



35^o
Bonito - MS

ANAIS do 35^o Congresso Brasileiro de Espeleologia
19 - 22 de julho de 2019 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 35^o Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br.

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

MASSUQUETO, L.L.; PONTES, H.S.; FERNANDES, L.A. Feições da geodiversidade subterrânea brasileira em diferentes contextos litológicos e a legislação vigente. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. Bonito. *Anais...* Campinas: SBE, 2019. p.368-374. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais35cbe/35cbe_368-374.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.
Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

FEIÇÕES DA GEODIVERSIDADE SUBTERRÂNEA BRASILEIRA EM DIFERENTES CONTEXTOS LITOLÓGICOS E A LEGISLAÇÃO VIGENTE

*GEODIVERSITY FEATURES OF BRAZILIAN CAVES DEVELOPED IN DIFFERENT LITHOLOGICAL
CONTEXTS AND CURRENT LEGISLATION*

Laís Luana MASSUQUETO (1,2,3); Henrique Simão PONTES (1,2,3); Luiz Alberto FERNANDES (2,3)

- (1) Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas – GUPE.
- (2) Grupo de Pesquisa CNPq Geoconservação e Patrimônio Geológico.
- (3) Programa de pós-graduação em Geologia da Universidade Federal do Paraná.

Contatos: laís.massuqueto@gmail.com; henriquegeografo@gmail.com; lufernandes@ufpr.br.

Resumo

Esta comunicação apresenta resultados de inventário de feições da geodiversidade de cavidades naturais subterrâneas passíveis de serem encontradas em cavernas brasileiras desenvolvidas em contextos litológicos distintos. Para tanto, foi realizada uma etapa de pesquisas em campo em cavernas carbonáticas, ferríferas, graníticas e siliciclásticas, nos estados do Paraná, Santa Catarina e Minas Gerais e pesquisa em bibliografia que aborda o tema. Após o levantamento em campo e escritório, foi realizado um diagnóstico com a comunidade científica especializada em feições de ambientes subterrâneos, mediante aplicação de questionário semiaberto, adaptado do método *Delphi*, que permitiu identificar 30 feições geológicas de cavernas desenvolvidas nos diferentes tipos rochas. O patrimônio espeleológico brasileiro é regulamentado pelo Decreto Federal nº 6.640/2008 e sua Instrução Normativa 02/2017, que definem a relevância de cavidades naturais subterrâneas, classificada em máxima, alta, média e baixa. O levantamento realizado contribui para o conhecimento científico desta área da espeleologia, podendo auxiliar na revisão de políticas públicas e na elaboração de protocolos para estudos de licenciamento espeleológico.

Palavras-Chave: espeleogenese; espeleotemas; estruturas geológicas; cavernas brasileiras; patrimônio espeleológico.

Abstract

The present paper shows the results of a caves geodiversity features inventory that can be found in Brazilian caves developed in different lithologic contexts. For this purpose, fields research were carried out in carbonate, iron, granite and siliciclastic caves, in Paraná, Santa Catarina and Minas Gerais states, and researches in scientific references that deal with the subject. A diagnosis with the scientific community specialized in underground environments, involving a semi - open questionnaire, adapted from the Delphi method, allowed to identify 30 caves geologic features developed in different lithotypes. The Brazilian Speleological Heritage is regulated by Federal Decree Nº. 6,640/2008 and its Normative Instruction 02/2017 that define the relevance of underground natural cavities, classified as maximum, high, medium and low. The result contributes to the scientific knowledge of speleological area, and may contribute in the revision of legislation and in the elaboration of protocols for speleological licensing studies.

Keywords: speleogens; speleothems; geologic structures; Brazilian's caves; speleological heritage.

1. INTRODUÇÃO

A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 20, inciso X, considera as cavidades naturais subterrâneas como bens da União (BRASIL, 1988). Isso implica tanto em restrições referentes ao direito de propriedade como também a necessidade de uma série de estudos para o uso e/ou destruição destes ambientes, sendo necessárias atualizações constantes no que diz respeito ao tema abordado.

A classificação de relevância espeleológica deve considerar as características biológicas, ecológicas, geológicas, paleontológicas, hidrológicas, cênicas, histórico-culturais e socioeconômicas, as quais deverão ser avaliadas por uma abordagem local e regional. Busca-se reconhecer nesses atributos situações de notoriedade, singularidade, expressividade, representatividade e significância, que traduzam valores ecológicos, científicos e culturais a serem

preservados ou compensados (BERBERT-BORN, 2010).

As cavernas classificadas com grau máximo de relevância têm sua proteção garantida segundo o Decreto Federal nº 6.640/2008, porém essa classificação é quase sempre atribuída com base em aspectos biológicos, pois a conservação da biodiversidade tem maior apelo para o público em geral, se comparada a geodiversidade.

A legislação vigente possui incongruências, lacunas e subjetividade quando aborda sobre os elementos da geodiversidade cavernícola. As feições geológicas subterrâneas em diferentes contextos geológicos não são contempladas de maneira suficiente e contundente na análise de relevância espeleológica, problema que deixa vulnerável o patrimônio espeleológico.

As rochas com minerais mais solúveis, como a calcita, halita, anidrita, gipsita e dolomita, podem ser consideradas como indicadores físicos da ocorrência de cavidades naturais subterrâneas. Porém, rochas que tradicionalmente são consideradas menos solúveis, como quartzitos e arenitos siliciclásticos, formações ferríferas e granitos, constituem parte importante do patrimônio espeleológico no Brasil.

Atualmente, conforme o registro estatístico do Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), órgão vinculado ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), o Brasil possui mais de 18.000 cavidades subterrâneas. De acordo com o CANIE, a maioria destas cavernas é formada em quatro tipos principais de rochas, sendo aproximadamente: 68,5% carbonáticas, 19,5% ferríferas, 9,9% siliciclásticas e 1% graníticas.

A presente comunicação apresenta resultados de levantamento sobre as feições da geodiversidade de cavernas que devem ser analisadas nos estudos sobre o meio abiótico para o licenciamento espeleológico, em diferentes contextos litológicos. Uma avaliação crítica a respeito da legislação atual, que determina a avaliação e classificação da relevância espeleológica, também é realizada.

2. MÉTODOS

A pesquisa envolveu o levantamento de referências científicas, principalmente aquelas

voltadas para os temas geodiversidade, feições geológicas, inventário do patrimônio geológico, patrimônio espeleológico brasileiro e legislação relativa a temas espeleológicos. Também foi realizada análise da Instrução Normativa MMA nº 2/2017, a partir de seus anexos I e II, com foco restrito sobre os elementos da geodiversidade, a fim de identificar quais alíneas abordam especificamente os componentes abióticos e quais feições são citadas.

Trabalhos de campo foram realizados em cavernas desenvolvidas em rochas carbonáticas, siliciclásticas, graníticas e ferríferas, em diferentes áreas do Brasil, na tentativa de abordar de modo representativo as feições geológicas de cavernas no contexto nacional. Os levantamentos de campo foram feitos em cavernas desenvolvidas em rochas siliciclásticas no município de Ponta Grossa (Paraná), carbonáticas no município de Castro (Paraná), ferríferas do município de Caeté (Minas Gerais) e graníticas em Florianópolis (Santa Catarina). Com essa etapa, foi possível comparar os aspectos físicos de cada ambiente e realizar um refinamento no inventário preliminar das feições da geodiversidade de cavernas.

Posteriormente foi realizado um inventário definitivo das feições, levando em consideração os quatro litotipos analisados. Para essa etapa, foram elaboradas fichas de caracterização dos elementos da geodiversidade subterrânea. Tal ficha, caracterizada como um questionário semiaberto foi submetida para a avaliação e contribuição de pesquisadores espeleólogos de todo Brasil, adaptando o método *Delphi*, o qual, de um modo geral, é definido como uma atividade interativa desenhada para combinar opiniões de um grupo de especialistas para obtenção de consenso (OLIVEIRA, et al., 2008).

3. RESULTADOS

3.1. Áreas de estudo

As atividades de campo foram desenvolvidas em cavernas de quatro áreas com contexto geológico distinto. Essa escolha reflete a diversidade dos ambientes subterrâneos, por conter variados tipos de feições espeleogenéticas, constituindo relevante amostragem do contexto espeleológico nacional (Figuras 1 e 2).

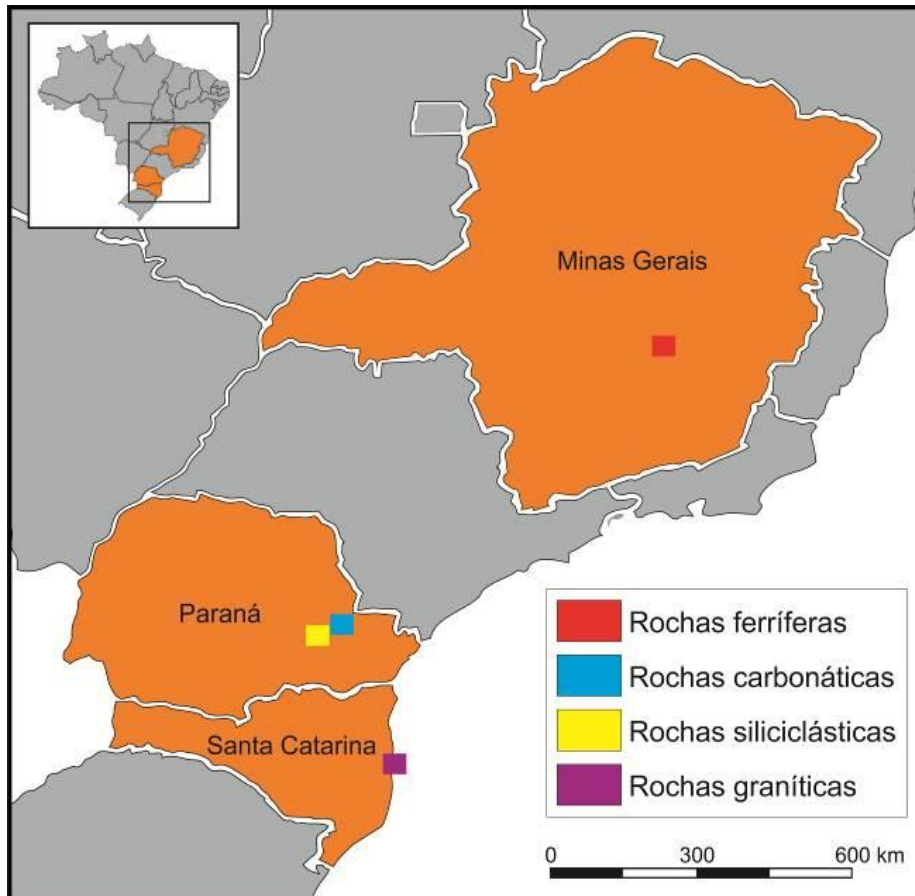
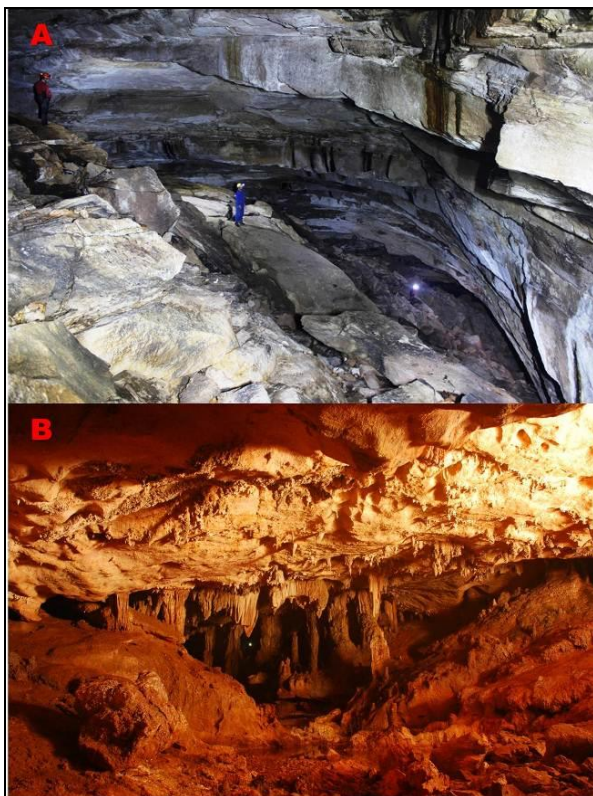


Figura 1: localização das áreas com patrimônio espeleológico abordado nesta pesquisa.



Figuras 2: a) Caverna das Andorinhas, em rocha siliciclástica; b) Gruta Olhos d'Água, desenvolvida em rocha carbonática; c) Gruta da Piedade, formada em rocha ferrífera e; d) Sistema de Cavernas Água Corrente, rocha granítica.

Para representar as cavernas siliciclásticas foram analisadas aquelas localizadas no distrito de Itaiacoca, município de Ponta Grossa, Paraná. Estas cavidades se desenvolvem em rochas da Formação Furnas, unidade aflorante na borda leste da Bacia do Paraná, de idade de 395-421 Ma, entre o Siluriano e o Devoniano (BORGHI, 1993).

Em rochas carbonáticas foram selecionadas cavidades subterrâneas, localizadas no município de Castro, Paraná. Tais cavernas se desenvolvem em rocha carbonática metamórfica pertencente à Formação Bairro dos Campos, do Grupo Itaiacoca, com idade aproximada de 1030-908 Ma (Mesoproterozoico e início do Neoproterozoico) (SZABÓ et al., 2006).

As cavernas desenvolvidas em rochas ferríferas estão situadas no município de Caeté, Minas Gerais, na região da Serra da Piedade. Segundo Calux (2013) estão inseridas no contato entre canga detrítica sustentada por clastos e itabiritos. Estas rochas pertencem a Formação Cauê, do Grupo Itabira, de idade do Paleoproterozoico, de aproximadamente 2300 Ma (CPRM, 2014).

Por fim, para representar as rochas graníticas foram analisadas cavernas situadas na porção norte da ilha de Florianópolis, Santa Catarina. Estas cavidades são desenvolvidas no Granito Ilha, Suíte Pedras Grandes, de idade aproximada de 524±68Ma (Neoproterozoico), segundo CPRM (2014).

3.2. Feições da geodiversidade subterrânea

As feições da geodiversidade subterrânea são definidas conceitualmente como todos os elementos geológicos existentes no ambiente subterrâneo. Os aspectos geológicos estão entre os diversos atributos a serem avaliados para a classificação da relevância espeleológica. As singularidades de cada cavidade natural subterrânea, desenvolvidas em diferentes litotipos, mostram que estas constituem ambientes únicos e particulares.

Assim, a identificação e caracterização detalhada dos elementos geológicos presentes em cavernas possibilita a extração de informações importantes sobre o ambiente subterrâneo envolvendo, principalmente, a espeleogênese, dinâmica hidrogeológica, evolução da paisagem onde a cavidade está inserida e aspectos estratigráficos da rocha encaixante.

A partir das informações previamente conhecidas pelos autores da pesquisa, dos levantamentos bibliográficos e das respostas obtidas pela aplicação do questionário semiaberto encaminhado aos especialistas, foi identificado um

total de vinte e três feições geológicas de cavernas. Contudo, após novas investigações, durante trabalhos de campo realizados nas quatro áreas de estudo, a lista total de feições da geodiversidade foi ampliada.

As feições da geodiversidade foram separadas em quatro grupos (espeleotemas, espeleogens/feições de intemperismo, estruturas geológicas e depósitos clásticos), subdivididas em 30 tipos de feições e classificadas em primárias e secundárias (Quadro 1).

Quadro 1: Classificação das feições da geodiversidade de cavernas brasileiras.

Classe	Tipo
Espeleotemas	diferentes tipos de depósitos minerais secundários
Espeleogens/feições de intemperismo	dutos de dissolução (canalículos)
	cúpuas de dissolução (<i>bell-holes, out-let</i>)
	domos (<i>out-let</i>)
	chaminés de equilíbrio (<i>out-let</i>)
	claraboias
	alvéolos (<i>tafoni/honeycomb</i>)
	canais de teto (meandros de teto, <i>half-tube</i>)
	canais de parede (<i>half-tube</i>)
	<i>scallops</i>
	alimentadores (<i>feeders</i>)
	incrustações
	anastomoses
	sulcos verticais (cerdas-de-baleia)
	pendentes
	pilares
	patamares
	panelas (marmitas)
	<i>boxworks</i>
rocha com textura fantasma (fantomização, alterita)	
esfoliação	
Estruturas geológicas	pontões estruturais
	falhas/fraturas
	<i>slickenside</i>
	características estratigráficas
	contato
	icnofósseis
	enclave
fósseis*	
Depósitos clásticos	diferentes tipos de depósitos detríticos consolidados ou não
Feições primárias	Feições secundárias

* fósseis também poder ser de origem secundária

Estas feições foram divididas em primárias ou secundárias, de acordo com o momento de sua formação. As estruturas geológicas, em sua maioria, são primárias, ou seja, sua gênese ocorreu durante a formação da rocha, incluindo nestes casos aspectos estratigráficos, contatos, icnofósseis e fósseis (os quais também podem ser de origem secundária). Os espeleotemas, diferentes tipos de espeleogens, estruturas tectônicas e *slickenside* são feições secundárias, desenvolvidas após a formação da rocha. Os espeleotemas, estruturas tectônicas, *slickenside* e espeleogens (feições de cavernas formadas a partir do intemperismo (físico e/ou químico) da rocha que apresentam formas variadas).

3.3. Questionamentos sobre a legislação vigente

O Decreto Federal nº 6.640/2008 e Instrução Normativa MMA Nº2/2017 não apontam parâmetros seguros e objetivos de como quantificar e classificar a geodiversidade de cavernas, especialmente em situações de comparação de áreas com diferentes litotipos.

Ao aplicar os métodos e parâmetros encontrados nos dispositivos legais referentes à relevância espeleológica, vários questionamentos surgem a cerca da determinação da importância da geodiversidade, tais como: que parâmetro utilizar para saber se uma caverna possui muitos ou poucos espeleotemas? Qual é a relação entre muitos e poucos espeleotemas quando se compara cavernas em rochas carbonáticas, graníticas, ferríferas e siliciclásticas? Como se define o que são muitos ou poucos espeleotemas quando se comparam materiais compostos de sílica e carbonato de cálcio (Figura 3)? Quais são as feições da geodiversidade passíveis de serem encontradas em cavernas carbonáticas, graníticas, ferríferas e siliciclásticas? Quais feições da geodiversidade são raras em determinado contexto geológico e quais não são?

Estes questionamentos são frequentes pelos motivos de: pouco conhecimento do patrimônio espeleológico em determinadas áreas (como exemplo, relevos graníticos); consequente escassez de material de referência comparativo e; pouca abordagem específica e detalhada sobre o tema na legislação vigente. Os dispositivos legais em vigência não apresentam lista atual e padronizada de conceitos e termos referentes às feições da geodiversidade passíveis de serem identificadas nas cavernas brasileiras. Da mesma forma, pouco se conhece sobre a raridade/abundância de feições em relação aos diferentes contextos geológicos, o que pode ser determinante na atribuição de valor/relevância.

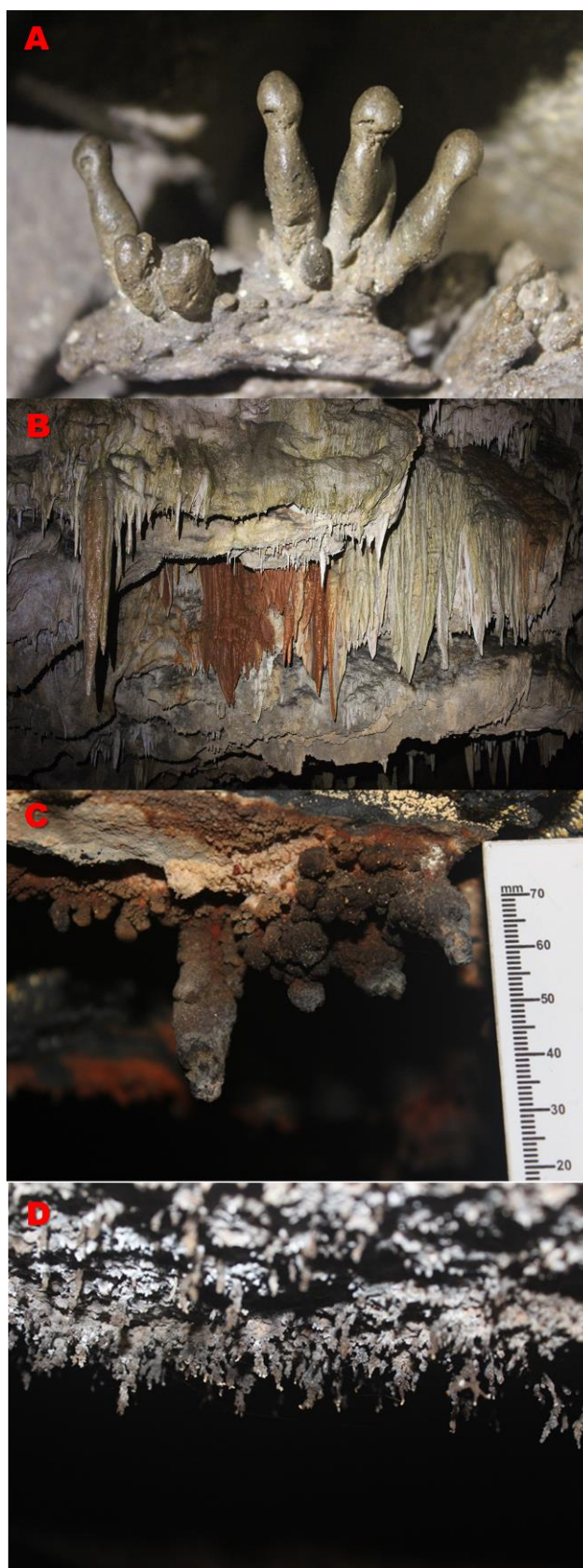


Figura 3: espeleotemas de composições mineralógicas distintas desenvolvidas em cavernas de diferentes contextos litológicos, sendo: a) arenítica; b) carbonática; c) ferrífera e; d) granítica.

Salienta-se que apenas nove, das 30 feições geológicas levantadas, estão presentes nos atributos considerados para a classificação de grau de relevância de cavernas de acordo com o decreto nº 6.640/2008 e IN nº2/2017. Isso evidencia uma grave lacuna nas políticas públicas e reflete o acentuado risco à geodiversidade de cavernas no Brasil frente aos diversos usos do solo e destes espaços.

É certo que há a necessidade de revisão e melhoria dos dispositivos legais em vigência no Brasil que possibilitam a supressão total de cavernas. Mas como a legislação ainda não aborda os elementos da geodiversidade de forma suficiente é preciso creditar confiança na atuação dos profissionais que trabalham com o licenciamento espeleológico.

Espera-se a realização de inventários e classificação de cada feição geológica presente em cavernas de maneira detalhada, com análise integrada para avaliar o valor da geodiversidade como um todo e por fim, identificar a relevância espeleológica. Da mesma forma, se espera que os órgãos licenciadores exijam estudos de detalhe, que incluam as singularidades geológicas de cada contexto litológico.

4. CONCLUSÕES

A pesquisa revelou a diversidade de feições geológicas passíveis de serem identificadas nas cavernas brasileiras, levando em consideração os

principais tipos de rochas onde se formam cavidades subterrâneas.

Assim, foi possível elaborar uma classificação de feições da geodiversidade, padronizar nomenclatura, incluir novos termos e conceitos. Ao final, 30 feições de possível ocorrência nos ambientes subterrâneos estudados foram identificadas. No entanto, este número pode, futuramente, ter acréscimos.

Pretende-se que os resultados obtidos sirvam de base para estudos de relevância espeleológica no Brasil. Uma vez que as cavernas se formam e apresentam feições, composição, forma e estrutura diferentes, também deve haver métodos de classificação diferenciados, na busca de um ajuste adequado para cada realidade.

É importante que haja políticas públicas que possuam diretrizes e normas detalhadas e eficientes, visando à efetiva proteção dos elementos da geodiversidade cavernícola. Para isso, é necessária a revisão de leis e normativas existentes e regem sobre o tema abordado nesta comunicação, somente desta maneira a proteção da geodiversidade de cavernas poderá ser garantida.

5. AGRADECIMENTOS

Aos membros do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas – GUPE, pelo auxílio nos trabalhos de campo, a CAPES pela concessão de bolsa de doutorado (número do processo: 1629866) e a todos que auxiliaram essa pesquisa a partir das respostas obtidas ao questionário.

REFERÊNCIAS

- BERBERT-BORN, M. **Instrução Normativa MMA 2/09 - método de classificação do grau relevância de cavernas aplicado ao licenciamento ambiental: uma prática possível?** SBE – Campinas, SP. Espeleo-Tema. v. 21, n. 1. p.67-103. 2010. Disponível em: <http://www.sbe.com.br/espeleo-tema/espeleo-tema_v21_n1_000-005.pdf>.
- BORGHI, L. **Caracterização e análise faciológicas da Formação Furnas (Prídoli Devoniano inferior) em afloramentos do bordo leste da bacia sedimentar do Paraná, Estado do Paraná, Brasil.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 227p. 1993.
- CALUX, A.S. **Gênese e desenvolvimento de cavidades naturais subterrâneas em formação ferrífera no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. 218p. 2013.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Download de mapas em PDF. Mapa geológico do estado de Minas Gerais - 1:1.00.000.** Disponível em: <geobank.cprm.gov.br>. 2014.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Download de mapas em PDF. Mapa geológico do estado de Santa Catarina - 1:500.000.** Disponível em: <geobank.cprm.gov.br>. 2014.

- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil.** 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 16 de fevereiro de 2019.
- MMA - Ministério de Meio Ambiente. 2017. **Instrução Normativa MMA Nº 2, de 31 de agosto de 2017.** Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=01/09/2017&jornal=1&pagina=161&totalArquivos=208>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2019.
- OLIVEIRA, J.S.P.; COSTA, M.M.; WILLE, M.F.C.; MARCHIORI, P.Z. Introdução ao método Delphi. Curitiba: **Mundo Ideal**. p.5. 2008.
- SPOLADORE, A., COTTAS, L.R. **Ornamentos de cavernas areníticas.** In: Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Espeleologia. SBE – Ouro Preto/MG. p.289-295. 2007. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais29cbe/29cbe_289-295.pdf>.
- SZABÓ, G. A. J.; ANDRADE, F. R. D.; GUIMARÃES, G. B.; MOYA, F. A.; CARVALHO, F. M. S. **Genesis of talc deposits and the metamorphic history of the Itaiacoca Group metadolomites, southern Brazil.** In: International 46 Congress On Applied Mineralogy, 8. Águas de Lindóia. Proceedings... Águas de Lindóia: IMA. v. 1. p.759-761. 2004.