

MAPA DE POTENCIALIDADE DE OCORRÊNCIA DE CAVERNAS NO BRASIL, NA ESCALA 1:2.500.000

Débora Campos Jansen

Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV/Instituto Chico Mendes. E-mail: debora.jansen@icmbio.gov.br.

Lindalva Ferreira Cavalcanti

Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV/Instituto Chico Mendes. E-mail: lindalva.cavalcanti@icmbio.gov.br.

Hortência Sousa Lamblém

Universidade de Brasília – UnB, Graduanda em Geologia. E-mail: hortencia.sl@gmail.com

RESUMO

O Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000, foi elaborado a partir de nova metodologia, em que, pela classificação litológica, foram geradas cinco classes de grau de potencialidade: “Muito Alto”; “Alto”; “Médio”; “Baixo”; e “Ocorrência Improvável”. Para a identificação dessas classes foram utilizados: 1) dados de localização das principais regiões cársticas brasileiras; 2) mapa geológico do Brasil, na escala de 1:2.500.000, da CPRM (com ênfase nos campos “Litologia1”, “Litologia2” e “Nome da Unidade”, da tabela de atributos); 3) dados geoespecializados de cavernas disponibilizadas pelo CECAV, em 01/06/2012; e 4) revisão bibliográfica sobre as principais formações litológicas das cavidades registradas na base de dados do CECAV. Como resultado, obteve-se que 78,4% das cavidades encontram-se em áreas com graus de potencialidade de ocorrência “Muito Alto” e “Alto”, ou seja, desenvolvem-se basicamente em rochas carbonáticas e em formações ferríferas. Além disso, 12,8% das cavidades utilizadas localizam-se nas classes de “Média” potencialidade, englobando, especialmente, os arenitos e quartzitos, e apenas 8,7% do total estão inseridas nos graus de potencialidade “Baixo” e “Ocorrência Improvável”.

Palavras-chave: Patrimônio Espeleológico, litologia, potencialidade, ocorrência de caverna, CECAV.

MAP OF POTENTIALITY OF CAVE IN BRAZIL, IN SCALE 1:2,500,000

ABSTRACT

The Map of Potentiality of Caves in Brazil, in scale 1: 2,500,000, was generated by means of a new methodology, in that, by classifying lithology, five classes of degree of potentiality were generated: "Very High"; "High"; "Medium"; "Low"; and "Improbable". For the identification of these classes the following criteria were used: 1) location data of the main karst regions of Brazil; 2) geological map of Brazil, in scale 1: 2,500,000 from CPRM, 2003, with emphasis on "Lithology1", "Lithology2" and "Unit Name" in the shapefile attribute table; 3) georeferenced database of caves provided by CECAV in June 1, 2012; and 4) bibliographic review on the main lithological formations of the caves registered in CECAV's database. As a result, it was shown that

78.4% of the caves are located in areas with "Very High" and "High" degrees of potentiality, i.e., basically developed in carbonate rocks and iron formations. In addition, 12.8% of these caves are inserted into areas of "Medium" potentiality, encompassing, in particular, sandstone and quartzite. Only 8.7% of the total caves used were located in areas with degrees of "Low" and "Improbable" occurrence.

Keywords: Speleological Heritage, lithology, potentiality, occurrence of caves, CECAV

1. INTRODUÇÃO

Na década 80, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) deu início à elaboração de normas voltadas para a preservação do Patrimônio Espeleológico brasileiro e a partir de então, vários instrumentos reguladores foram instituídos. Antes, porém, a Lei nº 3.924/1961 já havia enquadrado as cavidades naturais subterrâneas, com existência de vestígios positivos de ocupação pelos paleoameríndios, como monumentos arqueológicos e pré-históricos, elevando-as à condição de espaços protegidos.

Em 1988, a proteção do Patrimônio Espeleológico foi inserida na Constituição Federal. O inciso X do art. 20 definiu as cavidades naturais subterrâneas como bens da União; o art. 216 como patrimônio cultural; e o art. 225 assegurou o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

A partir de 5 de junho de 1997, quando foi criado pela Portaria nº 57/1997 do IBAMA, o CECAV [atualmente, Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas, unidade descentralizada do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes] tem desenvolvido papel preponderante na produção de dados e informações voltados à conservação do Patrimônio Espeleológico brasileiro.

Com a reformulação de suas competências, em 2008, é incumbência do CECAV produzir, por meio da pesquisa científica, do ordenamento e da análise técnica de dados o conhecimento necessário à conservação do Patrimônio Espeleológico, bem como executar e auxiliar ações de manejo para a conservação dos ambientes cavernícolas e espécies associadas (Portaria nº 78/2009 do Instituto Chico Mendes).

Em 2009, analistas ambientais do CECAV elaboraram o “Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas – 1ª aproximação”, caracterizando as regiões brasileiras com maior probabilidade de ocorrência de cavernas, como forma de auxiliar a gestão ambiental e, principalmente, as análises de processos de licenciamento ambiental de empreendimentos potencialmente lesivos ao Patrimônio Espeleológico.

A atualização desse mapa e a metodologia utilizada foram publicadas por Jansen (2011). O resultado gerou cinco classes de graus de potencialidade de ocorrência de cavernas: *Muito Alto*, *Alto*, *Médio*, *Baixo* e *Ocorrência Improvável*, a partir da classificação litológica considerando a dimensão e a importância dos sistemas cársticos em rochas carbonáticas (carste tradicional) e não carbonáticas (carste não-tradicional). Para tanto, a autora utilizou as seguintes fontes: 1) revisão bibliográfica sobre as principais formações litológicas das cavernas registradas na base de dados do CECAV; 2) localização das províncias espeleológicas brasileiras; 3) Mapa Geológico do Brasil, na escala 1:2.500.000 (CPRM, 2003), com ênfase na “Litologia I” da tabela de atributos; 4) dados geoespacializados de cavernas, gerados a partir da integração de dados oriundos de bibliografia especializada, pesquisas e estudos ambientais; 5) Cadastro

Nacional de Cavernas, da Sociedade Brasileira de Espeleologia (CNC/SBE); e 6) inventário espeleológico brasileiro da Redespeleo Brasil (CODEX).

Assim, o objetivo do presente trabalho é apresentar a nova metodologia utilizada na elaboração do Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000, no sentido de orientar pesquisas técnico-científicas e colaborar com ações e políticas públicas voltadas para a conservação do Patrimônio Espeleológico brasileiro.

2. REFERENCIAL TEÓRICO E CONCEITUAL

Boa parte do território brasileiro é composta por terrenos propícios à formação de cavernas, o que confere ao país um valioso Patrimônio Espeleológico. Destaca-se que este tipo de patrimônio é considerado como sendo o “conjunto de elementos bióticos e abióticos, socioeconômicos e histórico-culturais, subterrâneos ou superficiais, representado pelas cavidades naturais subterrâneas ou a estas associadas” (Resolução CONAMA nº 347/2004).

Pelo parágrafo único, do art. 1º do Decreto nº 6.640/08, cavidade natural subterrânea é conceituada como:

[...] todo qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante.

“As cavernas são um bem da União de interesse público e sujeita a um forte regramento que decorre da preservação [*conservação*] do seu uso” (Ribas & Carvalho, 2009). Tais espaços compõem ecossistemas complexos, formados por rochas que, ao longo de milhares de anos, foram dissolvidas pela água naturalmente acidulada. Estes ambientes, denominados de carste, são caracterizados pela circulação de água em superfície e em subsuperfície, e contam com a presença de depressões fechadas (dolinas, lagoas etc.), drenagens subterrâneas, fauna e flora específicas. Convém destacar que todas as rochas são solúveis, entretanto, suas escalas de dissolução são muito variáveis e envolvem processos complexos que exigem cuidadosos estudos. Portanto, dentre as rochas solúveis encontram-se, em ordem aproximada de maior solubilidade: calcário, dolomito, mármore, arenito, quartzito, granito, formação ferrífera, entre outras (Cavalcanti et al., 2012; Travassos, 2011).

Até junho de 2012, a base de dados do CECAV contava com 10.476 registros de cavernas. Porém, conforme Piló e Auler (2011), apesar de o potencial espeleológico brasileiro situar-se na faixa de algumas centenas de milhares de cavernas, menos de 5% das cavidades naturais subterrâneas brasileiras são conhecidas. Dessa forma, esses autores defendem a adoção de um referencial para a construção de modelo do potencial espeleológico no país (baseado em dados estimados), a partir da relação entre o número de cavernas conhecidas nas principais litologias, com o provável potencial ainda não conhecido (Quadro 1).

Quadro 1- Estimativa (ordem de grandeza) do potencial espeleológico brasileiro em relação a cavernas conhecidas e litologia.

Litologia	Número de cavernas conhecidas	Provável potencial (cavernas ainda não conhecidas)	Porcentagem de cavernas conhecidas
Carbonatos	7.000	> 150.000	< 5%
Quartzitos	510 ^(*)	> 50.000	< 1%

Arenitos	510 ^(*)	> 50.000	< 1%
Minério de Ferro	2.000	> 10.000	< 20%
Outras litologias	200	> 50.000	< 0,5%

Fonte: Piló e Auler (2011, p. 9) modificada pelos autores.

(*) Valores aproximados, extraídos da base de dados do CECAV, de 01 de junho de 2012.

De maneira geral, o carste pode ser definido como um processo de interação entre rochas solúveis e diferentes tipos de água que resultam em feições características tanto em superfície quanto no subterrâneo (Andreychouk et al., 2009). Para esses autores, é possível a utilização dos termos “carste tradicional” e “carste não-tradicional” para diferenciar o carste em carbonatos (tradicional) daqueles desenvolvidos em outras litologias (não-tradicional). Vale ressaltar que “cavernas na formação ferrífera e sob a cobertura de canga representam aproximadamente 20% das cavernas oficialmente cadastradas no Brasil” (CECAV, 2012; Piló & Auler, 2009).

A primeira proposta de classificação do carste brasileiro foi elaborada por Karmann e Sánchez (1979), com base na distribuição de rochas carbonáticas, a partir de mapas geológicos em escalas variadas (150.000 até 1:1.000.000), trabalhos de geologia regional e da localização das cavernas existentes no Cadastro Nacional de Cavernas (CNC), da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE). Foi nesse trabalho que os termos *províncias* e *distritos* espeleológicos foram conceituados:

Designamos província espeleológica uma região, pertencente a uma mesma formação geológica, onde ocorrem grandes corpos de rochas carbonáticas suscetíveis às ações cársticas, ocasionando a presença de agrupamentos de cavernas. No interior de uma mesma província espeleológica, em setores de maior incidência local ou regional de cavernas, podem ser reconhecidos distritos de cavernas ou distritos espeleológicos, cuja existência documenta a descontinuidade dos processos cársticos ao longo da província geológica, designada província espeleológica para fins de estudos cársticos (Karmann & Sánchez, 1979, p. 106).

Essa classificação foi atualizada por Karmann e Sánchez (1986) e três novas províncias foram incluídas, sendo duas dessas areníticas (Serra Geral e Alto Urubu).

Atualmente, essa terminologia vem sendo utilizada para demonstrar agrupamentos de cavernas em litologias variadas, pois as províncias espeleológicas são consideradas regiões que pertencem ao mesmo Grupo ou Formação e os distritos espeleológicos são setores internos à província (Camargo & Spoladore, 2009), independentemente do tipo de rocha.

Uma nova delimitação, com a distribuição aproximada das zonas cársticas carbonáticas, foi elaborada por Auler, Rubbioli e Brandi (2001) com base no mapa geológico do Brasil de 1981, na escala 1:2.500.000. Os autores optaram por utilizar o termo Regiões Cársticas ao invés de províncias e distritos espeleológicos para representar 14 áreas carbonáticas, utilizando critérios relacionados à escala do mapa adotado e ao grau de detalhamento, observando-se que:

Nesta escala não há como representar pequenos corpos carbonáticos. Dentro de determinado grupo, é comum existirem formações carbonáticas conjuntas a outras formações compostas por rochas desfavoráveis a cavernas. Mas o grau de detalhamento do mapa geológico não é suficiente para distinguir as formações e, portanto o grupo é representado como uma única unidade (Auler, Rubbioli & Brandi, 2001, p. 28).

Em 2009, foi publicado o Mapa das Regiões Cársticas do Brasil (CECAV, 2009), refinando e ampliando a delimitação de Auler, Rubbioli & Brandi (2001), a partir dos dados constantes do Mapa Geológico do Brasil, na escala 1:2.500.000 (CPRM, 2003), da litoestratigrafia do Geobank (CPRM, 2007) e da base de dados do CECAV que contava, à época, com aproximadamente 6.000 cavidades naturais subterrâneas registradas. O mapa apresenta 19 regiões cársticas, das quais cinco são de formações não carbonáticas: 1) Região Cárstica do Quadrilátero Ferrífero, 2) Formação Carajás, 3) Formação Salinas, 4) Grupo Xambioá, e 5) Grupo Paranoá.

Dentre as 19 Regiões Cársticas mencionadas encontram-se os consagrados sítios espeleológicos publicados pela Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos - SIGEP. São exemplos de sítios desenvolvidos tanto em carste carbonático quanto em carste não carbonático:

- a) Carste de Lagoa Santa, *berço da paleontologia e da espeleologia brasileira* (SIGEP 15), importante sítio espeleológico localizado no centro-sul de Minas Gerais. De acordo com Berbert-Born (2002), possui um denso conjunto de feições desenvolvidas em calcarenitos puros da Formação Sete Lagoas (Grupo Bambuí),

as quais estão cobertas, em sua maior parte, por formações pedológicas significativas. O relevo superficial (exocarste) evoluiu a partir da configuração primordial de redes hídricas subterrâneas (endocarste) e de uma dinâmica intensa na interface rocha-solo (epicarste), cuja integração favoreceu o aparecimento de múltiplos pontos de captura de águas superficiais segundo bacias primárias e secundárias – dolinas e uvalas (Berbert-Born, 2002, p. 415).

- b) Vale do Rio Peruaçu, *obra prima do carste brasileiro* (SIGEP 17), é um relevante sítio espeleológico e geomorfológico que se encontra localizado no norte de Minas Gerais. As cavernas se encontram no Planalto Cárstico do São Francisco, onde ocorrem sequências supracrustais carbonatadas (dolomitos e calcários) pertencentes ao Grupo Bambuí. Possuem condutos com mais de 100 metros de altura e largura, como a Gruta do Janelão, e grandes claraboias, originárias de abatimentos sucessivos que permitem a entrada de luz. O ambiente cárstico é representado por vales cegos, escarpamentos na forma de *canyons*, torres calcárias, depressões fechadas (dolinas e uvalas) e diversas microformas (*karren*) esculpidas sobre a rocha altamente solúvel (Pilé & Rubbioli, 2002).
- c) Gruta do Centenário (Serra do Caraça), *a maior e mais profunda caverna quartzítica do mundo* (SIGEP 20), é um importante sítio espeleológico que se encontra localizado no Quadrilátero Ferrífero (Pico do Inficionado), centro de Minas Gerais. Seus condutos formam uma rede labiríntica quadrática que atinge 481 metros de desnível e cerca de 3.790 metros de projeção horizontal. “Nesta litologia e altitude adversa desenvolvem-se grandes abismos e cavidades, caracterizando o Pico do Inficionado como uma das mais notáveis feições espeleológicas já observadas” (Dutra et al., 2002, p.432).
- d) Toca da Boa Vista, *a maior caverna do Hemisfério Sul* (SIGEP 19), é um dos mais importantes sítios espeleológicos e paleontológicos brasileiros. Localiza-se no município de Campo Formoso, norte da Bahia e juntamente com as cavernas vizinhas – Toca da Barriguda, Toca do Calor de Cima, Toca do Pitu e Toca do Morrinho – compreende “um conjunto de relevância geológica mundial”. As cavernas se desenvolvem em rochas carbonáticas da Formação Salitre (Grupo Una).

“Os processos que geraram essas cavernas estão provavelmente relacionados à dissolução por ácido sulfúrico, e são relativamente pouco comuns, resultando em uma morfologia atípica” (Auler & Smart, 2002, p.444).

- e) Lapa dos Brejões - Vereda Romão Gramacho, *gigantesca caverna e vale cárstico com rico depósito de fósseis do Quaternário* (SIGEP 16), situada na porção norte da Chapada Diamantina. É desenvolvida em calcários neoproterozóicos da Formação Salitre (Grupo Una) ao longo da calha do rio Jacaré. Essa caverna se destaca pela grande amplitude de suas galerias, dimensões de seus espeleotemas, volume de suas dolinas de abatimento e pelo vistoso portal de 106 metros de altura. Tem importância científica, histórica e cultural, sendo reconhecida popularmente por causa dos cultos religiosos que atraem milhares de pessoas (Berbert-Born & Karmann, 2002).
- f) Grutas de Iraquara, *um dos principais sítios espeleológicos do Brasil* (SIGEP 18). As cavernas existentes nos municípios de Iraquara, Seabra e Palmeiras são esculpidas em rochas carbonáticas neoproterozóicas da Formação Salitre (Grupo Una). Estão localizadas na porção centro-norte da Chapada Diamantina, região central da Bahia, no extremo sul da Bacia de Irecê. Guardam incontestável beleza cênica e “conservam um conjunto patrimonial-científico de relevância multidisciplinar, devido aos seus registros de importância geológica, geomorfológica, paleontológica, arqueológica e biológica” (Laureano & Cruz Jr., 2002, p.462).
- g) Poço Encantado, *caverna com lago subterrâneo de rara beleza e importância científica* (SIGEP 91). Localizada no município de Itaetê, no fundo de uma dolina, é desenvolvida em dolomitos da Formação Salitre (Grupo Una). Possui grande relevância científica ao ilustrar “um dos padrões morfológicos típicos de cavernas da região: salões de abatimento em fundos de depressões que levam ao nível d’água” (Karmann, Pereira & Mendes, 2002, p. 491). Também serve de abrigo para um novo bagre heptapterídeo troglóbio (*Rhamdiopsis krugi*), endêmico da Chapada Diamantina (Bockmann & Castro, 2010; Karmann, Pereira & Mendes, 2002).
- h) Caverna Aroê-Jarí, *raro exemplo de caverna em arenito* (SIGEP 30). Localizada na Chapada dos Guimarães, norte do Mato Grosso – e uma das maiores cavernas em arenito do Brasil –, é desenvolvida nas formações Alto Garças e Vila Maria (Grupo Rio Ivaí), na borda noroeste da bacia do Paraná. Com galerias amplas, tem importância tanto pelas dimensões quanto pelos aspectos geomorfológicos e paleontológicos (riqueza icnofossilífera). O conjunto é integrado por duas outras grutas, a Lagoa Azul e a Kiogo-Brado (Borghi & Moreira, 2002). “Além de diversas formas de dissolução terem sido encontradas em seu interior, formas cársticas de superfície, como dolinas, *hums* e *kamenitzas*, podem ser identificadas em diversos pontos na área próxima a esta” (Hardt & Pinto, 2009, p. 104).
- i) Carste e cavernas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), *sistemas de cavernas com paisagens subterrâneas únicas* (SIGEP 43), é um significativo sítio espeleológico localizado ao sul do Estado de São Paulo. Seus terrenos cársticos estão inseridos na faixa de transição entre o Planalto Atlântico e a Baixada Costeira, destaca-se “pelos altos gradientes hidráulicos, recarga alogênica significativa e entalhamentos subterrâneos, com cânions vadosos de até 60 metros”, onde é comum a incidência de abismos e enormes salões de abatimento. As rochas carbonáticas do Parque pertencem ao Subgrupo Lajeado e os sistemas de cavernas

abrigam paisagens subterrâneas únicas e sítios paleontológicos do Quaternário (Karmann & Ferrari, 2002).

- j) Furna do Buraco do Padre, *feições de erosão subterrânea em arenitos devonianos da Bacia do Paraná* (SIGEP 110). Desenvolvida em arenitos da Formação Furnas (Devoniano da Bacia do Paraná) aflorantes na região dos Campos Gerais, centro-leste do Estado do Paraná, no município de Ponta Grossa. Nas adjacências dessa furna encontra-se um conjunto de feições bastante ilustrativo das cavidades subterrâneas encontradas nos arenitos da Formação Furnas (outra furna menor, túneis, fendas e escarpas associados às falhas e fraturas). “As pinturas rupestres são encontradas nos paredões rochosos da escarpa acima do Buraco do Padre, e em alguns abrigos naturais próximos, principalmente no local denominado Sumidouro do Rio Quebra-Perna, cerca de 2 km a jusante do Buraco do Padre” (Melo, Lopes & Boska, 2009, p.53).
- k) Gruta do Lago Azul, *onde a luz do sol se torna azul* (SIGEP 107). Essa caverna se desenvolve em dolomitos da Formação Bocaina (Grupo Corumbá), estando localizada na Serra da Bodoquena, no município de Bonito, centro-sul do Estado de Mato Grosso do Sul. “No piso do lago foram encontradas concentrações de fósseis de mamíferos pleistocênicos. A gruta apresenta espeleotemas de nesquehonita na forma de coralóides e crostas frágeis de rara beleza”. É um importante atrativo natural com 50 metros de profundidade (Boggiani et al. 2009, p. 57).

Além desses sítios espeleológicos, é igualmente importante destacar: 1) a região da Serra dos Carajás, no sudoeste do Pará, pela alta concentração de cavernas formadas, em sua maioria, pelos litotipos formação ferrífera bandada e canga detrítica, e que apresentam 20 a 30m de projeção horizontal (Pilé & Auler, 2009); 2) a Toca do Lobo, em Lagoa da Prata/MG, formada em pelito acima da camada de calcário, com seus condutos excepcionalmente retilíneos e angulosos (Zenha & Maciel, 2003); e a Gruta dos Ecos, no município de Cocalzinho/GO, “maior caverna do mundo em litologia Micaxisto/Calcário, possui o segundo maior lago subterrâneo da América do Sul com 340m de comprimento, e contém singulares espeleotemas na estreita camada carbonática como flores de gipsita, coraloides, entre outros” (CECAV, 2007, p. 7). Também no Pará, na região de Rurópolis, as cavernas em arenito do Grupo Urupadi, Formação Maecuru, Membro Lontra (D2ml) merecem destaque devido a importantes registros de arte rupestre. Em um caso específico, na caverna das Mãos, é possível identificar pinturas rupestres em zona afótica (Travassos, Rodrigues & Motta, 2012).

3. METODOLOGIA UTILIZADA

A primeira fase da metodologia teve início com o objetivo de gerar uma classificação litológica que pudesse estabelecer o grau de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil, mantendo-se as cinco classes de grau de potencialidade de ocorrência de cavernas estabelecidas por Jansen (2011): 1) Muito Alta; 2) Alta; 3) Média; 4) Baixa; e 5) Ocorrência Improvável. Para tanto, foram utilizados:

- Dados bibliográficos sobre as principais formações litológicas das cavidades disponibilizadas na base de dados do CECAV, em 01 de junho de 2012;
- Dados digitais (em formato *shapefile*) do Mapa das Regiões Cársticas do Brasil, elaborado pelo CECAV, em 2009;
- Dados digitais (em formato *shapefile*) do Mapa Geológico do Brasil, na escala de 1:2.500.000, elaborado, em 2003, pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos

- Minerais – Serviço Geológico do Brasil), com ênfase nos campos “Litologia1”, “Litologia2” e “Nome da Unidade”, da tabela de atributos); e
- d) Dados geoespacializados de 10.257 cavidades¹ (das 10.476 disponibilizadas pelo CECAV em 01/06/2012)², originados da integração de dados oriundos de bibliografia especializada, pesquisas e estudos ambientais, Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC), da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE); e Inventário Espeleológico Brasileiro (Codex), da Redespeleo Brasil.

Nesta fase (preliminar), para cada uma das classes foram agrupados os tipos de rochas, conforme figura 2, ponderando seus aspectos e respeitando a frequência de ocorrência de cavidades, observando-se, ainda, as seguintes informações da tabela de atributos do Mapa Geológico do Brasil (CPRM, 2003):

- a) Para a ocorrência de até 04 tipos distintos de litotipos foi considerado somente o campo “Litotipo1”, respeitando uma porcentagem mínima para cada litologia; e
- b) O campo “Litotipo2” foi considerado em conjunto com o “Litotipo1” na ocorrência de mais de 04 tipos diferentes de litotipos, respeitando uma porcentagem mínima para cada litologia.

Na fase seguinte (ajustes) foram feitas algumas adequações utilizando os campos “Nome_Unida”, “Sigla_Unida” e “Provincia”, da tabela de atributos do Mapa Geológico do Brasil (CPRM, 2003), tendo em vista: a alta concentração das cavidades em áreas limítrofes aos polígonos das regiões cársticas altamente reconhecidas, e a escala de trabalho (1:2.500.000) inadequada para essas áreas em questão.

LITOTIPO	GRAU DE POTENCIALIDADE
Calcário, Dolomito, Evaporito, Formação ferrífera bandada, Itabirito e Jaspilito.	MUITO ALTO
Calcrete, Carbonatito, Mármore, Metacalcário e Marga.	ALTO
Arenito, Conglomerado, Filito, Folhelho, Fosforito, Grauvaca, Metaconglomerado, Metapelito, Metassiltito, Micaxisto, Milonito, Quartzito, Pelito, Riolito, Ritmito, Rocha calci-silicática, Siltito e Xisto.	MÉDIO
Demais litotipos (Anortosito, Arcóseo, Augengnaisse, Basalto, Charnockito, Diabasio, Diamictito, Enderbitto, Gabro, Gnaisse, Granito, Granitóide, Granodiorito, Hornfels, Kinzigito, Komatito, Laterita, Metachert, Migmatito, Monzogranito, Oliva gabro, Ortoanfíbolito, Sienito, Sienogranito, Tonalito, Trondhjemito, entre outros).	BAIXO
Aluvião, Areia, Argila, Cascalho, Lamito, Linhito, Demais sedimentos, Turfa e Tufo.	OCORRÊNCIA IMPROVÁVEL

Figura 2- Grau de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil de acordo com a litologia.

¹ A Base de dados de cavernas do Brasil, mantida pelo CECAV, é atualizada mensalmente e se encontra disponível para download em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html>>.

² Um total de 219 cavidades encontra-se localizado fora dos polígonos do Mapa Geológico do Brasil, adotado como base para a delimitação das classes.

Elaboração: Débora Campos Jansen

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela classificação litológica resultante dessa metodologia, observou-se que 78,4% das cavidades naturais subterrâneas amostradas encontram-se localizadas em áreas com grau de potencialidade de ocorrência de cavernas *Muito Alto* e *Alto* (Figura 3), confirmando as teses de que a maioria das 10.476 cavernas brasileiras cadastradas na base de dados do CECAV, até 01 de junho de 2012, desenvolve-se basicamente em rochas carbonáticas e em formações ferríferas.

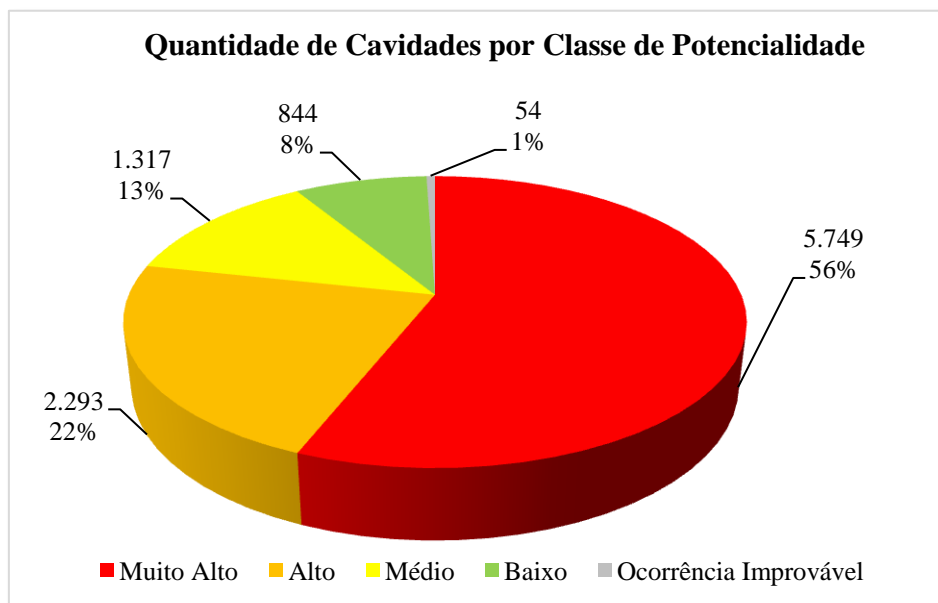


Figura 3- Distribuição das cavidades naturais subterrâneas no Brasil por grau potencialidade de ocorrência.

Elaboração: Lindalva F. Cavalcanti

Por outro lado, 12,8% das cavidades estão inseridas em áreas com grau de potencialidade *Médio* representando, em especial, os arenitos e quartzitos, que possuem vários registros de ocorrência no território brasileiro. As demais classes do grau de potencialidade de ocorrência de cavernas, *Baixo* e *Ocorrência Improvável*, somam apenas 8,7% do total de cavidades amostradas.

Dentre esses resultados, incluem-se as áreas em que a classificação litológica foi ajustada, devido ao grau de detalhamento da escala de trabalho (1:2.500.000) ser inadequado para caracterizá-las. São elas:

- a) Subgrupo Paraopeba, com ocorrência de rochas carbonáticas, foi classificado em “Muito Alto” de forma ampla e preventiva, uma vez que possui um enorme polígono sem a subdivisão das Formações Serra da Saudade (siltito e argilito verdes), Lagoa do Jacaré (calcário, siltito, marga), Serra de Santa Helena (folhelho, siltito, marga) e Sete Lagoas (calcário, dolomito, metapelito); e
- b) Província Amazônia: das Formações Águas Claras e Parauapebas e o Membro Lontra; Província Tocantins: das Formações Morro do Campo e Raizama e os Grupos Paranoá – unidade rítmica pelito-carbonatada e Vazante – Unid. B; e Província São Francisco do Sul: da Formação Serra de Santa Helena, os Grupos

Caraça, Itacolomi, Macaúbas – Indiviso e Paranoá – unidade rítmica pelito-carbonatada, por se tratarem de áreas limítrofes de regiões cársticas consagradas e com alta concentração de cavidades.

Finalmente, na Figura 4 é apresentado o Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas do Brasil, na escala 1:2.500.000.

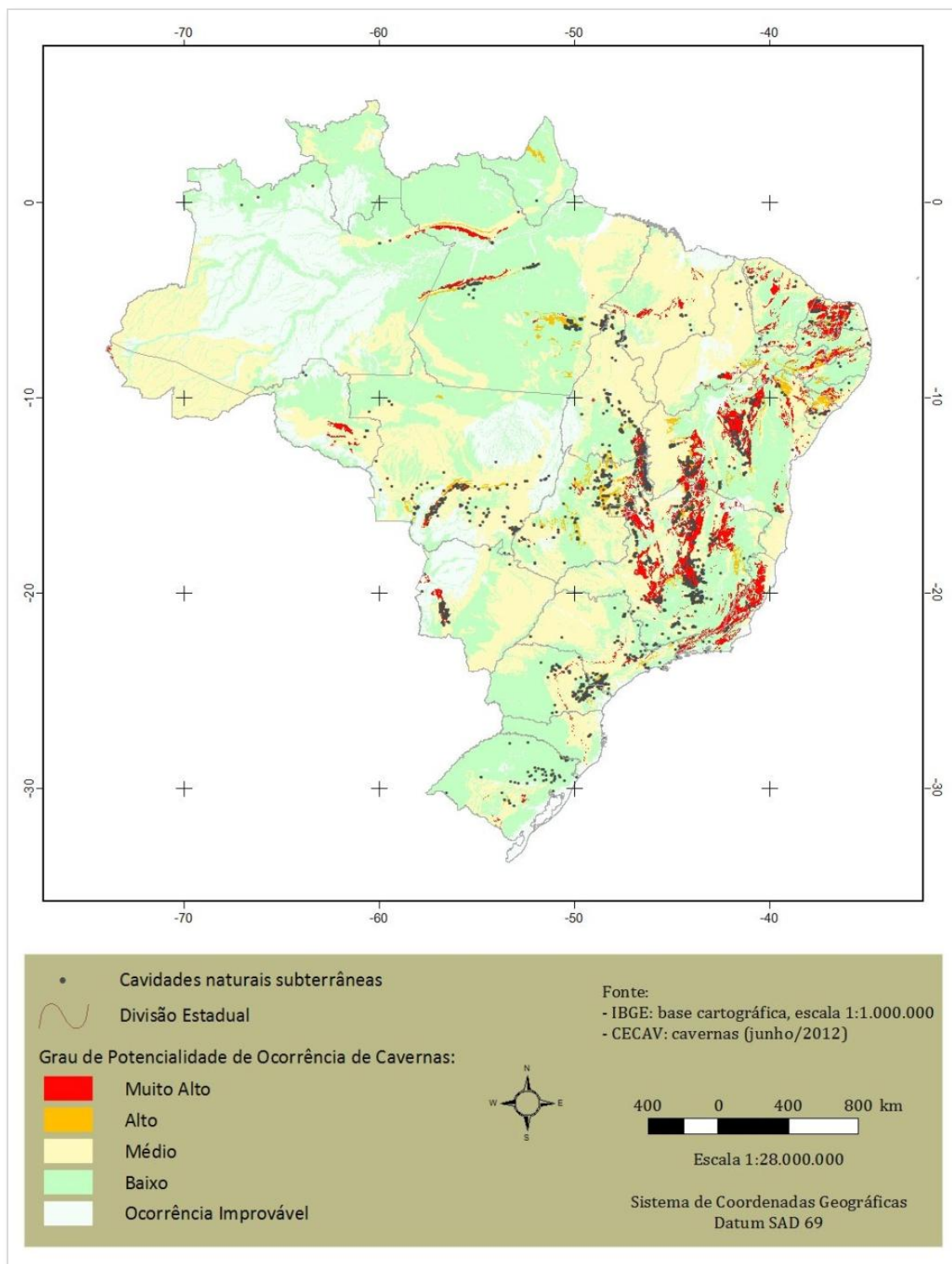


Figura 4 – Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000.
Elaboração: Lindalva F. Cavalcanti

5. CONCLUSÕES

A necessidade evidente de dados geoespacializados que pudessem aprimorar a gestão do Patrimônio Espeleológico e, principalmente, auxiliar a análise de processos de licenciamento ambiental de atividades lesivas aos ambientes cársticos, fez com que analistas do CECAV iniciassem em 2009, o desenvolvimento de metodologia para mapear áreas do território brasileiro favoráveis à ocorrência de cavernas, a partir do mapa geológico do Brasil, na escala 1:2.500.000, elaborado pela CPRM, em 2003. A partir de então, até 2011, foram publicadas quatro atualizações do Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas.

Considerando que o grau de detalhe da escala de trabalho desfavorece a distinção de diferentes formações litológicas, procurou-se nesse trabalho desenvolver metodologia que pudesse aperfeiçoar o mapeamento anteriormente realizado e finalizar essa série de mapas, na escala 1:2.500.000.

Assim, com base na metodologia apresentada, o Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas do Brasil, na escala 1:2.500.000, constitui-se em importante ferramenta tanto para orientar pesquisas técnico-científicas quanto para auxiliar os órgãos licenciadores, bem como a gestão e políticas públicas voltadas à conservação da geodiversidade, especialmente do Patrimônio Espeleológico nacional.

Considerando o aumento na produção do conhecimento do Patrimônio Espeleológico e dos ambientes cársticos provenientes de dados de prospecção e estudos espeleológicos ligados a processos de licenciamento ambiental e de novas pesquisas de universidades e grupos de Espeleologia, bem como o desenvolvimento tecnológico de instrumentos ligados ao geoprocessamento, entendemos ser necessária a adaptação da metodologia utilizada, em escala mais detalhada, de forma a contemplar as diferentes litologias que compõem determinada Região Cárstica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos técnicos do CECAV, Ana Lúcia Galvão, André Ribeiro, Cristiano Ferreira, Darcy dos Santos, Jocy Cruz, José Carlos Reino, Júlio da Costa Neto, Maristela de Lima, Mauro Gomes, bem como à geóloga Mylène Berbert-Born, do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), pelo apoio e experiências compartilhadas.

REFERÊNCIAS

- ANDREYCHOUK, V.; DUBLYANSKY, Y; EZHOV, Y; LYSENIN, G. *Karst in the earth's crust: its distribution and principal types*. Poland: University of Silesia/Ukrainian Academy of Sciences/Tavrishesky National University-Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, 2009. 72 p. Disponível em: <http://www.speleogenesis.info/directory/karstbase/pdf/seka_pdf9395.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2012.
- AULER, A. S.; SMART, P. L. 2002. Toca da Boa Vista, (Campo Formoso), BA - a maior caverna do hemisfério sul. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Edits.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. v. 1, p. 443-452. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/sitio019/sitio019.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2012.

AULER, A.; RUBBIOLI, E. L.; BRANDI, R. *As Grandes Cavernas do Brasil*. Belo Horizonte: Rona Editora, v. 1, 230 p., 2001.

BERBERT-BORN, M. 2002. Carste de Lagoa Santa - berço da paleontologia e da espeleologia brasileira. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Edits.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. v. 1, p. 415-430. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/sitio015/sitio015.htm>>. Acesso em: 14 abr. 2012.

BERBERT-BORN, M.; KARMANN, I. 2002. Lapa dos Brejões – Vereda Romão Gramacho, Chapada Diamantina, BA - gigantesca caverna e vale cárstico com rico depósito de fósseis do Quaternário. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Edits.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. v. 1, p. 469-479. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/sitio016/sitio016.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2012.

BOCKMANN, F. A.; CASTRO, R. M. C. The blind catfish from the caves of Chapada Diamantina, Bahia, Brazil (Siluriformes: Heptapteridae): description, anatomy, phylogenetic relationships, natural history, and biogeography. *Neotropical Ichthyology*, v. 8, n. 4, p. 673-706, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ni/v8n4/01.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2012.

BOGGIANI, P. C.; SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I.; GESICKI, A. L. D.; PHILADELPHI, N. M.; PHILADELPHI, M. Gruta do Lago Azul, Bonito, MS - onde a luz do sol se torna azul. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S.; QUEIROZ, E. T.; BERBERT-BORN, M.; CAMPOS, D. A. (Edits.). 2009. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: CPRM, 2009. v. 2, p. 57-68. Disponível em: http://sigep.cprm.gov.br/sitio107/sitio107_impreso.pdf. Acesso em: 13 jun. 2012.

BORGHI, L.; MOREIRA, M. I. C. 2002. Caverna Aroe Jarí, Chapada dos Guimarães, MT: Raro exemplo de caverna em arenito. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Edits.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. v. 1, p. 481-489. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/sitio030/sitio030.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2012.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República do Brasil*. Brasília, DF: Senado, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 30 mar. 2012.

BRASIL. Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008. Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. *Diário Oficial da União*. Poder Executivo, Brasília, DF, 10 nov. 2008. Seção 1, p. 8-9. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm>. Acesso em: 10 nov. 2008.

BRASIL. Lei nº 3.924, de 26 de julho de 1961. Dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos. Diário Oficial da União. Poder Executivo, Brasília, DF, 27 jul. 1961. Seção 1, p. 6793. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/1950-1969/L3924.htm>. Acesso em: 12 abr. 2012.

CAMARGO, K. C.; SPOLADORE, A. Considerações geológicas e geomorfológicas sobre a distribuição de cavernas carbonáticas no primeiro planalto paranaense. In: Congresso Brasileiro de Espeleologia, 30., 2009, Montes Claros. *Anais...* São Paulo:SBE, 2009. p. 11-17. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais30cbe/30cbe_011-017.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2012.

CAVALCANTI, F. C.; LIMA, M. F.; MEDEIROS, R. C. S; MEGUERDITCHIAN, I. Plano de Ação Nacional para a Conservação do Patrimônio Espeleológico nas Áreas Cársticas da Bacia do Rio São Francisco. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes, 2012. 140 p. (Série Espécies Ameaçadas, 27). Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/pan-cavernas/livro_cavernas.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2012.

CECAV - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. *Base de Dados*. 2012. Disponível em <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html>>. Acesso em: 1 jun. 2012.

CECAV - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. *Regiões Cársticas do Brasil*. 2009. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas/provincias-espeleologicas.html>>. Acesso em: 12 jun. 2012.

CECAV - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. *Relatório sobre a atualização de dados socioeconômicos da Gruta dos Ecos (Cocalzinho de Goiás), para subsidiar o Plano de Manejo Espeleológico (PME) elaborado*. IBAMA. [Produto 02 do TOR 197.727 – PNUD, Projeto BRA/00/009, consultor Júlio César F. Linhares]. Brasília, 2007. 34p.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil. *GEOBANK*. Disponível em: <<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 24 set. 2007.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil. *Mapa Geológico do Brasil*, Brasília: CPRM, 2003. Escala 1:2.500.000. CD-ROM.

DUTRA, G. M.; RUBBIOLI, E. L.; HORTA, L. S. 2002. Gruta do Centenário, Pico do Inficionado (Serra da Caraça), MG - a maior e mais profunda caverna quartzítica do mundo. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. L. C. (Edits.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. v. 1, p. 431-441. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/sitio020/sitio020.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2012.

HARDT, R.; PINTO, S. A. F. Carste em litologias não carbonáticas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 10, n. 2, p. 99-105, 2009. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/134/128>>. Acesso em: 14 jun. 2012.

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Portaria nº 57, de 5 de junho de 1997. Institui o Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas - CECAV, que passa a ter a constituição e o funcionamento constantes do anexo a esta Portaria. *Diário Oficial da União*. Poder Executivo, Brasília, DF, 6 jun. 1997. Seção 1, p. 11759.

INSTITUTO CHICO MENDES - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Portaria nº 78, de 3 de setembro de 2009. Cria os Centros Nacionais de Pesquisa e Conservação. *Diário Oficial da União*. Poder Executivo, Brasília, DF, 4 set. 2009. Seção 1, p. 235-236.

JANSEN, D.C. *Mapa Brasileiro de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas*. Encontro Nacional da Associação de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, 9., Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 8 a 12 de outubro de 2009, 6p. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas/potencialidade-de-ocorrencia-de-cavernas.html>>. Acesso em: 12 jun. 2012.

KARMANN, I.; FERRARI, J.A. 2002. Carste e Cavernas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP - sistemas de cavernas com paisagens subterrâneas únicas. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. L. C. (Edits.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. v. 1, p. 401-413. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/sitio043/sitio043.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2012.

KARMANN, I.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, L. F. 2002. Caverna do Poço Encantado, Chapada Diamantina (Itaetê), BA - caverna com lago subterrâneo de rara beleza e importância científica. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. L. C. (Edits.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. v. 1, p. 491-498. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/sitio091/sitio091.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2012.

KARMANN, I.; SÁNCHEZ, L. E. Speleological Provinces in Brazil. International Congress of Speleology. *Anais...* Barcelona: UIS. 1986. v.1, p. 151-153.

KARMANN, I.; SÁNCHEZ, L. E. Distribuição das Rochas Carbonáticas e Províncias Espeleológicas do Brasil. *Espeleotema*, Monte Sião, 1979, v. 13, p. 105-167.

LAUREANO, F. V.; CRUZ Jr, F. W. 2002. Grutas de Iraquara (Iraquara, Seabra e Palmeiras), BA - um dos principais sítios espeleológicos do Brasil. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Edits.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. v. 1, p. 461-468. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/sitio018/sitio018.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2012.

LEONARDO BORGHI, L.; MOREIRA, M. I. C. 2002. Caverna Aroe Jari, Chapada dos Guimarães, MT - raro exemplo de caverna em arenito. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Edits.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão

Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. v. 1, p. 481-489. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/sitio030/sitio030.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2012.

MELO, M. S.; LOPES, M. C.; BOSKA, M. A. Furna do Buraco do Padre, Formação Furnas, PR. 2009. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S.; QUEIROZ, E. T.; BERBERT-BORN, M.; CAMPOS, D. A. (Edits.). 2009. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília: CPRM, 2009. v. 2, p. 47-54. Disponível em <http://sigep.cprm.gov.br/sitio110/sitio110_impreso.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2012.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 2, de 20 de agosto de 2009. Estabelece metodologia para classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas. *Diário Oficial da União*. Poder Executivo, Brasília, DF, 21 ago. 2009. Seção 1, p. 68-71. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/IN%2002_MMA_criterios_210809.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2012.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 347, de 10 de setembro de 2004. Institui o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas - CANIE, e estabelece, para fins de proteção ambiental das cavidades naturais subterrâneas, os procedimentos de uso e exploração do patrimônio espeleológico nacional. *Diário Oficial da União*. Poder Executivo, Brasília, DF, 13 set. 2004. Seção 1, p. 54-55. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=452>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

PILÓ, L. B.; AULER, A. S. Geoespeleologia das cavernas em rochas ferríferas da região de Carajás, PA. In: Congresso Brasileiro de Espeleologia, 30, 2009, Montes Claros. *Anais...* São Paulo: SBE, 2009. p. 181-186.

PILÓ, L. B.; AULER, A. S. Introdução à Espeleologia. In: *Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental*. Belo Horizonte: Instituto Terra Brasilis, 2011. Cap. 1, p. 7-23. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/nucleo-de-informacoes-espeleologicas/publicacoes/curso-de-espeleologia-e-licenciamento-ambiental.html>>. Acesso em: 12 jun. 2012.

PILÓ, L. B.; RUBBIOLI, E. L. 2002. Cavernas do Vale do Rio Peruaçu (Januária e Itacarambi), MG - Obra-prima de carste brasileiro. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. L. C. (Edits.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 2002. v. 1, p. 453-460. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/sitio017/sitio017.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2012.

RIBAS, L. M. L. R.; CARVALHO, L. C. de. Cavidade natural subterrânea: natureza jurídica. *Interações (Campo Grande)* [online]. 2009, v.10, n.1, p. 83-93. ISSN 1518-7012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/inter/v10n1/09.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

TRAVASSOS, L. E. P.; RODRIGUES, B. D.; MOTTA, A. R. S. *Representações rupestres em cavernas areníticas de Rurópolis, Pará: uma primeira aproximação*, 2012 (inédito).

TRAVASSOS, L. E. P. *Carstologia*. Belo Horizonte: PUC Minas, 2011. Notas de aula. Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial.

ZENHA, E.; MACIEL, L. Toca do Lobo – uma surpreendente cavidade em metapelito. 2003. In: Congresso Brasileiro de Espeleologia, 27., 2003, Montes Claros. *Anais...* São Paulo:SBE, 2003. p. 200-206.