

O uso do geoprocessamento como ferramenta de apoio ao cadastramento e caracterização geoambiental de cavernas pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV

Ana Lucia Costa de Oliveira-Galvão

Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
SAIN - Av. L4 Norte, Ed. Sede do IBAMA 70818-900 - Brasília - DF, Brasil
ana.galvao@icmbio.gov.br

Abstract.

The CECAV - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade's decentralized unit, is a centre specialized in caving issues that, besides of making scientific research and management actions for conservation of cave environments and associated species, performs the National Heritage Conservation Speleological Program. The CECAV maintains a geospatial distribution database of caves, with the purpose of storing, spatially distributing, classifying, promoting and widely disseminating at the <www.icmbio.gov.br/cecav> site, the location of underground natural cavities in Brazil. The database updating is permanent and the data supply is done primarily from surveys related to environmental licensing, other databases and various technical or scientific works. The data, which mostly depend on field validation, are indicators of the cavities areas, assisting in the recognition of caves occurrence and distribution patterns, and guiding actions aimed to the conservation and preservation of caves and karst. These data utilization help on the achievement of several analysis and integrated assessments, especially the ones related to several thematic mappings, the distribution of natural underground cavities by State, biome, watershed, geologic province, dominant lithology, among others. The data also reveal the insertion level of caves and karst in the System of Protected Areas - SNUC.

Palavras-chave:

GIS, speleology, caving, mapping, conservation.

1. Introdução

As cavidades naturais subterrâneas constituem bens da União e compõem o patrimônio espeleológico nacional (Conama, 2004) e, em atendimento aos princípios firmados pela Política Nacional do Meio Ambiente - Lei 6.938 de 31/08/1981 e pela lei do SNUC – 9.985 de 18/7/2000, são legalmente protegidas segundo Decreto 99.556 de 01/10/1990, alterado pelo Decreto 6.640 de 7/11/2008.

Associadas a relevantes aspectos socioculturais, pois reservam ou revelam informações históricas ou pré-históricas de povos ou sociedades ou são utilizadas em atividades esportivas, religiosas ou de lazer. As cavidades naturais subterrâneas, ou cavernas, têm grande participação na dinâmica hídrica local, microrregional e regional, com destaque ao controle da quantidade, qualidade e sazonalidade do fluxo dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos. Exercem papel fundamental na sustentação de alguns elementos bióticos, com destaque a diversas espécies troglóxicas, troglóbias e troglófilas de vertebrados e invertebrados; e promovem a preservação de testemunhos paleontológicos e paleoclimáticos.

Ainda que constituam ecossistemas de considerável fragilidade e grande importância ambiental, as cavidades naturais subterrâneas costumam apresentar intensa relação com áreas fortemente vocacionadas à exploração econômica, com destaque às associações com áreas de ocorrência de recursos minerais de grande apelo comercial e diretamente vinculados ao desenvolvimento social e econômico de diversas nações.

Além da histórica relação existente entre a ocorrência de cavernas e as áreas de extração de calcário, no território brasileiro elas também apresentam grande correspondência com as regiões de interesse à exploração ferrífera; agravando os conflitos existentes entre as perspectivas de preservação/conservação das cavernas e as pressões econômicas à exploração

de seus recursos. Portanto, grande esforço tem sido empregado no sentido da alteração do marco legal relativo ao tema; resultando em maiores possibilidades de exploração e viabilizando, inclusive, a supressão de cavidades. Alterações que implicam na necessidade premente do reconhecimento mais amplo, sistemático e consistente da real dimensão e das efetivas condições que envolvem o extenso Patrimônio Espeleológico Brasileiro.

O CECAV – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas, do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, sucessor do antigo CECAV – Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas do Ibama, congrega a missão de realizar pesquisa científica e ações de manejo para conservação dos ambientes cavernícolas e espécies associadas. Como Centro Especializado em assuntos espeleológicos é o principal executor, do Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico (MMA, 2009b), representante do Instituto Chico Mendes na gestão do Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas – CANIE (Conama, 2004) e nas ações voltadas ao monitoramento e ao aperfeiçoamento dos instrumentos relacionados ao controle e uso das cavidades naturais subterrâneas (MMA, 2009a).

No cumprimento de suas atribuições, o CECAV se utiliza de técnicas de geoprocessamento para coletar, sistematizar, geoespacializar, armazenar e processar os dados referentes à localização das cavidades já prospectadas no Brasil, mantendo uma base de dados geoespacializados – Base de Dados CECAV que subsidia o reconhecimento do patrimônio espeleológico nacional.

2. Metodologia de Trabalho

O geoprocessamento foi inserido no CECAV, em 2005, com: a sistematização do levantamento dos dados de localização de cavidades citados em relatórios e estudos técnicos, acadêmicos e científicos e/ou registrados em cadastros temáticos de organizações como a Sociedade Brasileira de Espeleologia (Cadastro Nacional de Cavernas - CNC) ou a Redespeleo Brasil (Cadastro Nacional de Cavernas - CODEX); a coleta de dados de campo, segundo métodos e técnicas pré-estabelecidos; e o processamento, a análise, o armazenamento, a seleção e a divulgação de dados geoespacializados.

Os métodos adotados determinam que os dados referentes à localização das cavidades sejam obtidos com equipamento de GPS, em coordenadas geográficas, graus decimais, datum WGS 84 e a partir da captura de sinais advindos de um mínimo de quatro unidades bem distribuídas na constelação dos satélites, na entrada principal da cavidade ou base topográfica zero, centro da primeira poligonal feita pelas paredes, piso e teto da entrada da caverna. Nos casos de inviabilidade de coleta na base zero da cavidade, deve ser utilizado um sistema de amarração com um ponto âncora, local que permita a coleta de dados pelo GPS e a topografia de seu posicionamento com relação à base zero (CECAV, 2009).

Os dados coletados, de acordo com os métodos adotados pelo CECAV, são diretamente inseridos em sua base de dados geoespacializados e considerados prioritariamente validados. Enquanto, aqueles obtidos de outras fontes são submetidos a uma série de processamentos e análises que antecedem seu armazenamento e divulgação. Os processamentos realizados envolvem:

- transformação de dados UTM e em coordenadas geográficas GMS para coordenadas geográficas em graus decimais;
- reprojeção de dados originalmente coletados em SAD 69, Córrego Alegre e outros, para o Datum WGS 84; e
- padronização da nomenclatura utilizada para cada cavidade.

Enquanto as análises, o armazenamento e a seleção dos dados, realizados no sistema ARCGIS/Arcview, visam:

- avaliação do nível de concordância entre a informação de localização (País, Unidade da Federação e Município) que acompanha o dado e seu real posicionamento geográfico na Base Municipal do IBGE;
- classificação do nível de confiabilidade do dado, identificando-se cada dado entre as classes: Dado validado; Dado sem validação; Conflito com Malha Municipal; Erro de Coordenadas; ou Sem Coordenadas; e
- seleção dos dados considerados mais representativos da localização das cavidades.

Os dados classificados como “validados”, juntamente com aqueles selecionados dentre os “não validados” são divulgados amplamente, segundo disponibilização na WEB (<http://www.icmbio.gov.br/cecaV>), nos formatos *shapefile - SHP* e *Keyhole Markuo Language - KML*.

3. Resultados e Discussão

A Base de Dados CECAV conta, em sua atualização de 01/11/2010, com um total de 21.847 registros de cavernas (figura 1), que por apresentarem muitos dados duplicados resultam em cerca de 10.300 cavidades cadastradas (figuras 2).

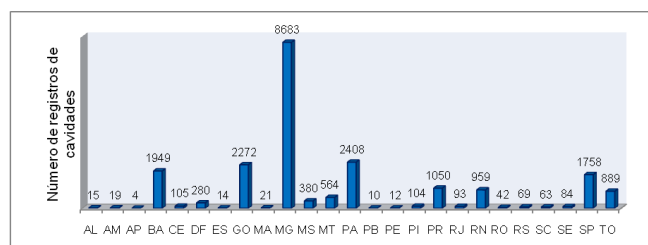


Figura 1 – Número de registros de cavidades por unidade da Federação, na Base de Dados CECAV, atualização 01/11/2010.

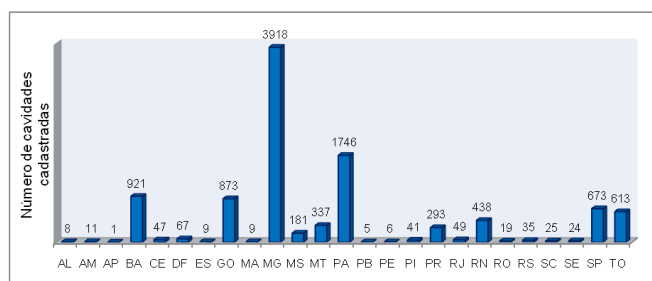


Figura 2 – Número de cavidades cadastradas por unidade da Federação, na Base de Dados CECAV, atualização 01/11/2010.

Esses dados favorecem diversas considerações, especialmente relativas à quantificação das cavidades identificadas e geoespacializadas por Unidade da Federação. Revelam que, enquanto algumas Unidades da Federação foram muito pouco prospectadas ou não dispõem de dados de prospecção devidamente organizados e acessíveis, outras apresentam cavidades revisitadas e citadas diversas vezes, favorecendo evidente redundância de dados.

Os dados na Base CECAV são organizados e dispostos em tabelas que resumem informações como: nome da caverna, município e referência de sua localização, número de registro no CNC e/ou CODEX, litologia dominante e coordenadas geográficas relativas à sua entrada principal, além da classificação relativa ao nível de confiabilidade conferida à sua localização espacial.

Das Cavidades naturais subterrâneas constantes da Base de Dados CECAV, na atualização de 01/11/2010, apenas 738 encontram-se validadas (figura 3), segundo os moldes por ele definidos.

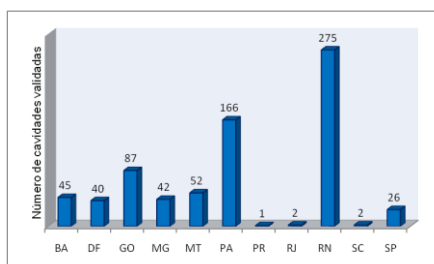


Figura 3 – Número de Cavernas validadas, constantes na Base de Dados CECAV, 01/11/2010, por unidade da Federação.

Na atualização de 01/11/2010, 441 cavernas não dispõem de dados relativos à sua localização espacial, sendo classificadas como “Sem Coordenadas”. Enquanto, 793 apresentam dados evidentemente errôneos, pois as posicionam em outros municípios, Unidades da Federação, países, continentes ou mesmo no oceano – ainda que a Base de Dados CECAV não disponha de registros referentes a cavernas submarinas. Portanto, essas cavernas são classificadas como pertencentes à classe de: “Erro de Coordenadas”.

Os dados referentes a 8.377 cavernas, na atualização de 01/11/2010, ainda que não validados, são considerados bons orientadores da localização das cavernas. Agregados aos validados, com 738 cavernas, eles compõem o total de 9.115 dados disponibilizados ao público (figura 4).

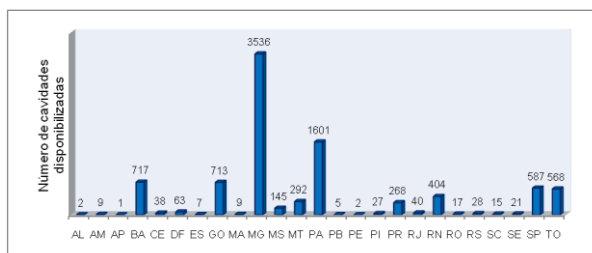


Figura.4 – Número de cavernas geoespacializadas e disponibilizadas pela Base de Dados CECAV, 01/11/2010, por Unidade da Federação.

Dos dados, constantes da Base de Dados CECAV e disponibilizados em 01/11/2010, 3.920 cavernas (figura 5) foram levantadas a partir de estudos vinculados ao licenciamento ambiental. Montante que, além de revelar o quanto o atendimento à legislação ambiental tem contribuído ao conhecimento do patrimônio espeleológico, reflete a forte pressão que atividades, potencialmente poluidoras ou degradadoras de cavernas, exercem sobre o patrimônio espeleológico nacional. A figura 6 revela a proporção de cavernas envolvidas em processos de licenciamento ambiental nos estados de Minas Gerais e do Pará, Unidades da Federação que concentram mais de 80% das cavernas cadastradas a partir de dados de prospecções e estudos espeleológicos vinculados ao licenciamento ambiental.

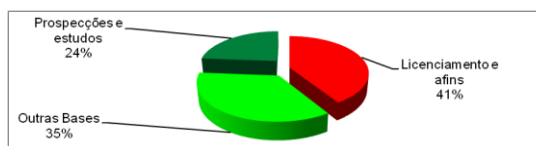


Figura 5 – Proporção de dados, disponibilizados pela Base de Dados CECAV em 01/11/2010, advindos de: prospecções e estudos técnico-científicos; outras Bases de Dados; e estudos e processos vinculados ao licenciamento ambiental.

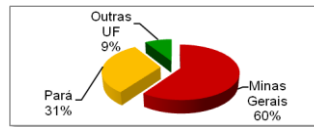


Figura 6 – Proporção cavidades por Unidade da Federação, cujos dados, disponibilizados pela Base de Dados CECAV em 01/11/2010, advieram de estudos e processos vinculados ao licenciamento ambiental.

Além de subsidiar a realização de trabalhos como o Mapa de Potencial à Ocorrência de Cavernas - 3ª aproximação (CECAV, 2010), os dados disponibilizados pelo CECAV também possibilitam a realização de diversas avaliações e análises, tais como: a ocorrência de cavidades por bioma (figura 7), bacia hidrográfica (figura 8), província geológica (figura 9) ou litologia dominante (figura 10).

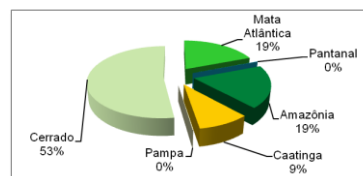


Figura 7 – Percentual de distribuição das cavidades, disponibilizadas pela Base de Dados CECAV em 01/11/2010, entre os diferentes Biomas apresentados por IBGE (2006).

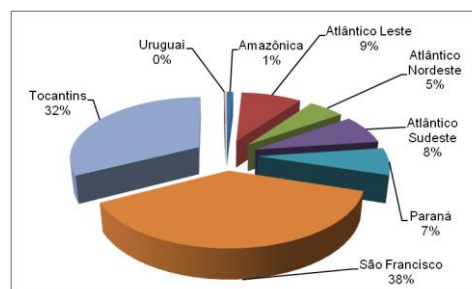


Figura 8 – Percentual de distribuição das cavidades, disponibilizadas pela Base de Dados CECAV em 01/11/2010, entre as Bacias Hidrográficas apresentadas por Aneel (2007).

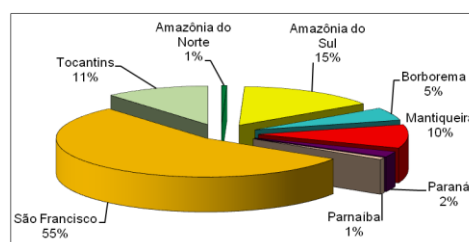


Figura 9 – Percentual de distribuição das cavidades, disponibilizadas pela Base de Dados CECAV em 01/11/2010, entre as Províncias Geológicas apresentadas por CPRM (2008b).

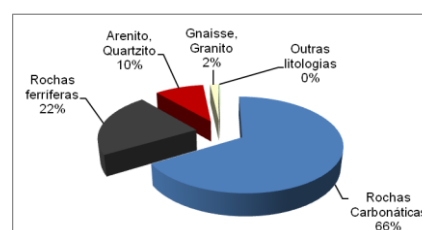


Figura 10 – Percentual de distribuição das cavidades, disponibilizadas pela Base de Dados CECAV em 01/11/2010, entre as diferentes litologias dominantes apresentadas por CPRM (2008a).

Uma breve análise desses dados induz a crer que o Bioma Cerrado concentre um número de cavernas superior ao somatório de cavidades existentes em todos os demais biomas. Porém, mais do que indicar a predominância dessas feições neste ambiente, os dados revelam o maior esforço amostral realizado pela espeleologia nas áreas que agregam fatores como: elevado potencial hidrelétrico, como os vales dos rios Tocantins e São Francisco; acentuado interesse do espeleoturismo, como as regiões de Bonito, Bodoquena, Mambá/São Domingos, Nobres; alto potencial/exploração mineral, como Arcos/Pains, Niquelândia; além de interesses econômicos diversos, como a construção da Ferrovia Oeste Leste ou a proximidade de importantes centros urbanos, como a Grande Belo Horizonte, Goiânia ou Brasília. Áreas que destacam a realização de levantamentos feitos por empresas ou profissionais contratados, com objetivo de atender ao licenciamento ambiental; por espeleólogos, grupos de espeleologia e pela equipe técnica do CECAV, em atendimento a interesses diversos.

A proporção de cavernas cadastradas no Bioma Caatinga vem aumentando significativamente nos últimos anos, em decorrência do aumento do apoio e do esforço amostral empregado naquela região pelo CECAV, especialmente no Estado do Rio Grande do Norte. As cavernas cadastradas no Bioma Amazônia, que se limitam praticamente à região de Parauapebas e Canaã dos Carajás, refletem o forte interesse, apoio e esforço empregados pela Vale na prospecção da região da Serra dos Carajás. Enquanto que, dentre as cadastradas na Mata Atlântica, também se destacam aquelas levantadas no quadrilátero ferrífero e no Vale do Ribeira, áreas de intensa exploração mineral.

Com relação às bacias hidrográficas, províncias geológicas e litologia dominante os resultados dependem especialmente de dois fatores: a maior ocorrência de cavernamentos nas áreas carbonáticas, com significativa representação territorial na Província geológica do São Francisco e na Bacia do São Francisco; e a intensificação da exploração mineral das áreas de minério de ferro, que estimulam e determinam prospecções espeleológicas detalhadas, nas áreas de Carajás, província geológica da Amazônia do Sul, Bacia do Tocantins e no quadrilátero ferrífero, Província geológica do São Francisco, na Bacia do São Francisco.

Os dados também favorecem a avaliação do nível de proteção federal dispensado às cavidades diante do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (figuras 11 e 12), fornecendo subsídios à definição, implementação e avaliação da efetividade de políticas públicas voltadas à proteção das cavernas, como o Programa Nacional de Proteção do Patrimônio Espeleológico que prevê a criação, em médio prazo, de 30 Unidades de Conservação. Observa-se uma baixa quantidade de cavidades inseridas em Unidades de Conservação - UC Federais, com o agravante de que a grande maioria dessas cavidades não se encontra em unidades de Proteção Integral – PI e sim na categoria de Uso Sustentável – US.

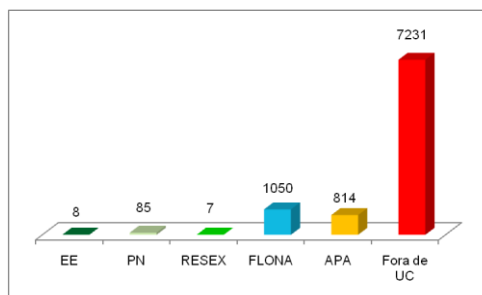


Figura 11 – Número de cavernas, segundo a Base de Dados CECAV em 01/11/2010, localizadas dentro ou fora das Unidades de Conservação apresentadas por Instituto Chico Mendes (2010).

Obs. Unidades de Proteção Integral: EE – Estação Ecológica e PN – Parque Nacional. Unidades de Uso Sustentável: Resex – Reserva Extrativista; Flona – Floresta Nacional e APA - Área de Proteção Ambiental.

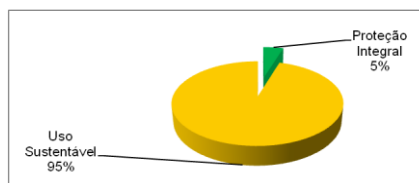


Figura 12 – Percentual de cavidades, segundo a Base de Dados CECAV em 01/11/2010, localizadas dentre os limites de Unidades de Conservação de Proteção Integral ou de Uso Sustentável apresentados por Instituto Chico Mendes (2010).

Dentre as unidades de Uso Sustentável, a presença das cavidades é mais significativa nas Florestas Nacionais, ainda que praticamente restrita à Flona de Carajás - PA, que engloba uma área de intensa exploração mineral e abriga grande parte das cavernas já prospectadas pela Vale na Serra dos Carajás. Também se observa a presença de cavidade na Flona da Mata Grande – TO, da mesma forma que as Reservas Extrativistas Recanto das Araras de Terra Ronca – GO e Gurupi-Piriá – AM também contemplam cavidades registradas. Enquanto, dentre as Áreas de Proteção Ambiental, a APA do Carste de Lagoa Santa - MG e a APA Cavernas do Peruaçu - MG constituem as únicas efetivamente criadas com o propósito de proteger o patrimônio espeleológico. As demais, APA de Guaraqueçaba, do Planalto Central - DF, Nascentes do Rio Vermelho - GO, da Bacia do rio São Bartolomeu - DF, da Chapada do Araripe - CE, da Serra da Mantiqueira - MG, do Morro da Pedreira – MG e Serra da Ibiapaba - PI, como foram criadas à parte de considerações relativas às feições cársticas, não necessariamente têm em seus Planos de Manejo a priorização da proteção do patrimônio espeleológico.

Dentre as unidades de Proteção Integral, que revelam as cavidades mais efetivamente protegidas pelo SNUC, a ocorrência de cavernas é registrada nos Parques Nacionais: da Serra da Bodoquena - MS, da Serra da Canastra - MG, da Serra das Confusões - PI, da Serra do Itajaí - SC, da Serra dos Órgãos - RJ, da Tijuca - RJ, das Sempre Vivas - MG, de Brasília - DF, do Pico da Neblina – AM e dos Campos Gerais - PR; e nas Estações Ecológicas: Mico Leão Preto - SP, Serra das Araras - MT, do Jarí – PA e da Serra Geral do Tocantins – TO.

4. Conclusões e Recomendações

O geoprocessamento constitui uma ferramenta fundamental ao reconhecimento do patrimônio espeleológico, pois orienta a realização dos trabalhos de prospecção de cavidades, possibilita a visualização da localização espacial das feições, permite o armazenamento de dados e favorece a realização de análises integradas que envolvam tanto aspectos de interesse preservacionista/conservacionista quanto desenvolvimentista.

Criada com o propósito de suprir a demanda de dados, de forma supletiva e temporária até a implantação do CANIE, a Base de Dados CECAV continua sendo a principal fonte de informações geoespacializadas referentes ao patrimônio espeleológico nacional. Ainda assim, os dados ora disponíveis, além de limitados, não costumam apresentar níveis de confiabilidade absoluta.

Enquanto não se dispõe de um conjunto de dados comprovadamente precisos e efetivamente representativos da distribuição de cavernas, impõe-se a necessidade de realização de análises e seleção dos dados disponíveis, considerando-se: o descarte daqueles menos confiáveis, a adoção dos validados e admissão daqueles à validar, como indicativos da área de ocorrência de cavernamentos.

Uma vez que, a localização precisa das cavidades constitui o mínimo de informação necessária ao reconhecimento e à gestão do patrimônio espeleológico brasileiro, há necessidade premente da: promoção de expedições sistemáticas de prospecção, para a mais ampla coleta de dados; adoção universal de métodos e técnicas de coleta de dados que, se

valendo da tecnologia disponível, garanta a obtenção de dados mais confiáveis e precisos; do emprego da prática de validação dos dados anteriormente coletados.

Referências bibliográficas e cartográficas

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. **Mapa de Bacias Hidrográficas Brasileiras, nível 1**. Brasília: ANEEL, 4 junho 2007. 1 arquivo formato *shapefile* (960kb).

Brasil. **Decreto n.6.640**, de 07 de novembro de 2008. Dá nova redação aos arts.1º, 2º, 3º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav>>. Acesso em: 10 de setembro de 2010.

Brasil. **Decreto n.99.556**, de 01 de outubro de 1981. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no Território Nacional e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav>>. Acesso em: 10 de setembro de 2010.

Brasil. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV. **Mapa de Potencial à Ocorrência de Cavernas, 3ª aproximação**. Brasília: CECAV, 18 fevereiro 2010. 1 arquivo formato *shapefile* (143.000 kb).

Brasil. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV. **Rotina de procedimentos associados à coleta de dados relativos à localização de cavidades**. Brasília: CECAV, 2009.

Brasil. **Lei n.6.938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis>. Acesso em: 10 de setembro de 2010.

Brasil. **Lei n.9.985**, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, §1º, incisos I, II, III e IV da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav>>. Acesso em: 10 de setembro de 2010.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Instrução Normativa n. 2**, de 02 de agosto de 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis>. Acesso em: 10 de setembro de 2010a.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Portaria n. 358, de 30 de setembro de 2009. Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico. **Diário Oficial da União**, seção 1, n.188, 1 de out, p. 63-64, 2009b.

Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama. Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. **Resolução n.º. 347**, de 10 de setembro de 2004. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav>>. Acesso em: 10 de setembro de 2010.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Unidades de Conservação Federais**. Brasília: Instituto Chico Mendes, 29 janeiro 2010. 1 arquivo formato *shapefile* (11.333kb).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Mapa de Biomas Brasileiros**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 1 arquivo formato *shapefile* (11.333kb).

Serviço Geológico Brasileiro - CPRM. **Mapa Geológico**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008a. 1 arquivo formato *shapefile* (193.087kb).

Serviço Geológico Brasileiro - CPRM. **Mapa de Províncias Geológicas**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008b. 1 arquivo formato *shapefile* (4.712kb).