

13 - DIAGNÓSTICO ESPELEOLÓGICO

13.1 - Materiais e métodos empregados

Diagnóstico espeleológico nos limites da AID/ADA do **Complexo Dois Irmãos, Duas Estrelas e Formoza** foi realizado com base no Termo de Referência e na legislação pertinente.

Primeiramente, as informações espeleológicas foram levantadas em fontes secundárias constantes na literatura especializada relativas à região e às áreas de influência do empreendimento. De posse dessas informações passou-se a fase de investigação direta de campo por meio de coleta de informações verbais colhidas de residentes próximos da área do empreendimento e observações *in situ* ao longo de caminhamentos. A integração das informações obtidas pelos citados procedimentos possibilitou a avaliação do potencial espeleológico da AID e ADA do empreendimento.

A legislação de referência que embasou o diagnóstico espeleológico do empreendimento foi o Decreto Nº 6.640, de 07 de novembro de 2008, que define **cavidades naturais**, em seu parágrafo único da seguinte maneira:

“Cavidade natural subterrânea é 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” (DECRETO Nº 6640, de 07/11/2011).

A investigação voltada para identificação de cavidades naturais também se baseou no reconhecimento de feições de superfície indicativas de processos espeleogenéticos denominados exocársticos conforme especificado nas instruções contidas na IN 02/2009 do Ministério do Meio Ambiente que dispõe sobre a regulamentação dos estudos de Valoração de Cavidades Naturais Subterrâneas, em especial, nos parágrafos 1º, 2º, 3º e 4º do Art. 14 da referida Instrução Normativa, conforme transcritos a seguir:

§ 1o As análises referentes ao enfoque local são delimitadas pela unidade geomorfológica que apresente continuidade

espacial, podendo abranger feições como serras, morrotes ou sistema cárstico, o que for mais restritivo em termos de área, desde que contemplada a área de influência da cavidade.

§ 2o *As análises referentes ao enfoque regional são delimitadas pela unidade espeleológica.*

§ 3o *Entende-se por unidade espeleológica a área com homogeneidade fisiográfica, geralmente associada à ocorrência de rochas solúveis, que pode congrega diversas formas do relevo cárstico e pseudocárstico tais como dolinas, sumidouros, ressurgências, vale cegos, lapíás e cavernas, delimitada por um conjunto de fatores ambientais específicos para a sua formação.*

§ 4o *Os estudos espeleológicos poderão utilizar métodos analíticos e descritivos para a avaliação e a integração de dados e informações.*

Outros documentos legislativos foram consultados, tais como: IN 30/2012 do Instituto Chico Mendes de Preservação da Biodiversidade e Resolução CONAMA 347/04, que dispõem sobre a preservação e conservação do Patrimônio Espeleológico Nacional.

Os trabalhos de investigação espeleológica na AID/ADA do empreendimento seguiram os seguintes procedimentos:

Consultas a referências bibliográficas e bancos de dados – As consultas a fontes de dados secundários abrangeram mapeamentos geológicos, geomorfológicos e espeleológicos realizados por instituições de ensino e pesquisa, órgãos governamentais, dentre outras; consultas a bancos de dados oficiais do CANIE/CECAV; além de trabalhos científicos publicados em diversos veículos de difusão de conhecimentos específicos da área.

Interpretação de imagens de satélite e documentos cartográficos diversos - Foi realizada com vistas a identificar os indicadores (atributos) para ocorrência de cavidades naturais na AID do empreendimento, tais como: geológicos (litologias, estruturas e afloramentos rochosos) e geomorfológicos (escarpamentos, vales e feições cársticas).

Levantamentos de campo - Os trabalhos de campo consistiram, inicialmente, em consultas verbais a residentes na AID e no seu entorno próximo quanto o conhecimento acerca de ocorrências de cavidades naturais. Em seguida, foram

realizados caminhamentos a locais mais favoráveis à ocorrência de cavidades definidas nas etapas anteriores.

13.2 - Potencial espeleológico da AID/ADA do empreendimento

A definição do potencial espeleológico da AID/ADA do empreendimento seguiu duas linhas de procedimentos: 1) consulta às bases de dados espeleológicos (CECAV/ICMBIO) com o objetivo de levantar cavidades cadastradas e; 2) identificar áreas com maior potencial para ocorrência de cavidades com base nos atributos geológicos (litologias e estruturas rochosas) e geomorfológicos (relevo, escarpas, feições morfológicas relacionadas a áreas cársticas, dentre outros).

13.2.1 - Pesquisa em base de dados do CECV/ICMBIO

Consultas realizadas ao banco de dados do CECV/ICMBIO revelaram que, de acordo com o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE), as ocorrências de cavidades naturais cadastradas mais próximas do empreendimento localizam-se nos municípios Uberaba, Tupaciguara, Sacramento e Coromandel.

No Município de Uberaba, a ocorrência mais próxima da área do empreendimento, dista cerca de 84 quilômetros (em linha reta).

Nos municípios de Tupaciguara e Sacramento encontram-se cadastradas outras duas ocorrências, sendo uma em cada município, distando respectivamente, 90 e 127 quilômetros em linha reta. No município de Coromandel encontram-se registradas 16 (dezesseis) cavidades no CANIE numa distância varável entre 160 e 180 quilômetros, em linha reta, desde a ADA do empreendimento.

A Figura 13.2.1-1 mostra a localização das cavidades registradas no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) até um raio de até 180 quilômetros.

A maior parte das cavidades até a distância de 180 km, conforme relacionada no Quadro 13.2.1-1 encontra-se desenvolvida em rochas calcárias, com exceção das grutas de Nossa Senhora de Aparecida no município de Uberaba, Palhares no município de Sacramento e Bela Vista no município de Tupaciguara, que apresentam desenvolvimento, respectivamente, em arenitos da Formação Marília, arenitos da Formação Botucatu e Basaltos da Formação Serra Geral.

Figura 13.2.1-1 – Cavidades registradas no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) mais próximas da ADA do empreendimento. As distâncias estão representadas por círculos em cores: vermelha = 84 km; alaranjada = 90 km; amarela = 127 km e verde claro = 180 km (Fonte: CECAV/ICMBIO) tendo a ADA do empreendimento no centro das circunferências.



Quadro 13.2.1-1 – Cavidades registradas no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) localizadas no raio de 180 km da ADA do empreendimento.

Designação da Caverna	Tipo	Litologia	Município	Distância da ADA (Km)*
Lapa da Lagoa do Donito	Caverna	R. Carbonática	Coromandel	160 a 180
Abismo do Morrão	Caverna	R. Carbonática	Coromandel	Idem
Lapa do Bonito	Caverna	R. Carbonática	Coromandel	Idem
Lapa D'água	Caverna	R. Carbonática	Coromandel	Idem
Lapa Seca	Caverna	R. Carbonática	Coromandel	Idem
Lapa dos Morcegos	Caverna	R. Carbonática	Coromandel	Idem
Gruta do Urubu	Caverna	R. Carbonática	Coromandel	Idem
Gruta da Irapuã	Caverna	R. Carbonática	Coromandel	Idem
Caverna Seu Jonas	Caverna	R. Carbonática	Coromandel	Idem
Lapada Lagoa Suja	Caverna	R. Carbonática	Coromandel	Idem
Lapa do Capão	Caverna	R. Carbonática	Coromandel	Idem
Gruta do Huguinho	Caverna	R. Carbonática	Coromandel	Idem
Gruta do Riacho	Caverna	R. Carbonática	Coromandel	Idem
Gruta Ronan	Caverna	R. Carbonática	Coromandel	Idem
Gruta Ronan II	Caverna	R. Carbonática	Coromandel	Idem
Gruta João do Pó	Caverna	R. Carbonática	Coromandel	Idem
Gruta Bela Vista	Caverna	Basalto	Tupaciguara	102,00
Gruta dos Palhares	Caverna	Arenito	Sacramento	120,00
Caverna N.S. Aparecida	Caverna	Calcarenito	Uberaba	84

* Distância da ADA do empreendimento em linha reta.

A AID/ADA do empreendimento encontra-se em áreas de médio potencial de ocorrência de cavidades de acordo com a Classificação de Potencialidade de Cavernas da CECAV/ICMBio. As unidades geológicas encontradas na região são representadas pelos grupos Bauru – Formação Adamantina e Marília e São Bento – Formação Serra Geral.

A Formação Adamantina é constituída predominantemente de arenitos finos, enquanto que a Formação Marília é constituída predominantemente por arenitos imaturos com cimentação incipiente e conglomerados com cimentação carbonática. Na base da unidade Marília pode ser observado um conglomerado silicoso.

Grupo São Bento, representado pela Formação Serra Geral, tem como litologias predominantes os basaltos. Importante mencionar que os basaltos da Formação Serra Geral não se encontram em condição aflorante na AID/ADA do empreendimento, porém estão presentes sob 30 a 90 metros de arenitos da Formação Adamantina.

O Quadro 13.2-1-2, a seguir, apresenta a potencialidade de ocorrência de cavernas do CECAV/ICMBio baseada em condicionantes litológicos:

Quadro 13.2.1-2. Classificação de potencialidade de ocorrência de cavernas baseada nos tipos litológicos, segundo CECAV/ICMBio (2012).

Litologias	Potencialidade de ocorrência de cavidades
Rocha Carbonática (Calcário, Calcarenito, Calcirrudito, Dolomito e Carbonato), Evaporito e Formação Ferrífera (Itabirito e Jaspilito).	Muito alto
Calcrete, Calcilutito, Mármore e Marga.	Alto
Arenito, Calcixisto, Carbonatito, Conglomerado, Filito, Folhelho, Fosforito, Grauvaca, Micaxisto, Milonito, Ortoquartzito, Pelito, Quartzito, Ritmito, Rocha Calcilicática, Siltito e Xisto.	Médio
Adamelito, Andesito, Anfibolito, Anatexito, Anortosito, Aplito, Ardósia, Argilito, Arcoseo, Basalto (Piroxênio Augítico, Labradorita, Anortita e Olivina), Brecha, Calcedonito, Charnockito, Cloritito, Cromitito, Dacito, Diamictito, Diorito, Diabasio, Diamictito, Dunito, Enderbitito, Fenito, Fonolito, Foyaito, Gabro, Glimmerito, Gnaise, Gondito, Granito, Granulito, Granitóide, Granodiorito, Greisen, Harzburgito, Hornblendito, Hornfels, Ignimbrito, Jotunito, Kinzigito, Komatito, Lamprofiro, Latito, Laterita, Lítico, Máficas, Mangerito, Magnesito, Migmatito, Monzonito, Nefelina, Norito, Nordmarquito, Peridotito, Pegmatito, Piroxenito, Riodacito, Riolito, Rocha Alcalina, Rocha Piroclástica, Rocha Vulcânica, Sedimento Detrito Laterítico, Serpentinito, Sienito, Silexito, Tilito, Tonalito, Traquito, Troctolito, Trondhjemito, Tufito, Ultramafito e Websterito.	Baixo
Aluvião, Areia, Argila, Cascalho, Lamito, Linhito, Demais Sedimentos, Turfa e Tufo foram consideradas de improvável ocorrência de cavidades naturais.	Ocorrência improvável

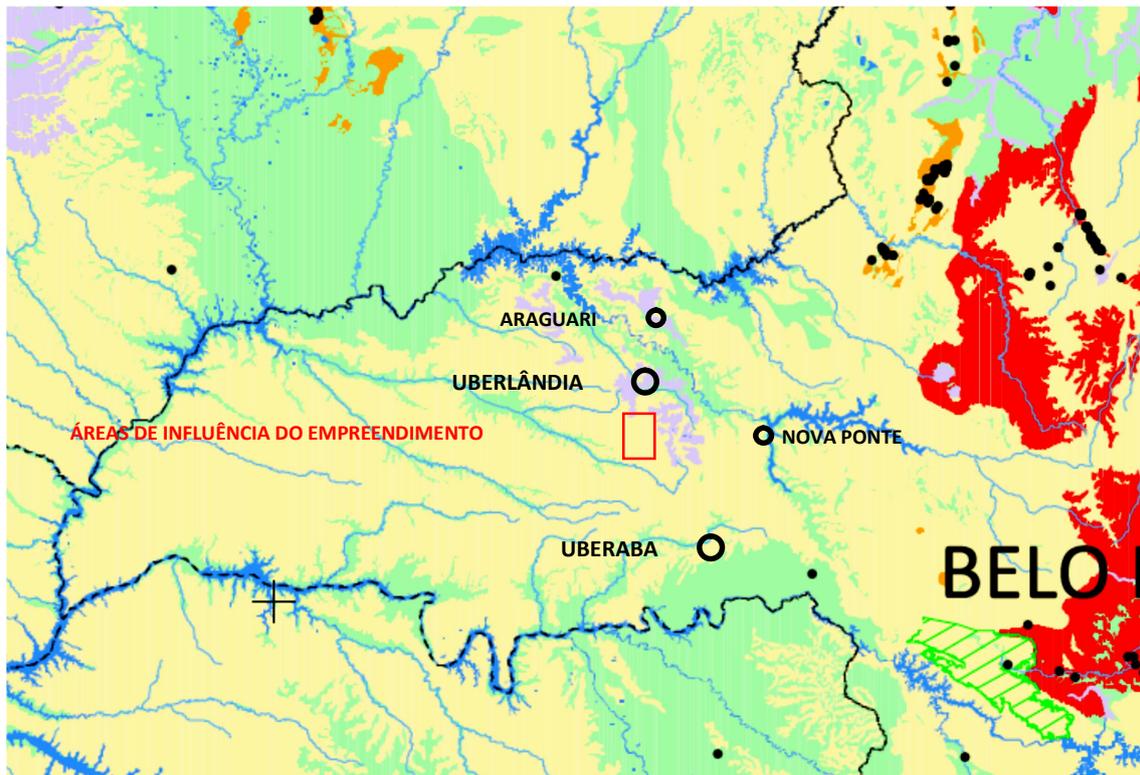
OBS: As litologias grafadas em branco representam os principais tipos litológicos e materiais não litificados presentes na AID/ADA do empreendimento.

Ressalta-se que a classificação de potencialidade à ocorrência de cavidades do CECAV/ICMBio baseada unicamente em critério litológico representa um cunho genérico, uma vez que outros condicionantes geológicos e geomorfológicos específicos favoráveis ou não ao desenvolvimento de cavidades não são considerados nessa classificação, dentre os quais podem-se citar: composição mineralógica da rocha; estruturas tectônicas (estratificação, foliação, fraturas, falhas, dobras); estruturas atectônicas (fraturas e dobras); atitude das estruturas (direção e mergulho); susceptibilidade aos agentes do intemperismo; grau de intemperismo; escarpas tectônicas (por deslocamentos ao longo de plano de falha); escarpas atectônicas (produzidas por erosão ou por deformações atectônicas); dissecação erosiva (exposição de diferentes litologias, escavação pelas águas correntes); dentre outras.

Jansen et al. (2012), realizou o Mapeamento do Potencial de Ocorrência de Cavernas no Brasil, em escala 1:2.500.000, baseado nos critérios do CECAV/ICMBio tomando por base os dados do mapeamento geológico realizado pelo Serviço Geológico do

Brasil (CPRM). A Figura 13.2.1-2, a seguir, mostra um recorte do mapeamento realizado por Jansen et.al (2012) para a região do Triângulo Mineiro.

Figura 13.2.1-2 -Localização das áreas de influência do empreendimento no Mapa de Potencial de Ocorrência de Cavernas no Brasil, com recorte para o Triângulo Mineiro. CECAV/ICMBio (2012).Fonte: modificado de JANSEN et al. (2012).

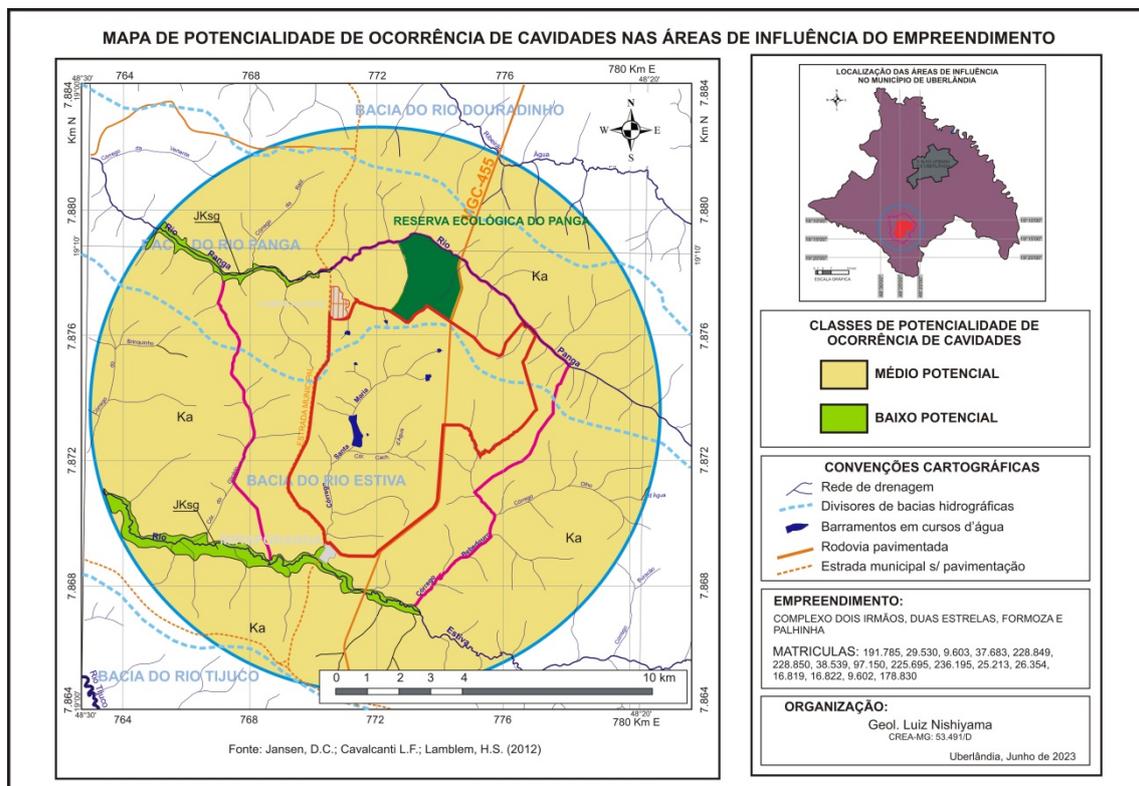


As informações contidas no mapa de Jansen et al (2012), de acordo com os critérios do CECAV/ICMBio, mostra que a potencialidade de ocorrência de cavidades na região do Triângulo Mineiro predomina o **médio potencial**, geralmente associado arenitos e conglomerados do Grupo Bauru (Formações Adamantina, Uberaba e Marília). Nas

porções de ocorrência de basaltos da Formação Serra Geral e litologias cristalinas do Grupo Araxá e do embasamento Arqueano, o grau de potencialidade de ocorrência de cavidades foi considerado **baixo**, notadamente nos vales fluviais dos rios Grande, Paranaíba, Araguari e seus afluentes de maior expressão.

Ao se considerar apenas a AID/ADA do empreendimento, o grau de potencialidade de ocorrência de cavidades é **médio potencial**, segundo o mapeamento realizado por Jansen et al. (2012) e representado na Figura 13.2.1-3.

Figura 13.2.1-3 – Mapa de potencialidade de ocorrência de cavidades nas áreas de influência do empreendimento segundo Jansen et al (2012). Notar que a AID/ADA do empreendimento foi considerado *médio potencial*, quanto ao grau de potencialidade de ocorrência de cavidades.



13.3 - Considerações finais

O estudo realizado na AID/ADA do empreendimento evidenciou o caráter genérico do Mapa de Potencial de Ocorrência de Cavidades no Brasil, elaborado Jansen et al. (2012) em escala 1:2.500.000, uma vez que este se baseou no mapa geológico produzido pela CPRM, ou seja, unicamente no critério litológico das unidades geológicas. Desse modo, o mapa de potencial de ocorrência de cavidades apresenta limitações quando há necessidade de informações com maior grau de detalhamento, como é caso do EIA, Soma-se a isto um outro fator limitante: a escala de mapeamento adotada (1:2.500.000).

Tendo em vista o caráter genérico do mapa de potencialidade de ocorrência de cavidades para a análise de ocorrência de cavidade na AID/ADA do empreendimento, houve necessidade de se adotar um conjunto de critérios geológicos e geomorfológicos, tais como: composição mineralógica; estruturas (estratificação, foliação, fraturas, falhas, dobras), atitude das estruturas (mergulho); susceptibilidade aos agentes do intemperismo; grau de intemperismo; escarpas tectônicas (por deslocamentos ao longo de plano de falha); escarpas erosivas; dissecação erosiva e exposição de contatos entre diferentes litologias, dentre outros.

O cruzamento de informações assim produzidas especificamente para o presente diagnóstico, e a sua complementação com informações levantadas em bibliografias especializadas, possibilitou a elaboração de uma análise mais realista para as condições locais e, desse modo, mais adequado para os propósitos do EIA.

Não se pode omitir a importância da realização dos levantamentos de campo para validar as análises realizadas para áreas de influência do empreendimento, sobretudo para a ADA.

Independentemente da predominância do grau de potencialidade de ocorrência de cavidades **médio potencial** registrado no de mapa Jansen et al. (2012) para a AID e ADA do empreendimento, a análise realizada para este diagnóstico permite afirmar que as porções aplanadas dos divisores de águas entre os rios Estiva e Panga, em razão de ausência de atributos geológicos/geomorfológicos para desenvolvimento de cavidades, quanto ao grau de potencialidade, como **ocorrência improvável**.

Distintamente das porções de divisores de águas, as porções de encostas de vales fluviais dos afluentes do córrego Santa Maria, especialmente nas porções de cabeceira, apresenta alguns atributos favoráveis ao desenvolvimento de cavidades, tais como: dissecação erosiva de vales fluviais com formação de superfícies de forte inclinação; litologias do Grupo Bauru - Formação Adamantina exposta ou em pequena profundidade; movimento da água subterrânea em direção a encosta fluvial com possibilidade de carreamento de partículas da rocha ou a sua solubilização. A análise destas condições permite reclassificar as porções de encostas dos vales fluviais do córrego Santa Maria como **baixo potencial** quanto ao grau de potencialidade.

Apesar da ocorrência de atributos favoráveis nas porções de vales fluviais do córrego Santa Maria, durante os trabalhos de investigação de campo não foram observadas quaisquer evidências que pudessem indicar ocorrência de cavidades subterrâneas.

Por fim, importante ressaltar que a não observação de cavidades nos trabalhos de investigação campo realizados na AID e ADA do empreendimento não deve ser

considerada conclusiva, sobretudo nas porções de cabeceiras de drenagens fluviais do córrego Santa Maria.

13.4 – Referências Bibliográficas

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. Publicação DOU: Seção 1 - Nº 218, 10/11/2008.

_____. Instrução Normativa nº 02, de 20 de agosto de 2009, que dispõe sobre a regulamentação dos estudos de Valoração de Cavidades Naturais Subterrâneas. Ministério de Meio Ambiente – Instituto Chico Mendes de Conservação de Biodiversidade. Brasília, 2009.

_____. Instrução Normativa nº 30, de 19 de setembro de 2012. Ministério de Meio Ambiente – Instituto Chico Mendes de Conservação de Biodiversidade. Brasília, 2012.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS – CODEMIG; SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Mapa geológico do Estado de Minas Gerais, escala 1:1.000.000**. 2003. Disponível em: <<http://www.codemig.com.br/uploads/mapag.pdf>> acesso em 05 de maio de 2019.

_____. Resolução CONAMA 347, de 10 de setembro de 2004, que dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico e revoga a Resolução Nº 05/87.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 347**, de 10 de setembro de 2004. Dispõe sobre a proteção do Patrimônio Espeleológico.

EMBRAPA Mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu, escala 1:100.000. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013 60p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Mapa de unidades do relevo do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE 2006. 2ª Ed.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Manual técnico de Geomorfologia/IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e estudos Ambientais – 2ª Ed. – Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 189p.

JANSEN, D.C; CAVALCANTI, L. F. LAMBLÉM, H. S. Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000. Revista Brasileira de Espeleologia, Brasília, 2012, v. 2, n.1.

MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. Evolução geomorfológica do Distrito Federal. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004b. p. 57.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Instrução Normativa 02 de 20 de agosto de 2009. Institui a metodologia de classificação do grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas. Disponível em: <www.icmbio.gov.br/cecav/index.php?id_menu=159> acesso em 18 de maio de 2019.

NOVAES PINTO, M. Superfícies de aplainamento na Bacia do Rio São Bartolomeu, Distrito Federal/Goiás. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v. 48, n. 3, p. 237-257, 1986.

SEER, H.J. Evolução tectônica dos grupos Araxá, Ibiá e Canastra na sinforma de Araxá. Araxá, Minas Gerais. Instituto de Geociências - Universidade de Brasília, Brasília: 1999 Tese de Doutorado, 267p.