; fauna	Fragmentsos de madeira, ossos, húmus, palinomorfos (grãos de pólen e esporos)
	Autóctone		Guano, crostas ou lâminas de fosfatos
Químico	Alóctone	Precipitados e evaporitos (Mais de 180 minerais são formados no interior de cavernas)	Tufa
	Autóctone		Espeleotemas

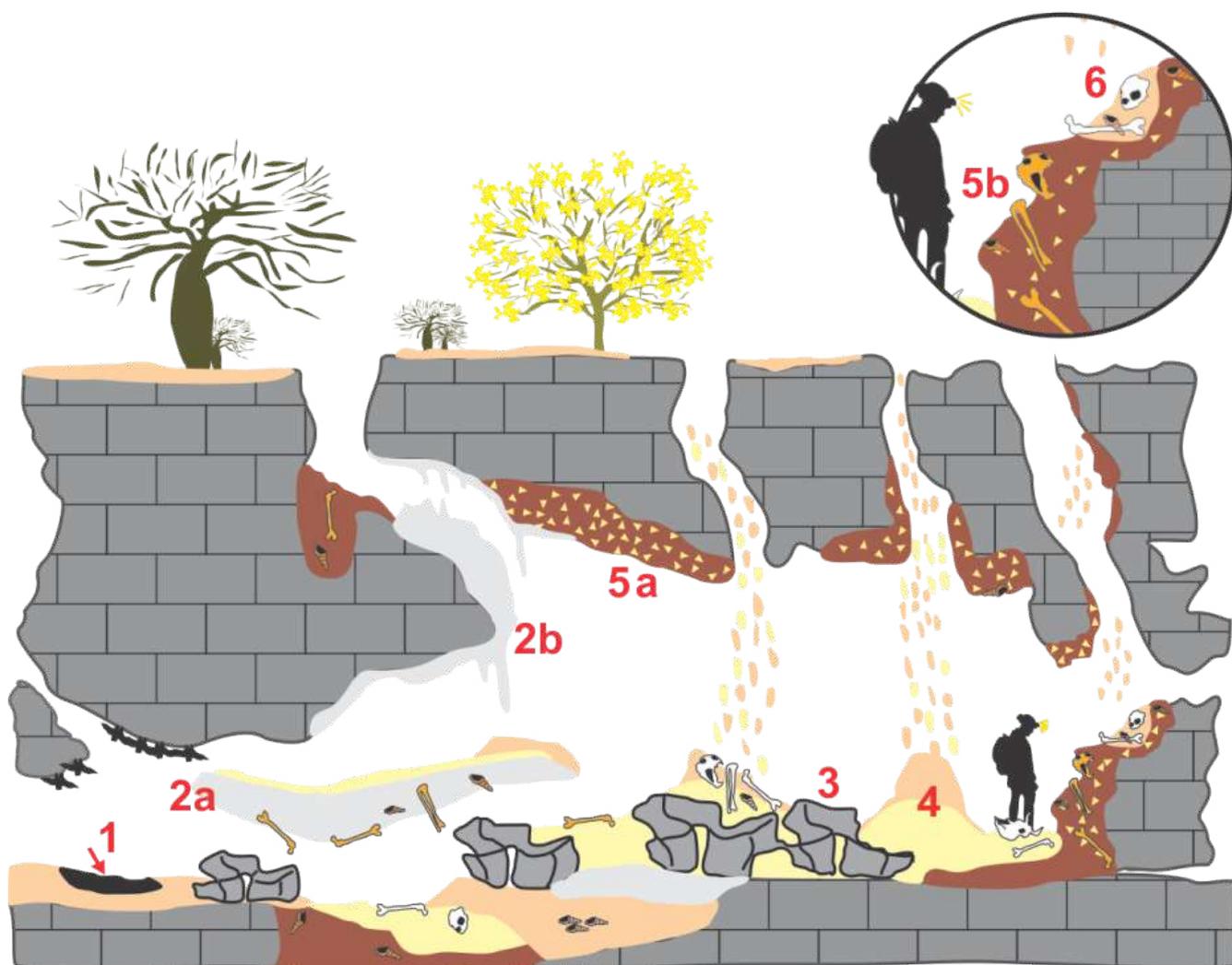


Figura 4. Modelos de possíveis tipos de depósitos cavernícolas: (1) guano de morcego; (2a) e (2b) depósitos químicos, respectivamente paleopiso e escorrimentos; (3) blocos desmoronados; (4) sedimentos recentes (argila, areia, cascalho); (5a) e (5b) brechas sedimentar e fossilífera, respectivamente; (6) restos orgânicos recentes (e não-fossilizados; conchas e ossos). Redesenhado de Lino & Allievi (1980).

Figure 4. Possible types of cave deposits: (1) bat guano; (2a) and (2b) chemical deposits, respectively hanging calcite layers and flowstone; (3) collapsed blocks; (4) recent sediments (clay, sand, gravel); (5a) and (5b) respectively sedimentary and fossiliferous breccias; (6) non-fossilized organic remains (shells and bones). Redrawn from Lino & Allievi (1980).

Tabela 2. Mecanismos de transporte e principais tipos de partículas sedimentares em cavernas (Laureano, 1998; Laureano & Karmann, 2013).

Table 2. Transport mechanisms and main types of sedimentary particles in caves (Laureano, 1998; Laureano & Karmann 2013).

Classe	Mecanismos de transporte	Origem do sedimento	Morfologia	Textura do sedimento
Fluviais	Tração, saltação e suspensão (acrecção paralela)	Alóctone com contribuição autóctone	Bancos e leitos fluviais em canais ativos; Bancos e terraços em canais abandonados	Ampla variação textural: argila a seixo
	Abatimentos (queda livre)	Autóctone	Cones e pilhas irregulares, de tamanho variado, colapso de teto ou parede.	Grânulos a matacões
Gravitacionais	Fluxo de detritos (corrida de lama)	Alóctone com contribuição autóctone	Cones, bancos e pilhas de sedimentos, muitas vezes preenchendo galeria.	Brechas matriz e clastossuportada



Figura 5. A–B, depósitos clásticos inconsolidados alóctones preservados no interior de cavernas, representados pelo sedimento silto-argiloso sobre o piso.

Figure 5. A–B, unconsolidated allochthonous clastic deposits preserved inside caves, represented by the silt-clay sediment on the floor.

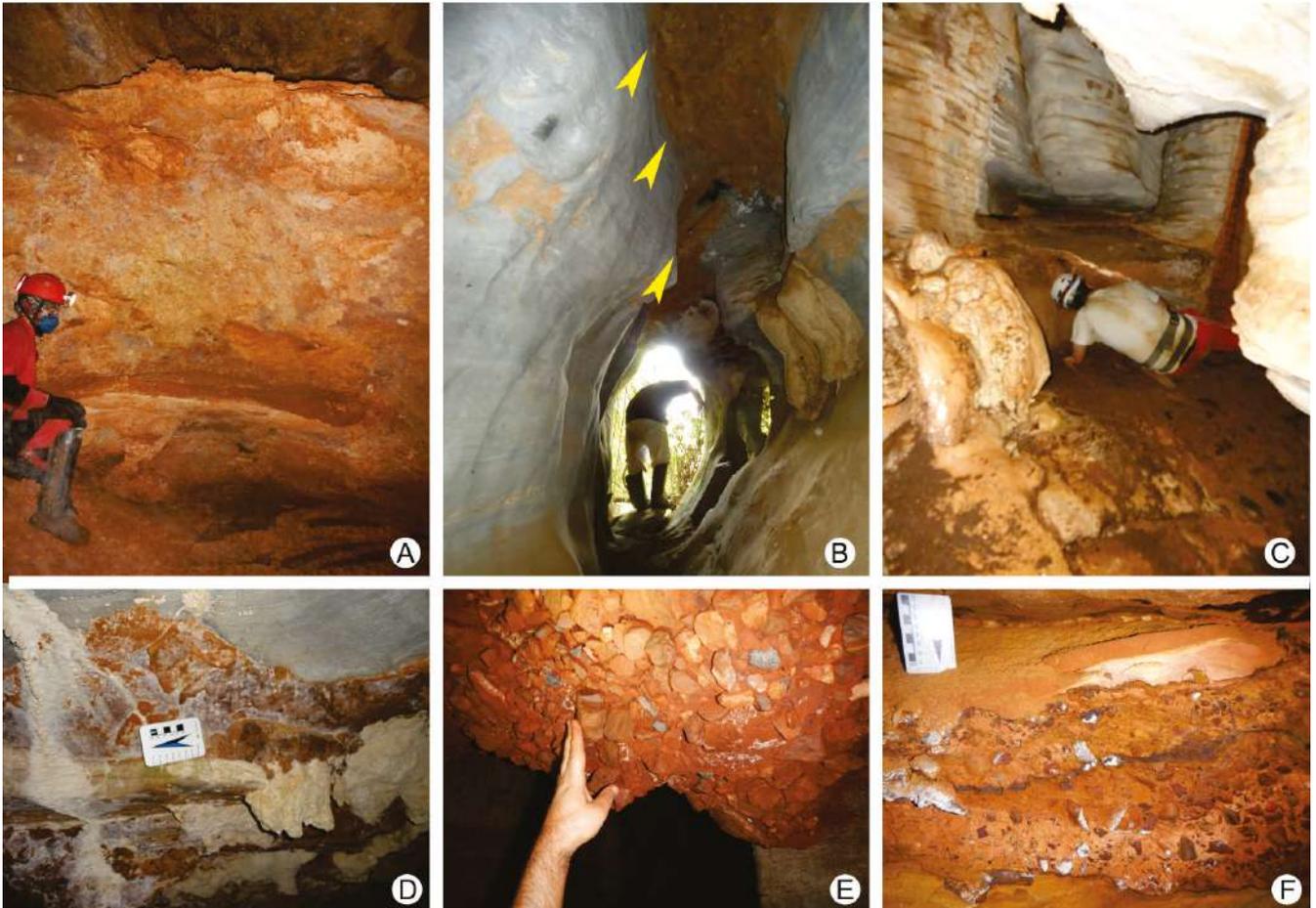


Figura 6. A–C, depósitos de solo carbonatado preservados em diferentes locais na caverna: na parede (A), teto (setas, B) e sob um paleopiso (C). D–F, exemplos de breccias. Foto: Eduardo Haddad (C).

Figure 6. A–C, deposits of carbonate-rich soil are preserved in different locations in the cave: on the wall (A), ceiling (arrows, B), and under a false floor (C). D–F, examples of breccias. Photo: Eduardo Haddad (C).



Figura 7. A–B, exemplos de depósitos químicos (travertinos) de interesse paleontológico.

Figure 7. A–B, examples of chemical deposits (travertines) of paleontological interest.

Na ficha é solicitado o apontamento se há depósitos químicos na caverna. Ali, deve-se indicar qual o tipo de espeleotema encontrado.

Depósitos orgânicos

A terceira parte da ficha trata especificamente dos restos/ vestígios orgânicos preservados nesses ambientes. Na ficha de campo, os tópicos relacionados aos restos/vestígios orgânicos estão divididos em três categorias: (i) vegetais e microbialitos; (ii) invertebrados; (iii) vertebrados (Material Suplementar). Em cada categoria são dadas opções para assinalar quanto à sua localização (na rocha encaixante ou em depósitos secundários) e quanto ao seu estado de preservação (se têm feições de fossilização).

Restos e determinados vestígios de um organismo podem formar depósitos sedimentares orgânicos (Gillieson, 1996). As folhas, as raízes, as nidificações, as fezes e os esqueletos de vertebrados e invertebrados podem compor esse tipo de depósito em cavernas (Gillieson, 1996). Para os trabalhos técnicos em paleontologia – independentemente da idade do depósito – é interessante assinalar a presença, além dos restos/vestígios fossilizados, dos não-fossilizados, principalmente os que têm maiores chances de preservação, como ossos e conchas (Minas Gerais, 2005). Estes dados podem ser utilizados em trabalhos futuros como, por exemplo, verificar se aqueles restos continuam na caverna ou para comparar as modificações sofridas por eles ao longo do tempo.

Como discutido anteriormente, não é prático trabalhar com o conceito de fóssil durante os trabalhos de campo. Portanto, propõe-se classificar os restos ou vestígios encontrados em não-fossilizados ou fossilizados. Caso seja possível determinar que o espécime é um fóssil, seja pela identificação

taxonômica *in loco* ou *a posteriori*, ou por métodos de datação, o profissional responsável pelo trabalho pode inserir esta informação no item 4 da ficha.

Vegetais e microbialitos

Didaticamente, fósseis de algas e bactérias são tratados na paleobotânica. Seguindo essa linha, optou-se em tratar de fósseis de microbialitos conjuntamente com os vegetais (Mendes, 1982, 1988; Iannuzzi & Vieira, 2005). A ocorrência de microbialitos está associada à rocha onde a cavidade se desenvolveu. Esses vestígios podem ser localizados nas paredes, piso e teto da cavidade (Vasconcelos *et al.*, 2020). Entre eles, os mais comuns de serem encontrados em cavernas brasileiras são os estromatólitos e as esteiras microbianas, todos pré-cambrianos (Figura 8A–C; Reis *et al.*, 2019; Vasconcelos *et al.*, 2020).

Já os vegetais são encontrados como depósitos secundários, mais frequentemente como restos não-fossilizados sob a forma de depósitos de serapilheira (Figura 9A). Os restos fossilizados de vegetais são raros de serem relatados, talvez até subnotificados (Ferreira, 2001; Vasconcelos & Bittencourt, 2018). Até o momento, esses se limitam a impressões de folhas, moldes de raízes ou até mesmo incrustados (Figura 9B).

Neste item, recomenda-se também incluir na ficha, além da localização das ocorrências na planta da caverna, a forma de sua exposição (seções longitudinal, transversal ou mista; Material Suplementar). Tais informações serão úteis para o reconhecimento dessas estruturas por um não-especialista ao visitar a caverna como, por exemplo, técnicos do órgão fiscalizador.

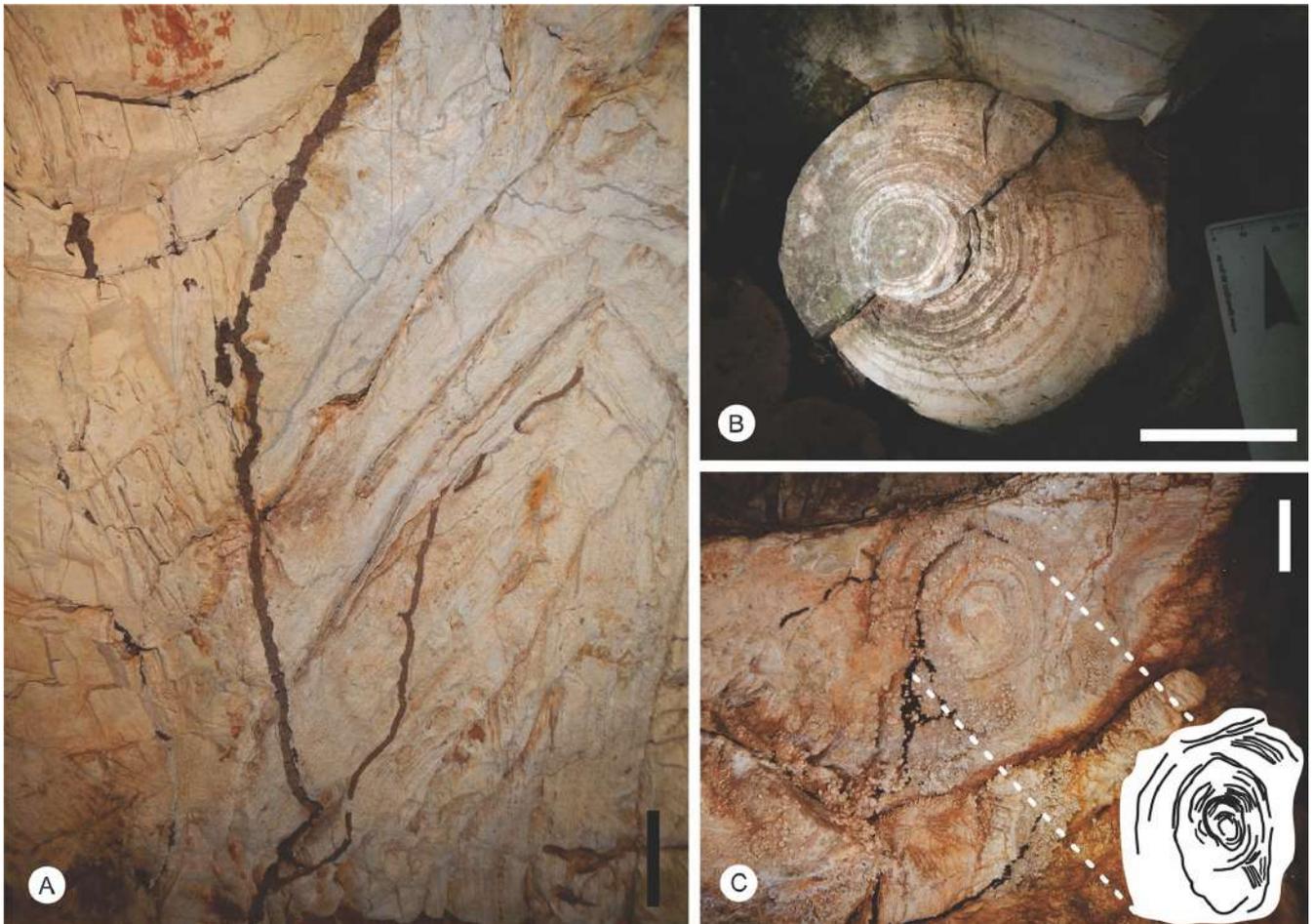


Figura 8. A–C, estromatólitos preservados no interior de cavernas na região de Vazante (MG), sendo coluna em corte longitudinal (A) e em corte transversal (B–C). Escalas: A, C = 100 mm; B = 50 mm (B).

Figure 8. A–C, stromatolites preserved inside caves in the Vazante region (MG), with column in longitudinal section (A) and in cross section (B–C). Scale bars: A, C = 100 mm; B = 50 mm.



Figura 9. A, material vegetal acumulado no interior de cavernas; B, resto vegetal fossilizado, que foi incrustado e permineralizado por carbonatos.

Figure 9. A, Accumulated plant material inside caves; B, and fossilized plant remains, which have been encrusted and permineralized by carbonates.

Invertebrados

Os invertebrados são os animais vivos mais diversos e mais frequentemente encontrados nas cavernas (Trajano, 1986; Trajano & Gnaspini-Netto, 1990). Porém, o registro desse grupo, como espécimes nos depósitos sedimentares, e de interesse paleontológico, é essencialmente limitado às conchas de gastrópodes terrestres (Figura 10A–D) e, mais raramente, aos exoesqueletos de diplópodes (Figura 10E).

Estes espécimes são, via de regra, tratados como restos de espécies viventes (Ferreira, 2010; Vasconcelos, 2012; Vasconcelos & Bittencourt, 2018). No entanto, é importante ressaltar que ao menos uma espécie extinta em ambientes cavernícolas já foi descrita (Fontenelle & Salvador, 2023).

Assim, da mesma forma que ocorre com fósseis vegetais em cavernas, a ocorrência de invertebrados fósseis preservados em depósitos sedimentares secundários pode estar sendo subnotificada.

Outros tipos de achados de invertebrados em cavernas são relativamente raros, como exoesqueletos de artrópodes fossilizados (Figura 10E; Ferreira, 2001; Vasconcelos & Bittencourt, 2018; Fontenelle & Salvador, 2023) e vestígios, como impressões, moldes, tubos e ninhos de insetos (Figura 11; Bonito *et al.*, 2011; Bittencourt *et al.*, 2015; Vasconcelos & Bittencourt, 2018). Mais raros ainda são os relatos de fósseis de invertebrados na rocha encaixante (Figura 12; Zogbi *et al.*, 2017; Vasconcelos *et al.*, 2023).

Vertebrados

Espécimes de muitas espécies de vertebrados vivos, selvagens e domésticas, e extintas são encontrados nos depósitos cavernícolas. Eles podem ser encontrados fossilizados (Figura 13 A–B; *e.g.*, Purcino, 2015; Vasconcelos, 2016a; Vasconcelos & Campello, 2016) ou não-fossilizados, sendo representados desde por partes isoladas e fragmentadas

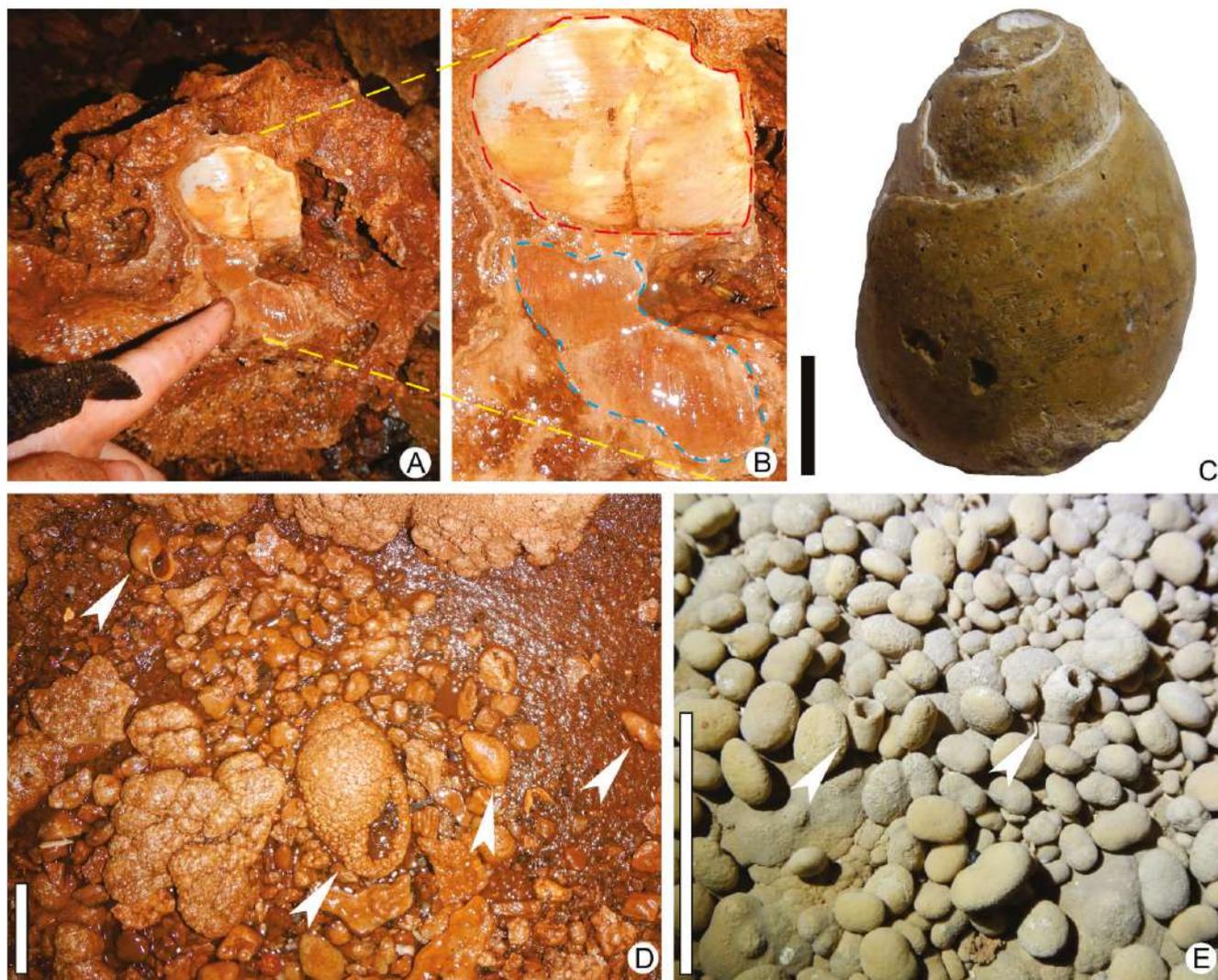


Figura 10. A–D, conchas de *Megalobulimidae* comumente encontradas fossilizadas em cavernas brasileiras: preservadas por impressões (A–B), molde interno (C) e incrustação (D). E, restos incrustados de carapaça de *Diplopoda*. Escalas: C = 10 mm; D = 20 mm; E = 40 mm.

Figure 10. A–D, shells of *Megalobulimidae* commonly found fossilized in Brazilian caves are preserved by impressions (A–B), internal mold (C), and encrustation (D). E, encrusted remains of *Diplopoda*. Scale bars: C = 10 mm; D = 20 mm; E = 40 mm.

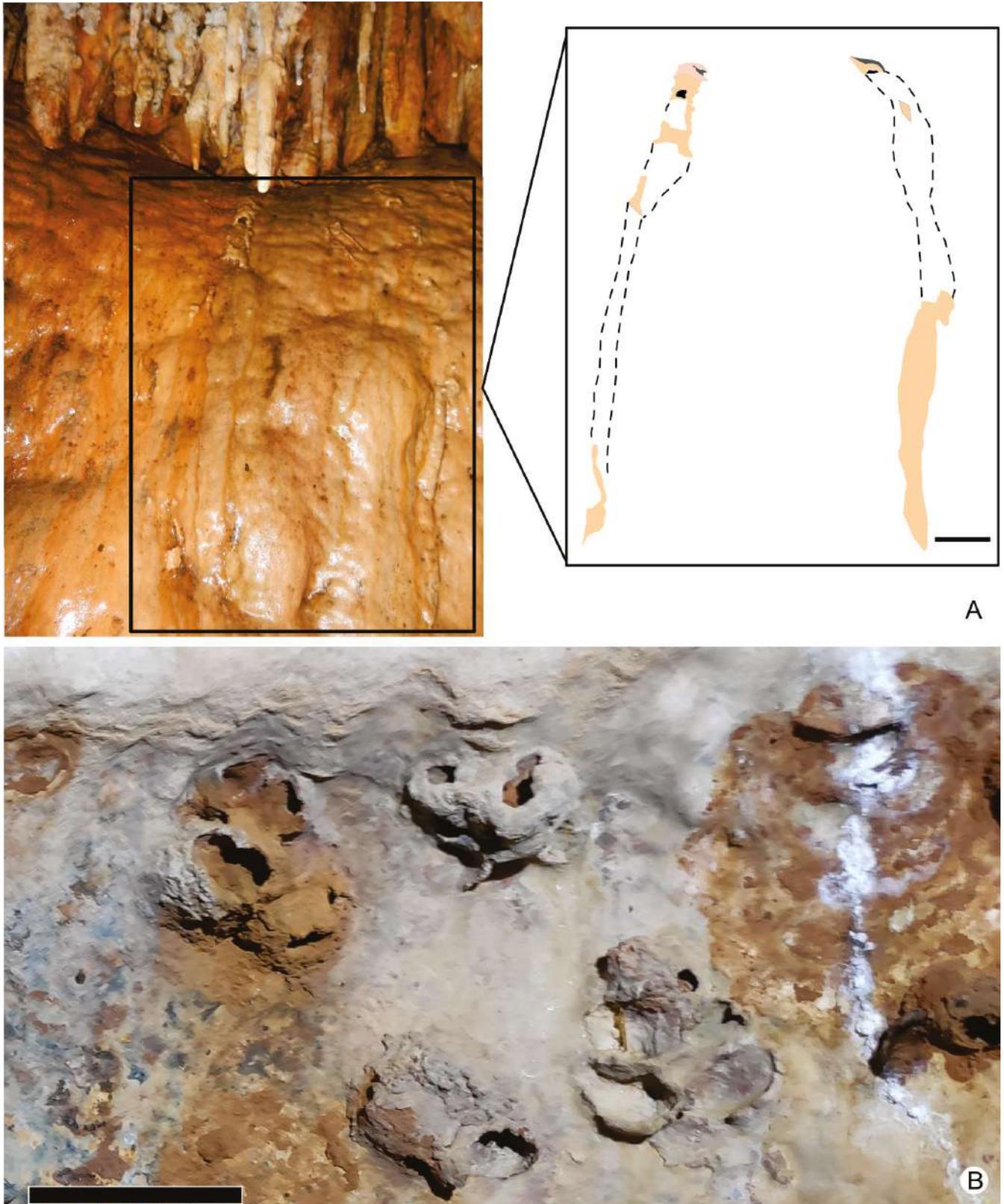


Figura 11. A–B, vestígios de invertebrados com sinais de fossilização: tubos de Isoptera (A) e ninhos de Hymenoptera (B). Escalas: A = 30 mm; B = 70 mm.

Figure 11. A–B, traces of invertebrates with signs of fossilization: Isoptera tubes (A) and Hymenoptera nests (B). Scale bars: A = 30 mm; B = 70 mm.

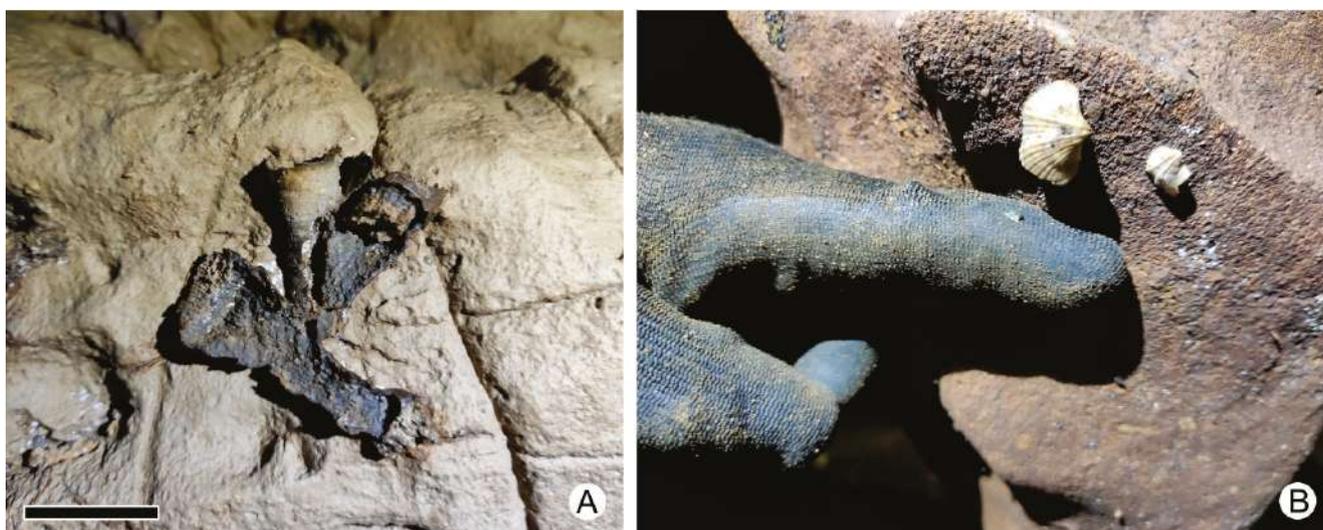


Figura 12. A–B, restos de organismos marinhos preservados na rocha encaixante: Briozoa (A) e Brachiopoda (B). Escala: A = 250 mm.

Figure 12. A–B, preserved remains of marine organisms in the bedrock: Bryozoa (A) and Brachiopoda (B). Scale bar: A = 250 mm.

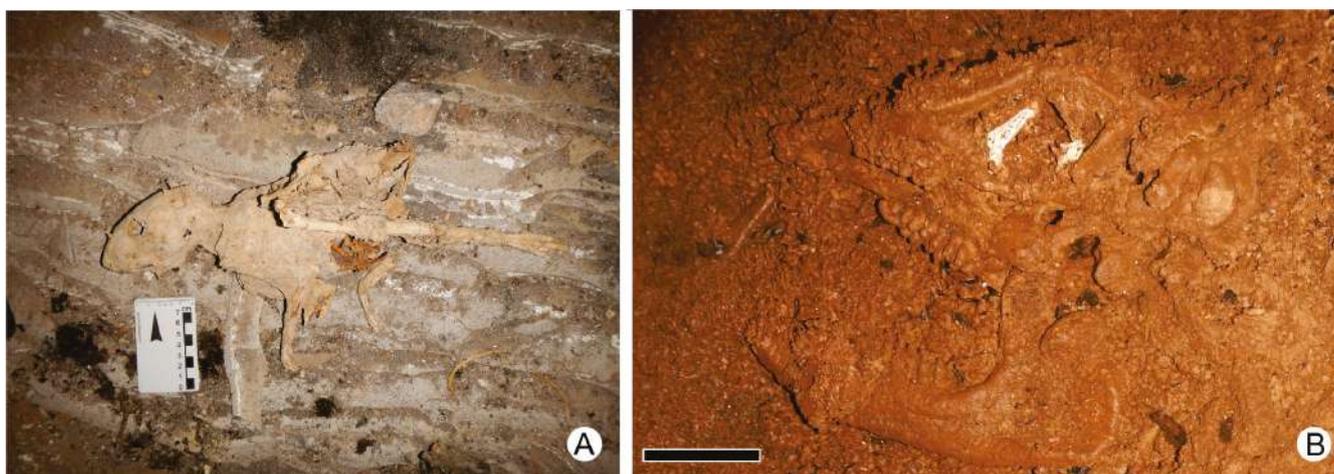


Figura 13. A–B, restos de animais selvagens preservados em cavernas, sendo um roedor mumificado (A) e um crânio incrustado de *Tapirus* sp. (B). Escala: B = 70 mm.

Figure 13. A–B, preserved remains of wild animals in caves, including a mummified rodent (A) and an encrusted skull of *Tapirus* sp. (B). Scale bar: B = 70 mm.

do esqueleto até por esqueletos completos e articulados, e, no caso das espécies viventes, por seus tecidos moles, ou até mesmo vivos (*e.g.*, Lund, 1836; Hubbe & Auler, 2012; Purcino, 2015).

Os restos de animais domesticados (Figura 14A) justificam adequadamente o porquê de não se dever utilizar a fossilização como critério para atribuir aos espécimes o caráter de fóssil, já que eles também são encontrados com sinais de fossilização (*e.g.*, Morato, 2007; Vasconcelos & Bittencourt, 2018). Por exemplo, há casos em que ossos de grandes animais (*e.g.*, bovino) são encontrados impregnados por óxidos (Figura 14B), fazendo com que, erroneamente, sejam interpretados como de animais extintos (megafauna; Vasconcelos, 2012) pelo simples fato de serem espécimes grandes e fossilizados.

Em relação aos vestígios, a maioria produzida por vertebrados é representada por fezes, ovos e pegadas (Figura 15A–C). Em relação às fezes, há o registro desse material

em cavernas em estado fossilizado ou pertencentes à fauna extinta (Marcolino *et al.*, 2012; Vasconcelos & Bittencourt, 2018). Incisões produzidas nas paredes e teto da caverna também já foram descritas (Figura 16A–B), como no caso das paleotocas (Buchmann *et al.*, 2009, 2016; Bittencourt *et al.*, 2015; Vasconcelos *et al.*, 2024). Estas feições são atribuídas a mamíferos extintos, como preguiças-terricolas e tatus extintos (Figura 16C).

Informações adicionais

Além dos depósitos sedimentares, outras feições observadas em cavernas também apresentam interesse no processo de valoração paleontológica das cavernas, como os pseudofósseis e as marcas de escavação antrópicas. Assim, o quarto tópico da ficha é destinado a essas feições, assim como, observações relativas à preservação, ao valor científico/

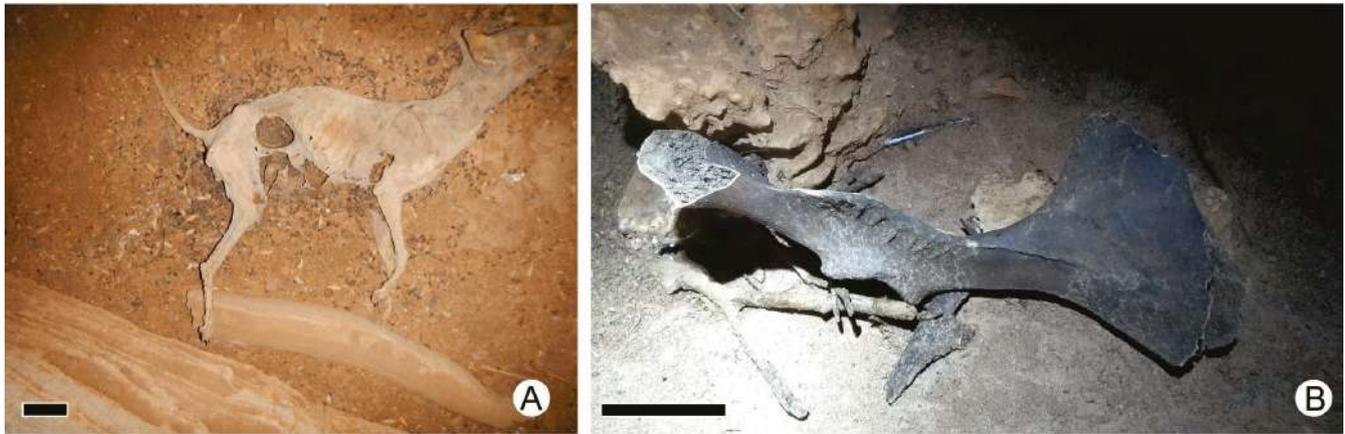


Figura 14. A–B, restos de animais domesticados encontrados no interior de cavernas, sendo um cachorro mumificado (A) e fragmento de cintura pélvica de bovívdeo, apresentando coloração alterada (B). Escalas: A = 85 mm; B = 150 mm.

Figure 14. A–B, remains of domesticated animals found inside caves, including a mummified dog (A) and a bovid pelvic girdle fragment, displaying altered coloration (B). Scale bars: A = 85 mm; B = 150 mm.



Figura 15. A–C, vestígios de vertebrados encontrados em cavernas: ovo (A) e fezes não-fossilizadas de tamanduás (B) e permineralizadas de um carnívoro (C). Escalas: B, C = 80 mm.

Figure 15. A–C, vertebrate remains found in caves: egg (A), non-fossilized anteater feces (B), and permineralized carnivore feces (C). Scale bars: B, C = 80 mm.

didático e ao potencial paleontológico da caverna (Material Suplementar).

Pseudofósseis

É importante reportar a ocorrência de pseudofósseis em cavernas, ainda que sua definição do termo e aplicação sejam meramente subjetivas (Mendes, 1982; Prothero, 2013). Estruturas que se assemelham a restos ou vestígios de organismos são comuns de serem notadas em cavernas (Vasconcelos, 2016a; Vasconcelos *et al.*, 2020). A iluminação restrita, a variedade de formas que os espeleotemas assumem, associados aos processos intempéricos e erosivos, podem facilmente moldar estruturas que podem ser confundidas com um espécime. Assim, para evitar mal-entendidos futuros, o profissional responsável pelo laudo paleontológico deve apontar as estruturas que podem ser alvo de confusões. Dentre elas, as mais comuns são seixos e fragmentos de espeleotemas que se assemelham a ossos, sulcos formados pela ação de água, que podem ser confundidos com vestígios e deposições concêntricas de carbonados, que se assemelham a estromatólitos (Figura 17A–B).

Alterações antrópicas

Esta seção da ficha é destinada a apontamentos relativos a alterações antrópicas visualizadas, assim como impactos futuros que podem danificar o material de interesse paleontológico (Material Suplementar).

Marcas de escavação não são incomuns de serem reportadas para as cavernas (Figura 18A–C). Elas podem estar associadas a diferentes atividades, como mineração, busca por água ou atividades paleontológicas pretéritas (Vasconcelos, 2016a; Vasconcelos & Bittencourt, 2018). Assim, são importantes de serem devidamente descritas.

Preservação, valor científico/didático e potencial paleontológico

Em relação aos riscos expostos nas cavernas, os achados de interesse paleontológico estão sujeitos a destruição devido ao turismo predatório, à atividade minerária, à poluição da água, por exemplo (Moura & Alt, 2015; Alt & Moura, 2018).

Por fim, o valor científico/didático, assim como o potencial paleontológico, será dado a partir de todas as informações apontadas nos itens anteriores das quatro partes da ficha.

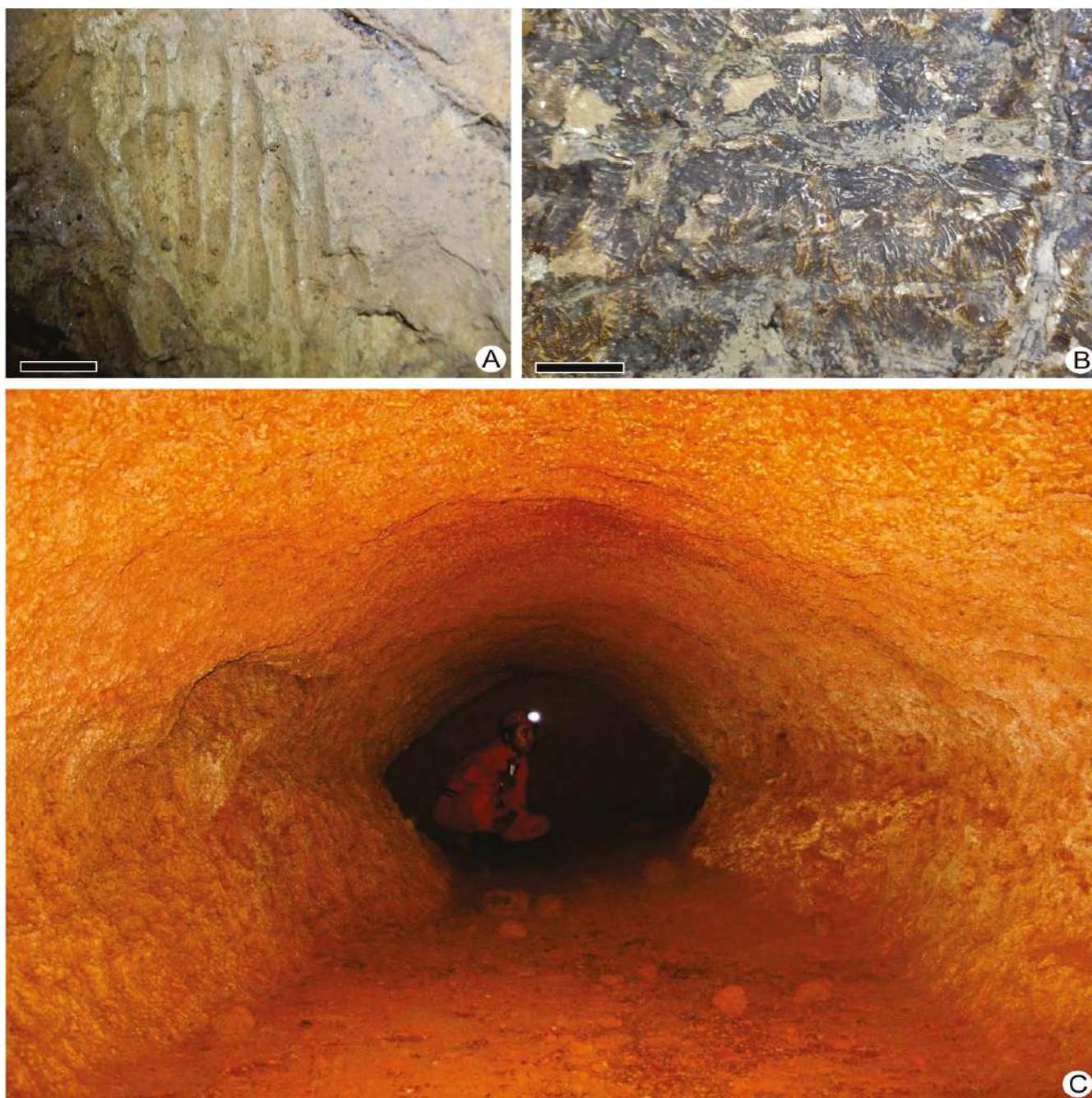


Figura 16. A–C, incisões atribuídas a roedores em caverna ferrífera (A) e calcária (B) e paleotoca em cavidade ferrífera (C). Escalas: A, B = 10 mm.
Figure 16. A–C, incisions attributed to rodents in an iron cave (A) and a limestone cave (B), and a paleoburrow in an iron cavity (C). Scale bars: A, B = 10 mm.

Neste caso, o responsável pelo trabalho técnico irá se basear no conjunto de observações feitas na caverna para argumentar o porquê atribuiu determinado valor didático/científico para a caverna. Como não há uma base de dados disponível para comparar diferentes diagnósticos paleontológicos, o valor científico/didático e o potencial paleontológico ficarão a critério do profissional e caberá a ele utilizar de justificativas sólidas para validar a sua avaliação. Espera-se que com a adoção massiva do método aqui proposto, no futuro seja possível determinar o valor científico/didático a partir de

dados quantitativos e não somente qualitativos, como é feito na atualidade.

Apesar de várias características não serem incluídas na ficha, uma vez com os dados coletados, outras informações podem ser discutidas no relatório. Mesmo sendo um documento técnico, questões científicas podem ser abordadas, mesmo que de maneira preliminar. Além de enriquecer o relatório, essa abordagem poderá embasar possíveis pesquisas a serem realizadas futuramente nas cavernas (*e.g.*, Hubbe & Auler, 2012; Vasconcelos & Bittencourt, 2018; Vasconcelos *et al.*, 2020).

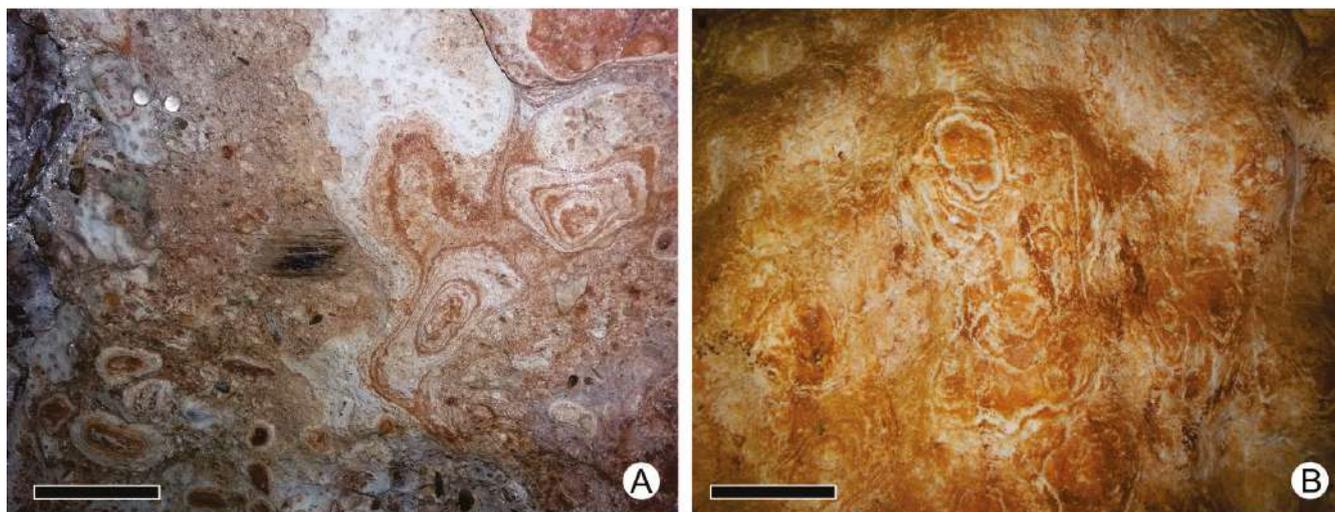


Figura 17. A–B, pseudofósseis formados pelo intemperismo de capas carbonáticas, que se assemelham a estromatólitos. Escalas = 10 mm.

Figure 17. A–B, pseudofossils formed by weathering of carbonate layers, resembling stromatolites. Scale bars = 10 mm.



Figura 18. A–C, marcas de escavações encontradas em cavernas que podem estar associadas a trabalhos paleontológicos. Foto: Marcos Britto (B).

Figure 18. A–C, excavation marks found in caves that may be associated with the collection of fossils. Photo: Marcos Britto (B).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, a legislação brasileira não fornece uma descrição detalhada dos métodos utilizados no diagnóstico paleontológico como parte dos estudos ambientais em cavernas. Além disso, não é exigida uma coleta criteriosa de dados em campo, e é aceitável que esses diagnósticos abordem superficialmente essas questões. Isso resulta na desconsideração de informações relevantes durante a avaliação de uma determinada cavidade. Nesse contexto, propôs-se um método de coleta de dados em campo para a realização de laudos técnicos. Esse método foi elaborado com base na legislação atual, na análise de relatórios técnicos disponíveis para consulta e na experiência dos autores sobre o tema, além de ter sido refinado ao longo de sua aplicação em cerca de 760 cavernas.

O método, que pode ser aplicado na forma de uma ficha de campo, mostrou-se mais eficiente em cavidades de pequeno e médio desenvolvimento (< 1 km), mas limitado para cavidades maiores e/ou com um potencial paleontológico significativo. Isso ocorre porque essas cavidades contêm muitas informações relevantes que devem ser descritas em

detalhes. Para esses casos, recomenda-se adicionalmente o uso de uma caderneta de campo.

A ampla adoção desse método resultará em sua melhoria e adaptação aos diferentes cenários espeleológicos do país. No futuro, ele também fornecerá base para a implementação de um banco de dados mais robusto relacionado ao cenário paleontológico na espeleologia, permitindo a comparação entre cavernas e províncias espeleológicas. Sua aplicação também irá contribuir para decisões mais acertadas relacionadas à proteção, supressão e medidas mitigadoras ou compensatórias de cavernas alvo de estudos técnicos, uma vez que tanto os executores do trabalho quanto os técnicos dos órgãos ambientais terão dados para embasar as decisões em níveis local, regional e nacional.

Sabe-se que essa padronização da coleta de dados é viável, pois, apesar de suas deficiências, é aplicada em outros tipos de estudos que compõem a avaliação das cavidades, como a biospeleologia e a geoespeleologia.

É importante ressaltar que, em algumas exceções, os fósseis podem ser resgatados da cavidade caso haja algum tipo de restrição para sua supressão. Assim, o registro paleontológico não é considerado de máxima relevância. Conforme a IN-02/2017, antes de qualquer impacto negativo

irreversível, deve-se coletar os restos da cavidade a ser suprimida, incluindo o transporte e a destinação do material para coleções científicas institucionais.

AGRADECIMENTOS

A.G.V. agradece à CAPES pela bolsa concedida. Os autores expressam seus agradecimentos, pela disponibilização de dados, à Carste Ciência Ambiental, à Sintertec e à Limetec. Também somos gratos pelas fotos cedidas por E.A. Haddad. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. E.L.M. agradece à FAPESP [2019/25908-1], à FAPESPA: [2020/1023343; 2022/43383] e ao CNPQ-PIBIC/UNIFESSPA-PNAES pelo auxílio financeiro que possibilitou a contribuição com o presente trabalho. Agradecemos também aos revisores e aos editores pela avaliação deste trabalho.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Um modelo de ficha está disponível como material complementar (ver Material Suplementar). Ele reúne, de forma resumida, todos os tópicos abordados neste trabalho. Essa ficha objetiva apoiar as atividades de campo voltadas para estudos ambientais durante a realização do diagnóstico paleontológico de cavidades naturais.

REFERÊNCIAS

- ALMG. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. 1992. Patrimônio Cultural e Natural: Espeleologia e Paleontologia. Available at <https://atom.almg.gov.br/index.php/forum-tecnico-patrimonio-cultural-e-natural-espeleologia-e-paleontologia>; accessed on 26/05/2021.
- Alt, L.R. & Moura, V. 2018. Áreas Prioritárias Para Conservação do Patrimônio Espeleológico, Arqueológico e Paleontológico: Principais Desafios e Recomendações. In: T.A.R. Souza & A.S. Auler (eds.) *O Carste de Vazante-Paracatu-Unai: Revelando Importâncias, Recomendando Refúgios*, Carste Ciência e Meio Ambiente, p. 238–271.
- Anglo American & SEE – Sociedade Excursionista e Espeleológica dos Alunos da Escola de Minas de Ouro Preto. 2018. 1º Workshop de Quiropterofauna Cavernícola. Available at <https://see.ufop.br/blog/anglo-e-see-realizaram-o-1%C2%BA-workshop-de-quiropterofauna-cavern%C3%ADcola-em-ouro-preto>; accessed on 26/05/2021.
- Auler, A.S. & Piló, L.B. 2015. Caves and mining in Brazil: The Dilemma of Cave Preservation Within a Mining Context. In: B. Andreo; F. Carrasco; J.J. Durán; P. Jiménez & J.W. LaMoreaux (eds.) *Hydrogeological and Environmental Investigations in Karst Systems*, Springer, p. 487–496. doi:10.1007/978-3-642-17435-3_55
- Auler, A.S. & Zogbi, L.A. 2011. *Espeleologia: Noções básicas*. 2ª ed. São Paulo, Redespeleo Brasil, 102 p.
- Barreto, C.N.G.B.; Blasiis, P.A.D.; Dias Neto, C.M.; Karmann, I.; Lino, C.F. & Robrahn, E.M. 1982. Abismo Ponta de Flecha: Um projeto arqueológico, paleontológico e geológico no médio Ribeira de Iguape, São Paulo. *Revista de Pré-História*, 3:195–215.
- Bergqvist, L.P.; Abuhid, V.S. & Lessa, G.M.G. 2011. Mamíferos. In: I.S. Carvalho (ed.) *Paleontologia: Paleovertebrados e Paleobotânica*, Interciência, p. 163–214.
- Bernardo, D.V.; Neves, W.A. & Kipnis, R. 2016. O projeto ‘Origens’ e a questão dos primeiros americanos. In: P. Da-Glória; W.A. Neves & M. Hubbe (eds.) *Lagoa Santa: História das pesquisas arqueológicas e paleontológicas*, AnnaBlume, p. 51–225.
- Bittencourt, J.S.; Vasconcelos, A.G. & Buchmann, F.S.C. 2015. Registro paleontológico em caverna desenvolvida em formações ferríferas na Serra do Gandarela (MG). In: Ú.A. Ruchkys; L.E.P. Travassos; M.A. Rasteiro & L.E. Faria (eds.) *Patrimônio Espeleológico em Rochas Ferruginosas*, Sociedade Brasileira de Espeleologia, p. 192–209.
- Bonito, R.A.; Ferreira, R.L. & Marinho, T.S. 2011. Occurrence and analysis of borings made by solitary wasps in caves: A study in cave ichnology. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 4:93–102. doi:10.4072/rbp.2011.1.10
- Brasil. 1942. *Dispõe sobre a proteção de depósitos fossilíferos*. Available at https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/del4146.htm#:~:text=180%20da%20Constitui%C3%A7%C3%A3o%2C,Mineral%2C%20do%20Minist%C3%A9rio%20da%20Agricultura; accessed on 26/05/2021.
- Brasil. 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, Senado Federal, Centro Gráfico. Available at https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm; accessed on 26/05/2021.
- Buchmann, F.S.; Frank, H.T.; Ferreira, V.M.S. & Cruz, E.A. 2016. Evidência de vida gregária em paleotocas atribuídas a Mylodontidae (preguiças-gigantes). *Revista Brasileira de Paleontologia*, 19:259–270. doi:10.4072/rbp.2016.2.09
- Buchmann, F.S.; Lopes, R.P. & Caron, F. 2009. Icnofósseis (paleotocas e crotovinas) atribuídos a mamíferos extintos no sudeste e sul do Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 12:247–256. doi:10.4072/rbp.2009.3.07
- Cartelle, C.G. 1994. *Tempo Passado-Mamíferos do Pleistoceno em Minas Gerais*. 1ª ed. Belo Horizonte, Palco, 132 p.
- Cartelle, C.G. 2012. *Das grutas à luz, mamíferos pleistocênicos de Minas Gerais*. 1ª ed. Belo Horizonte, Bicho do Mato, 236 p.
- Cartelle, C.G.; Brandt, W. & Piló, L.B. 1988. A Gruta do Túnel de Santana (BA) Morfogenese e Paleontologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11, 1998. *Boletim de Resumos*, Curitiba, Sociedade Brasileira de Paleontologia, p. 593–606.
- Cassab, R.C.T. 2010. Objetivos e Princípios. In: I.S. Carvalho (ed.) *Paleontologia: Conceitos e métodos*, Interciência, p. 3–11.
- CECAV – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. 2013. Oficina sobre Área de Influência de Cavidades Naturais Subterrâneas: Oficina sobre Área de Influência de Cavidades Naturais Subterrâneas. Available at https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/projetos-e-atividades/PAN/PAN_Cavernas_do_SF_relatorio_final_oficina_area_influencia_091013.pdf; accessed on 26/05/2021.
- CECAV – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. 2017. 1º Seminário sobre a Área de Influência e Ações de Conservação da Gruta do Éden e 1º Seminário sobre a Área de Influência e Ações de Conservação da Gruta do Éden. Available at <https://see.ufop.br/blog/semin%C3%A1rio-sobre-%C3%A1rea-de-influ%C3%A2ncia-e-a%C3%A7%C3%B5es-de-conserva%C3%A7%C3%A3o-da-gruta-do-%C3%A9den>; accessed on 26/05/2021.

- CECAV – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. 2019. Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental: Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental—CECAV. Available at <https://www.icmbio.gov.br/cecav/publicacoes/24-curso-de-espeleologia-e-licenciamento-ambiental.html>; accessed on 26/05/2021.
- CFBio – Conselho Federal de Biologia. 2019a. Dispõe sobre a inclusão de novas especialidades reconhecidas pelo Conselho Federal de Biologia para efeito de Registro de Qualificação de Especialista no Sistema CFBio/CRBios. Available at <https://cfbio.gov.br/2019/12/13/resolucao-no-540-de-06-de-dezembro-de-2019-2/#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20inclus%C3%A3o%20de,Especialista%20no%20Sistema%20CFBio%20FCRBios.&text=Considerando%20o%20deliberado%20na%20357%C2%AA,Art>; accessed on 10/07/2022.
- CFBio – Conselho Federal de Biologia. 2019b. Legislação do Biólogo. Conselho Federal de Biologia. Available at <http://crbio06.gov.br/ohs/data/docs/4/Legislacao-do-Biologo.pdf>; accessed on 10/07/2022.
- Collinson, C.W. 1959. *Guide for beginning fossil hunters*. 1ª ed. Champaign, Illinois State Geological Survey, 50 p.
- CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia. 2005. Dispõe sobre a regulamentação da atribuição de títulos profissionais, atividades, competências e caracterização do âmbito de atuação dos profissionais inseridos no Sistema Confea/Crea, para efeito de fiscalização do exercício profissional. Available at https://www.normasbrasil.com.br/norma/resolucao-1010-2005_101358.html; accessed on 26/05/2021.
- Dias, M.S. 2003. Ficha de caracterização de cavidades. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 27, 2003. *Resumos expandidos*, Januária, Sociedade Brasileira de Espeleologia, p. 151–160.
- DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. 2016. *Aprova a Consolidação Normativa do DNPM e revoga os atos normativos consolidados*. Available at https://anmlegis.datalegis.net/action/TematicaAction.php?acao=abrirVinculos&cotemati ca=13596156&cod_menu=6783&cod_modulo=405; accessed on 26/05/2021.
- EPA – Espeleogrupos Pains. 2018. 1º Seminário e Mostra de Bioespeleologia do Carste do Alto São Francisco. Available at <https://see.ufop.br/blog/1%C2%BA-semin%C3%A1rio-e-mostra-de-bioespeleologia-do-carste-do-alto-s%C3%A3o-francisco-%E2%80%93-1%C2%BA-sebiocasf>; accessed on 26/05/2021.
- Espeleondeste. 2015. Relatório final de realização do evento II Espeleondeste. Available at <https://espeleondeste.org/eventos-2015-ii-ene/>; accessed on 26/05/2021.
- Espeleondeste. 2018. Projeto básico do IV Encontro Nordestino de Espeleologia. Available at <http://www.espeleondeste.org/eventos>; accessed on 26/05/2021.
- Espeleondeste. 2020. Plano executivo do I Simpósio Brasileiro Virtual de Espeleologia. Available at http://www.espeleondeste.org/arquivos/i_sbvespeleo_2020_plano_executivo.pdf; accessed on 26/05/2021.
- Fernandes, I. 2023. *Processos de fossilização em cavernas carbonáticas: Uma descrição mineralógica de fósseis de mamíferos procedentes de Minas Gerais e Bahia*. Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Universidade Federal de Ouro Preto, M.Sc. Thesis, 79 p.
- Ferreira, R.L. 2001. *Diagnóstico biospeleológico e avaliação paleontológica preliminar de dez cavidades no município de Pains (MG)*. Laudo Paleontológico preliminar, Belo Horizonte, 19 p.
- Ferreira, R.L. 2010. *Levantamento Paleontológico: Plano de Manejo Espeleológico Lapa Nova de Vazante, MG*. Laudo Paleontológico, Carste, Belo Horizonte, 13 p.
- Fontenelle, J.H. & Salvador, R.B. 2023. A new species of *Megalobulimus* from the early Holocene of southeastern Brazil (Gastropoda, Strophocheilidae). *Folia Malacologica*, **31**:1–8. doi:10.12657/folmal.031.001
- Ford, D.C. & Williams, P.W. 1989. *Karst Geomorphology and Hydrology*. 1ª ed. London, John Wiley & Sons, 562 p.
- Gillieson, D.S. 1996. *Caves: Processes, Development and Management*. 1ª ed. London, Wiley-Blackwell, 528 p.
- Holz, M. & Barberena, M.C. 1998. A importância da tafonomia para o estudo de vertebrados fósseis. *Acta Geológica Leopoldensia*, **29**:77–92.
- Hubbe, A. 2009a. *Laudo Paleontológico: Plano de manejo da Lapa Nova, Lapa Nova 2 e Gruta da Gameleira, Vazante, MG*. Laudo Paleontológico, Carste, Belo Horizonte, 13 p.
- Hubbe, A. 2009b. *Projeto Corpo Leste, Pedro Leopoldo*. Laudo Paleontológico, Carste, Belo Horizonte, 12 p.
- Hubbe, A. 2013. *Relatório paleontológico das cavernas Gruta do Barreiro e SJL-01, Minas Gerais*. Laudo Paleontológico, Carste, Belo Horizonte, 3 p.
- Hubbe, A. 2015. *Laudo Paleontológico referente à visita técnica a Pedreira Aliança, Janaúba, MG*. Carste, Belo Horizonte, 19 p.
- Hubbe, A. & Auler, A. 2012. A large Cervidae Holocene accumulation in Eastern Brazil: an example of extreme taphonomical control in a cave environment. *International Journal of Speleology*, **41**:297–305. doi:10.5038/1827-806X.41.2.15
- Hubbe, A.; Haddad-Martim, P.M.; Hubbe, M.; Mayer, E.L.; Strauss, A.; Auler, A.; Piló, L.B. & Neves, W.A. 2011. Identification and importance of critical depositional gaps in pitfall cave environments: The fossiliferous deposit of Cuvieri Cave, Eastern Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **312**:66–78. doi:10.1016/j.palaeo.2011.09.010
- Hubbe, A.; Mayer, E.L. & Haddad-Martim, P.M. 2010. O papel modulador da morfologia de ambientes cársticos na proporção de mamíferos carnívoros e necrófagos versus herbívoros e onívoros representados em conjuntos faunísticos decorrentes da queda de animais em abismos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE VERTEBRADOS, 8, 2010. *Anais*, Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Paleontologia, p. 91.
- I SMC – Simpósio Mineiro do Carste. 2011. O Carste em todos os seus estados. Available at <http://www.blog.gpme.org.br/?p=1965#post/null>; accessed on 26/05/2021.
- II SMC – Simpósio Mineiro do Carste. 2013. O Carste e Cavernas: Minas de Informações. Available at <http://simposiomineirodocarste.blogspot.com.br/>; accessed on 26/05/2021.
- III SMC – Simpósio Mineiro do Carste. 2017. Aprender e ensinar o Carste. Available at https://www.cnek.org/IMG/pdf/IIISimposio-Flyer_2_.pdf; accessed on 26/05/2021.
- IV SMC – Simpósio Mineiro do Carste. 2019. O Carste em suas múltiplas dimensões. Available at <http://simposiomineirodocarste.blogspot.com/>; accessed on 26/05/2021.
- Iannuzzi, R. & Vieira, C.E.L. 2005. *Paleobotânica*. Porto Alegre, UFRGS, 168 p.

- Instituto Minere. 2020. Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental. Available at <https://institutominere.com.br/curso-espeleologia-no-licenciamento-ambiental>; accessed on 26/05/2021.
- Jennings, J.N. 1971. *Karst*. 1ª. London, The M.I.T. Press, 254 p.
- Kos, A.M. 2001. Stratigraphy, sedimentary development and palaeoenvironmental context of a naturally accumulated pitfall cave deposit from southeastern Australia. *Australian Journal of Earth Sciences*, **48**:621–632. doi:10.1046/j.1440-0952.2001.485885.x
- Kos, A.M. 2003. Characterisation of post-depositional taphonomic processes in the accumulation of mammals in a pitfall cave deposit from southeastern Australia. *Journal of Archaeological Science*, **30**:781–796. doi:10.1016/S0305-4403(02)00252-2
- Kraemer, B.M. 2008. *Caracterização do potencial paleontológico em depósitos cársticos nas áreas da CODEMIG, entre os municípios de Pains e Arcos (MG)*. Laudo Paleontológico, Belo Horizonte, 18 p.
- Kraemer, B.M. 2010. *Caracterização do Potencial Paleontológico de 17 cavidades inseridas na área de influência da Mineração Ferro Puro*. Laudo Paleontológico, Belo Horizonte, 32 p.
- Kraemer, B.M. 2011. *Diagnóstico paleontológico de 22 cavidades presentes na área de Influência Direta (AID) da poligonal do Sobradinho, Pains/MG*: Laudo Paleontológico, Processo Mineralário nº DNPM812.501/1973, Belo Horizonte, 67 p.
- Laureano, F.V. 1998. *O registro sedimentar clástico associado aos sistemas de cavernas Lapa Doce e Torrinha, município de Iraquara, Chapada Diamantina, BA*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade de São Paulo, M.Sc. Thesis, 99 p.
- Laureano, F.V. & Karmann, I. 2013. Sedimentos clásticos em sistemas de cavernas e suas contribuições em estudos geomorfológicos: Uma revisão. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **14**:23–33. doi:10.20502/rbg.v14i1.306
- Lino, C.F. 2009. *Cavernas: O fascinante Brasil subterrâneo*. 2ª ed. São Paulo, Gaia, 288 p.
- Lino, C.F. & Allievi, J. 1980. *Cavernas brasileiras*. São Paulo, Melhoramentos, 168 p.
- Lund, P.W. 1836. Cavernas existentes no calcário do interior do Brasil, contendo algumas delas ossadas fósseis. In: C. Paula-Couto (ed.) *Memórias sobre a Paleontologia Brasileira*, Instituto Nacional do Livro, p. 68–106.
- Marcolino, C.P.; Isaias, R.M.S.I.; Cozzuol, M.A.; Cartelle, C. & Dantas, M.A.T. 2012. Diet of *Palaeolama major* (Camelidae) of Bahia, Brazil, inferred from coprolites. *Quaternary international*, **278**:81–86. doi:10.1016/j.quaint.2012.04.002
- Mayer, E.L. 2013. Pequenos mamíferos do Sumidouro do Sansão, Serra da Capivara, Piauí: Resultados preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 32, 2013. *Anais*, p. 439–446.
- Mayer, E.L.; Hubbe, A.; Botha-Brink, J.; Ribeiro, A.M.; Haddad-Martim, P.M. & Neves, W.A. 2020. Diagenetic changes on bone histology of Quaternary mammals from a tropical cave deposit in southeastern Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **537**:109372. doi:10.1016/j.palaeo.2019.109372
- Mayer, E.L.; Hubbe, A. & Haddad-Martim, P.M. 2012. Variações na suscetibilidade da megafauna ao aprisionamento em abismos no interior de cavernas associadas à dolinas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE VERTEBRADOS, 8, 2012. *Anais*, Recife, Sociedade Brasileira de Paleontologia, p. 50.
- MEC – Ministério da Educação. 2023. e-MEC - Sistema de Regulação do Ensino Superior. Available at <https://emec.mec.gov.br/emec/educacao-superior/cursos>; accessed on 23/05/2023.
- Mendes, J.C. 1982. *Introdução à Paleontologia Geral*. 2ª ed. São Paulo, T. A. Queiroz Ed. da USP, 368 p.
- Mendes, J.C. 1988. *Paleontologia Básica*. 1ª ed. São Paulo, T. A. Queiroz Ed. da USP, 347 p.
- Menin, D. & Viana, D. 2008. *Técnicas verticais para espeleologia—Manual de referência*. São Paulo, Redespeleo Brasil, 192 p.
- Minas Gerais. 2005. *Termo de referência para elaboração de estudos de impacto ambiental para atividades minerárias em áreas cársticas no estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, FEAM/IBAMA, 26 p.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2017. Instrução Normativa nº 2, de 30 de agosto de 2017. Available at chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/orientacoes-e-procedimentos/legislacao-espeleologica/in-02_2017_mma_30ago17.pdf; accessed on 20/05/2023.
- Morato, L.D. 2007. *Caracterização do potencial paleontológico em depósitos cársticos nas áreas da EIMCAL, entre os municípios de Matozinhos e Prudente de Morais (MG)*. EIMCAL, Belo Horizonte, 30 p.
- Morato, L.D.; Baptista, M.C. & Faria, L.E. 2003. A ocorrência de *Nothrotherium* (Mammalia: Edentata) em Pains (MG): Um fóssil perdido pela burocracia? In: PALEOMINAS, 1, 2003. *Resumos*, Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Paleontologia, p. 56.
- Moura, V. & Alt, L. 2015. Proteção, conservação e uso público. In: A.S. Auler; L.R. Alt; V. Moura & M. Leão (eds.) *Cavernas da Serra do Espinhaço Meridional*, Carste Ciência e Meio Ambiente, p. 281–339.
- Nobre, P.H. & Carvalho, I.S. 2010. Fósseis: Coleta e métodos de estudo. In: I.S. Carvalho (ed.) *Paleontologia, conceitos e métodos*, Interciência, p. 397–411.
- Paula Couto, C. 1958. *Noções de Paleontologia e métodos paleontológicos*. 1ª ed. Rio de Janeiro, Museu Nacional, 76 p.
- Paula Couto, C. 1979. *Tratado de Paleomastozoologia*. 1ª ed. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 590 p.
- Prothero, D.R. 2013. *Bringing Fossils to Life: An Introduction to Paleobiology*. 1ª ed. New York, Columbia University Press, 672 p.
- Purcino, H.C.G. 2015. *Correlação das assinaturas tafonômicas entre microvertebrados preservados em depósito recente e em paleopiso da Caverna ES-08, Prudente de Morais, MG*. Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Undergrad. Thesis, 42 p.
- Redespeleo. 2004. 1º Workshop Manejo de Cavernas e Sistemas Cársticos: Uso Público. Available at <https://digital.lib.usf.edu/content/SF/S0/05/16/83/00001/K26-01234-14.pdf>; accessed on 26/05/2021.
- Reed, E. 2006. In Situ Taphonomic Investigation of Pleistocene Large Mammal Bone Deposits from The Ossuaries, Victoria Fossil Cave, Naracoorte, South Australia. *Helicite*, **39**:5–15.
- Reis, P.V.M.; Rodrigues, R.R.; Ferreira, A.C.; Ibrahim, L. & Quaglio, F. 2019. Classificação do grau de dificuldade da Gruta Ronan I, Coromandel, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. *Anais*, Campinas, Sociedade Brasileira de Espeleologia, p. 214–216.
- Ribeiro, L.V. 2011. *Valoração das cavidades naturais subterrâneas: Espeleologia/paleontologia/bioespeleologia/arqueologia: Processo DNPM 832.464/1984*, Pains, Brasical Indústria de Mineração e Transporte LTDA, 108 p.

- Rio Grande do Sul. 2002. Declara integrantes do patrimônio cultural do Estado os sítios paleontológicos localizados em municípios do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Available at <https://leisestaduais.com.br/rs/lei-ordinaria-n-11738-2002-rio-grande-do-sul-declara-integrantes-do-patrimonio-cultural-do-estado-os-sitios-paleontologicos-localizados-em-municipios-do-estado-do-rio-grande-do-sul-e-da-outras-providencias>; accessed on 20/05/2023.
- Rubbioli, E. & Moura, V. 2008. *Mapeamento de cavernas: Guia prático*. 2ª ed. São Paulo, Redespeleo Brasil, 92 p.
- SBAE – Sociedade Baiana de Espeleologia. 2016. Projeto executivo do III Encontro Nordestino de Espeleologia. Available at <https://espeleonordeste.org/projeto/>; accessed on 20/05/2023.
- Scherer, C.S.; Moraes, S.S. & Oliveira, T.V. 2016. *Projeto FIOEL Salvamento Paleontológico-Uma ponte entre a universidade e a sociedade*. 1ª ed. Salvador, Edufba, 151 p.
- SEE – Sociedade Excursionista e Espeleológica dos Alunos da Escola de Minas de Ouro Preto. 2018. Simpósio de Espeleologia e Legislação Ambiental. Available at <https://see.ufop.br/blog/simposio-de-espeleologia-e-legisla%C3%A7%C3%A3o-ambiental>; accessed on 26/05/2021.
- Simms, M.J. 1994. Emplacement and preservation of vertebrates in caves and fissures. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **112**:261–283. doi:10.1111/j.1096-3642.1994.tb00320.x
- Sousa, D.V.; Eltink, E.; Oliveira, R.A. P.; Félix, J.F. & Guimarães, L.M. 2020. Diagenetic processes in Quaternary fossil bones from tropical limestone caves. *Scientific Reports*, **10**:1–15. doi:10.1111/j.1096-3642.1994.tb00320.x
- Stratford, D.J. 2011. Cave excavation: Some methodological and interpretive considerations. *British Cave Research Association*, **38**:111–116.
- Teixeira, R. 1980. *Grutas da Região Cárstica de Lagoa Santa: Lapinha*. 1ª ed. Belo Horizonte, Júpiter, 45 p.
- Trajano, E. 1986. Fauna cavernícola brasileira: Composição e caracterização preliminar. *Revista Brasileira de Zoologia*, **3**:533–561. doi:10.1590/S0101-81751986000400004
- Trajano, E. & Bichuette, M.E. 2006. *Biologia Subterrânea: Introdução*. 1ª ed. São Paulo, Redespeleo Brasil, 92 p.
- Trajano, E. & Gnaspini-Netto, P. 1990. Composição da fauna cavernícola brasileira, com uma análise preliminar da distribuição dos táxons. *Revista Brasileira de Zoologia*, **7**:383–407. doi:10.1590/S0101-81751990000300017
- Uberaba. 2015. Portaria Conjunta SEMAM/SESURB/SEPLAN/SEOB Nº 003/2015. Available at <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.uberaba.mg.gov.br:8080/portal/acervo/portavoz/arquivos/2015/1312%20-%202017-07-2015.pdf>; accessed on 26/05/2021.
- Vallourec & Terra Brasilis. 2018. Área de influência de cavernas. Área de influência de cavernas. Available at http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/images/abook/pdf/2018/VALLOUREC-TERRA%20BRASILIS_Ciclo%20de%20Palestras.pdf; accessed on 26/05/2021.
- Vasconcelos, A.G. 2012. *Levantamento do Potencial Paleontológico de cavidades inseridas nos Maciços calcários de Escrivânia, Limeira e Ingleses – Prudente de Moraes*. Belo Horizonte, MC Ambiental, 154 p.
- Vasconcelos, A.G. 2016a. *Levantamento de Potencial Paleontológico de cavidades naturais—Montalvânia, MG*. Belo Horizonte, Sintertec, 130 p.
- Vasconcelos, A.G. 2016b. *Levantamento do potencial paleontológico das cavidades inseridas nas regiões dos municípios de Vazante, Lagamar, Paracatu e Unai—MG (Votorantim)*. Laudo Paleontológico Belo Horizonte, Carste, 72 p.
- Vasconcelos, A.G. 2017a. *Laudo Paleontológico da cavidade CMN0022, Conceição do Mato Dentro, MG*. Belo Horizonte, Carste, 11 p.
- Vasconcelos, A.G. 2017b. *Laudo Paleontológico de cavidade no Parque Estadual da Mata Seca*. Belo Horizonte, IEF, 20 p.
- Vasconcelos, A.G. 2020a. *Complementação dos métodos de valoração paleontológica para fins de estudos ambientais em cavidades naturais*. Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Ph.D. Thesis, 140 p.
- Vasconcelos, A.G. 2020b. *Diagnóstico Paleontológico das áreas 0 a 5 do Complexo Industrial de Barro Alto (Anglo American Níquel Brasil Ltda.)*. Belo Horizonte, Spelayon Consultoria, 38 p.
- Vasconcelos, A.G. 2022. *Diagnóstico Paleontológico de cavidades naturais na região de Montalvânia*. Belo Horizonte, Limetec, 15 p.
- Vasconcelos, A.G.; Auler, A.S.; Casati, R.; Marques, R.C. & Mayer, E.L. 2023. Registro incomum de fósseis na rocha encaixante de cavernas do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 37, 2023. *Anais*. Curitiba, SBE, p. 358–365.
- Vasconcelos, A.G. & Bittencourt, J.S. 2018. Desenterrando a vida do passado. Potencial paleontológico em cavernas. In: T.A.R. Souza & A.S. Auler (eds.) *O carste de Vazante-Paracatu-Unai: Revelando importâncias, recomendando refúgios*, Carste Ciência e Meio Ambiente, p. 215–297.
- Vasconcelos, A.G.; Bittencourt, J.S.; Eliziário, N.F.; Kraemer, B.M. & Auler, A.S. 2020. Stromatolites in Caves in Southeastern Brazil and their Importance to Geoconservation. *Geoheritage*, **12**:48. doi:10.1007/s12371-020-00469-0
- Vasconcelos, A.G. & Campello, M.S. 2016. Comparação entre o potencial paleontológico de cavidades naturais inseridas nas regiões cársticas de Lagoa Santa (MG) e Lajedinho (BA). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 48, 2016. *Anais*, Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 1337.
- Vasconcelos, A.G.; Costa, F.L.B. & Kraemer, B.M. 2013. Padronização dos métodos de identificação inicial de cavidades naturais. In: SIMPÓSIO MINEIRO DO CARSTE, 2, 2013. *Anais*, Belo Horizonte, IGC/UFGM, p. 15–16.
- Vasconcelos, A.G.; Cravo, M.; Rabelo, L.M.; Fernandes, I.; Mayer, E.L.; Vilaboim, L.S. & Liparini, A.C. 2024. Descrição de duas novas ocorrências de paleotocas em Minas Gerais. *Boletim Eletrônico da Sociedade Brasileira de Espeleologia* **17**:17–19.
- Vasconcelos, A.G.; Ferreira, L.L.B.; Follador, G.L.P.; Brandão, N.C.A. & Papa, R.C. 2021. Ocorrência de fósseis de invertebrados cretácicos na região de São Tomé (RN): Dados obtidos a partir de trabalhos técnicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 50, 2021. *Anais*, Brasília, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 548.
- Vasconcelos, A.G.; Hubbe, A. & Meyer, K.E.B. 2013. Método para avaliação e classificação do potencial paleontológico de cavidades naturais para fins minerários. In: SIMPÓSIO MINEIRO DO CARSTE, 2, 2013. *Anais*, Belo Horizonte, IGC/UFGM, p. 18–19.
- Vasconcelos, A.G.; Kraemer, B.M. & Meyer, K.E.B. 2018a. Tafonomia em cavernas brasileiras: Histórico e método de coleta de fósseis preservados em solo carbonatado. *Terrae Didactica*, **14**:49–68. doi:10.20396/td.v14i1.8652042

- Vasconcelos, A.G.; Kraemer, B.M.; Mayer, E.L. & Lins, L. 2018b. Comparação entre métodos para o levantamento do potencial paleontológico em cavernas para estudos ambientais. *In: MEMORIAS DO CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGÍA DE VERTEBRADOS*, 8, 2018. *Anais*, Villa de Leyva, Centro de Investigaciones Paleontológicas, p. 84–85.
- Vasconcelos, A.G.; Meyer, K.E.B. & Campello, M.S. 2015. Mamíferos quaternários da Caverna ES-08, município de Prudente de Morais, Minas Gerais: Análises tafonômica e taxonômica. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **18**:171–190. doi:10.4072/rbp.2015.1.12
- Zogbi, L.A.; Muriel-Cunha, J.; Auler, A.S.; Cruz Jr, F.W. & Motta, A.R. 2017. Paraíso Cave: A remarkable limestone cave system in the Brazilian Amazonia. *In: PROCEEDINGS INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY*, 17, 2017. *Abstracts*, Sydney, Australian Speleological Federation, p. 297.

Received: 27 June 2023. Accepted: 27 October 2024.

Associated editors: Ana Maria Ribeiro,
Kleberon de Oliveira Porpino
Editor-in-chief: Matias do Nascimento Ritter